

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR ARRAY*
PADA FREKUENSI 1227 MHZ**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

GIGIH ADI LAKSONO
NIM. 0410633035-63

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

2010

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR ARRAY*
PADA FREKUENSI 1227 MHZ**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

GIGIH ADI LAKSONO
NIM. 0410633035-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir.Erfan Achmad Dahlan, MT

Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT.

NIP. 19530714 198203 1 003

NIP. 19720630 200003 2 002

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR ARRAY*
PADA FREKUENSI 1227 MHZ**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**GIGIH ADI LAKSONO
NIM. 0410633035-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 29 Desember 2009

Dosen Penguji

**M. Fauzan E. P., ST., MT
NIP. 19710609 200002 1 001**

**Rusmi Ambarwati ST.,MT
NIP. 19720204 200003 2 002**

**Rudy Yuwono ST.,MSc.
NIP. 19710615 199802 1 003**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Rudy Yuwono ST.,MSc.
NIP. 19710615 199802 1 003**

PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun dan memberikan jalan yang penuh rahmat dan barokah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

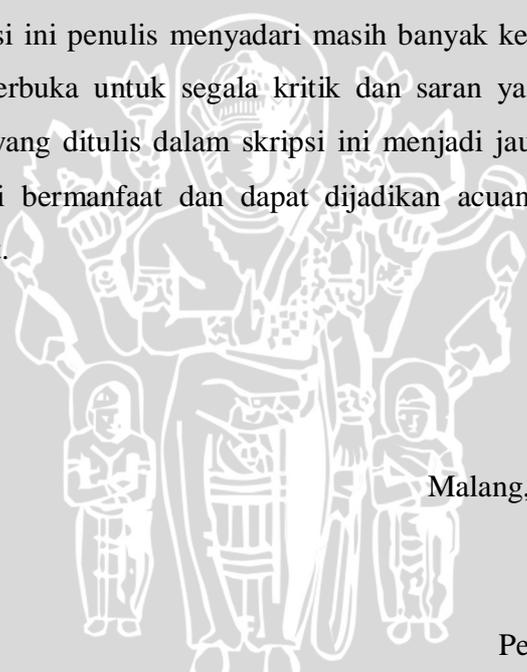
Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Rudy Yuwono, ST, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
2. Bapak M. Azis Muslim, ST, MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
3. Bapak Ali Mustofa, ST., MT., selaku KKDK Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Ir. H. Erfan Achmad Dahlan, MT serta Bapak Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak membantu dan memberikan pengarahan serta berbagai saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak/Ibu Dosen dan segenap Karyawan Jurusan Teknik Elektro
6. Keluargaku tercinta. Ayah, Ibu, dan adik-adikku. Terima kasih atas semua dorongan semangat, perhatian, kasih sayang, dan do'a yang diberikan selama ini. Semua takkan berarti tanpa kalian.
7. *"For Someone in there ..Thank's for everything."*



8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, khususnya angkatan 2004, & Paket C. "63" atas kebersamaannya dan bantuannya.
9. Sahabat-sahabat terbaikku Ajun, Ginuk, Firman, dan Kidnep terima kasih atas dukungan, semangat, kebersamaan, *sharing*, ilmu, doa serta perhatiannya..
10. Penghuni RiKa 8, Pras, Wawan, Darmawan, dan Widhi. Terima kasih atas dukungan dan doanya.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu disini, yang telah mendukung dan memberikan dorongan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan di beberapa sisi. Oleh karena itu penulis terbuka untuk segala kritik dan saran yang membangun yang sekiranya dapat membuat apa yang ditulis dalam skripsi ini menjadi jauh lebih baik di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat dan dapat dijadikan acuan untuk dilakukannya pengembangan yang lebih lanjut.



Malang, Desember 2009

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAKSI	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II. DASAR TEORI	4
2.1. Gambaran Umum	4
2.2. Parameter – parameter Antena	5
2.2.1. Impedansi Terminal Antena	6
2.2.2. Polarisasi.....	7
2.2.2.1. Polarisasi Linier.....	8
2.2.2.2. Polarisasi Lingkaran.....	8
2.2.2.3. Polarisasi <i>Elips</i>	9
2.2.3. Daerah Medan Radiasi.....	10
2.2.4. Pola Radiasi.....	11
2.2.4.1. <i>Lobe-lobe</i> Pola Radiasi dan <i>Beamwidth</i>	13
2.2.5 <i>Directivity</i>	14
2.2.6 <i>Gain</i>	15
2.2.7 <i>VSWR</i>	15
2.2.8 <i>Return Loss</i>	16
2.2.9 <i>Bandwidth</i>	17

2.3. Antena Mikrostrip.....	17
2.3.1. Bentuk Umum Antena Mikrostrip.....	18
2.3.3. Saluran Transmisi Mikrostrip.....	19
2.3.3. Teknik Pencatutan Antena Mikrostrip.....	19
2.3.3.1. <i>Microstrip Line Feed</i>	20
2.3.3.2. <i>Coaxial Feed</i>	20
2.3.3.3. <i>Aperture Coupling</i>	21
2.3.3.4. <i>Proximity Coupling</i>	21
2.4. Dimensi Antena Mikrostrip.....	22
2.5.1. Radius Antena Mikrostrip <i>Circular</i> (a).....	23
2.5.2. Impedansi Matching.....	23
2.5.3. Dimensi Saluran Transmisi.....	24
2.5.4. Dimensi Saluran Transformer.....	24
2.5.5. Jarak Antar Elemen.....	25
2.5. <i>Microstrip Discontinuities</i>	25
2.6. <i>Mikrostrip Circular</i>	26
2.4. Antena Array.....	26
BAB III. METODOLOGI	28
3.1. Studi Literatur.....	28
3.2. Pengumpulan Data.....	28
3.3. Perencanaan dan pembuatan Antena Mikrostrip.....	28
3.4. Rancangan Pengujian.....	28
3.4.1. Pengukuran <i>return loss</i> , koefisien pantul dan <i>VSWR</i>	29
3.4.2. Pengukuran <i>gain</i> Antena.....	29
3.4.3. Pengukuran Pola Radiasi.....	29
3.4.4. Pengukuran Polarisasi.....	29
3.4.5. Pengukuran Keterarahan (<i>Directivity</i>).....	29
3.4.6. Pengukuran <i>Bandwidth</i>	30
3.5. Analisis Antena.....	30
3.6. Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	30

BAB IV. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP

CIRCULAR ARRAY..... 31

4.1. Tinjauan Umum..... 31

4.2. Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor..... 31

4.3. Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi..... 32

4.4. Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi..... 33

4.5. Optimasi Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip..... 35

4.6. Perencanaan Antena Mikrostrip Circular Array..... 41

 4.6.1. Perencanaan 2 Elemen Antena Mikrostrip *Circular Array*..... 41

 4.6.2. Perencanaan 4 Elemen Antena Mikrostrip *Circular Array*..... 47

 4.6.3. Optimasi Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip..... 52

BAB V. PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA

MIKROSTRIP CIRCULAR ARRAY..... 53

5.1. Pendahuluan..... 53

5.2. Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR* 53

 5.2.1. Alat-alat yang digunakan..... 53

 5.2.2. Prosedur Pengukuran..... 54

 5.2.3. Hasil Pengukuran 55

 5.2.4. Analisis Hasil Pengukuran..... 59

5.3. Pengukuran *Gain* Antena 61

 5.3.1. Alat-alat yang digunakan..... 61

 5.3.2. Prosedur Pengukuran..... 61

 5.3.3. Hasil Pengukuran 62

 5.3.4. Analisa Hasil Pengukuran..... 63

5.4. Pengukuran Polarisasi..... 63

 5.3.1. Alat-alat yang digunakan..... 63

 5.3.2. Prosedur Pengukuran..... 63

 5.3.3. Hasil Pengukuran 64

 5.3.4. Analisa Hasil Pengukuran..... 66

5.5. Pengujian Pola Radiasi..... 67

 5.4.1. Alat-alat yang digunakan..... 67

 5.4.2. Prosedur Pengukuran..... 67

 5.4.3. Hasil Pengukuran 68



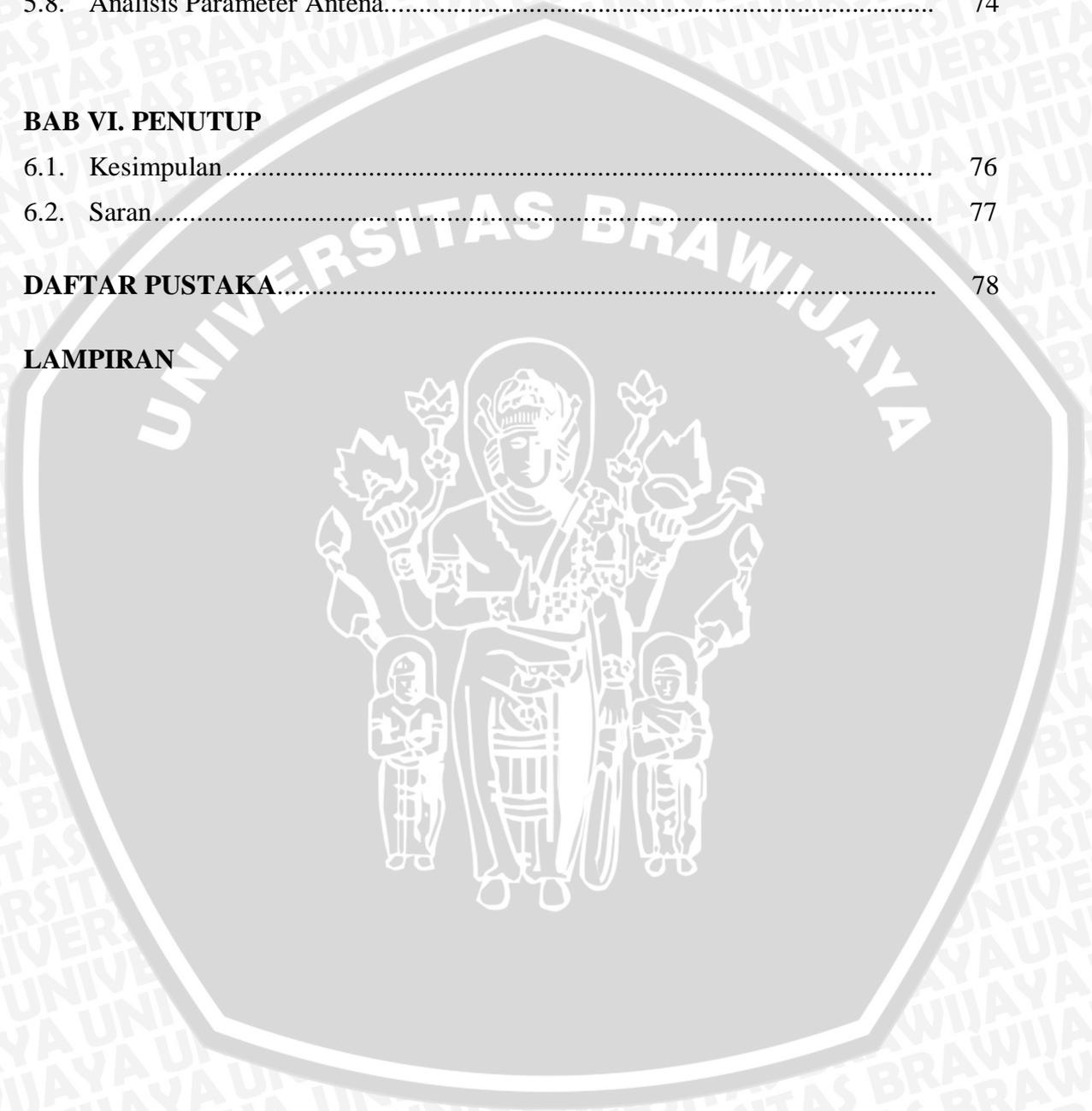
5.4.4. Analisa Hasil Pengukuran.....	72
5.6. Perhitungan <i>Bandwidth</i>	72
5.7. Perhitungan <i>Directivity</i>	73
5.7.1. Cara Perhitungan.....	73
5.7.2. Hasil Perhitungan.....	74
5.8. Analisis Parameter Antena.....	74

BAB VI. PENUTUP

6.1. Kesimpulan.....	76
6.2. Saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA	78
-----------------------------	----

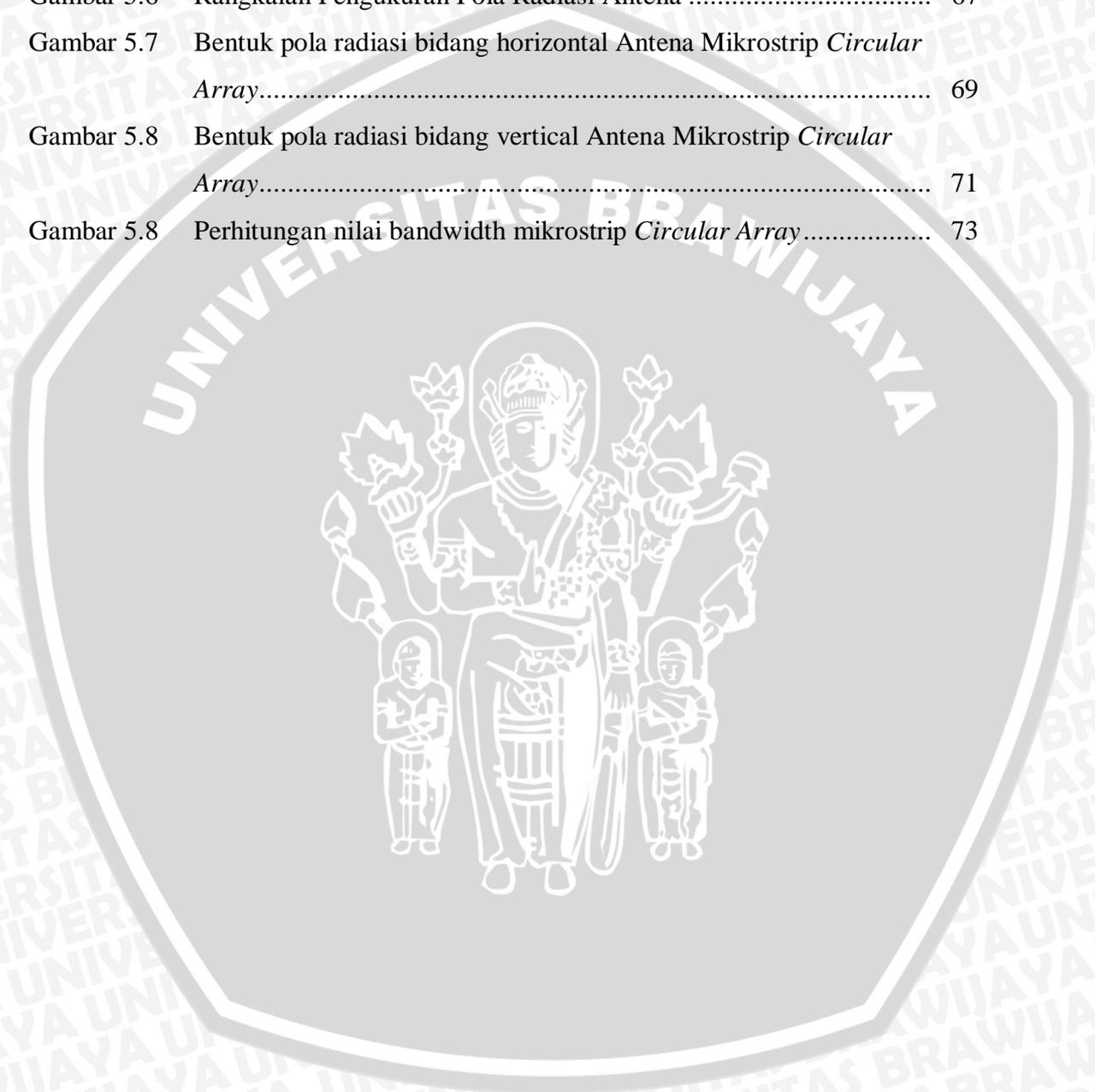
LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Konfigurasi Satelit GPS	5
Gambar 2.1.a	Polarisasi Linier Vertikal.....	8
Gambar 2.1.b	Polarisasi Linier Horizontal.....	8
Gambar 2.2.a	Polarisasi Lingkaran <i>Right hand</i>	9
Gambar 2.2.b	Polarisasi Lingkaran <i>Left hand</i>	9
Gambar 2.3.	Pembagian daerah medan radiasi antena.....	10
Gambar 2.4.	Pola Radiasi	12
Gambar 2.5.	Pola Radiasi antena dalam koordinat <i>Rectangular</i> dan skala dB	12
Gambar 2.6.	Struktur antena mikrostrip	18
Gambar 2.7.	Macam-macam bentuk elemen mikrostrip	18
Gambar 2.8.	Struktur dasar saluran transmisi mikrostrip.....	19
Gambar 2.9.	<i>Microstrip Line Feed</i>	20
Gambar 2.10.	Metode <i>Coaxial feed</i>	20
Gambar 2.11.	<i>Aperture Coupling Feed</i>	21
Gambar 2.12.	<i>Proximity Coupling Feed</i>	22
Gambar 2.13.	<i>Microstrip Bend</i>	25
Gambar 2.14.	<i>T - Junction</i>	25
Gambar 2.15.	<i>Patch Mikrostrip Circular</i>	26
Gambar 2.16.	Ilustrasi pembentukan antena <i>array</i>	27
Gambar 4.1.	Elemen peradiasi	34
Gambar 4.2.	Hasil optimasi elemen peradiasi	36
Gambar 4.3.	<i>Gain Pattern</i> 3D pada frekuensi 1227 Mhz.....	40
Gambar 4.4.	<i>Directivity</i> 3D pada frekuensi 1227 Mhz	40
Gambar 4.5.	2 Elemen peradiasi	43
Gambar 4.6.	<i>Gain Pattern</i> 3D pada frekuensi 1227 Mhz.....	46
Gambar 4.7.	<i>Directivity</i> 3D pada frekuensi 1227 Mhz	47
Gambar 4.8.	4 elemen peradiasi.....	47
Gambar 4.9.	<i>Gain Pattern</i> 3D pada frekuensi 1227 Mhz.....	50
Gambar 4.10.	<i>Directivity</i> 3D pada frekuensi 1227 Mhz	51
Gambar 4.11.	Distribusi arus pada frekuensi 1227 Mhz.....	51
Gambar 5.1.	Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i>	54

Gambar 5.2	Pengukuran <i>Return Loss</i>	61
Gambar 5.3	Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena	61
Gambar 5.4	Rangkaian Pengukuran <i>Polarisasi</i> Antena	64
Gambar 5.5	Bentuk <i>Polarisasi</i> Antena Mikrostrip <i>Circular Array</i> pada frekuensi 1227 Mhz	66
Gambar 5.6	Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena	67
Gambar 5.7	Bentuk pola radiasi bidang horizontal Antena Mikrostrip <i>Circular</i> <i>Array</i>	69
Gambar 5.8	Bentuk pola radiasi bidang vertical Antena Mikrostrip <i>Circular</i> <i>Array</i>	71
Gambar 5.8	Perhitungan nilai bandwidth mikrostrip <i>Circular Array</i>	73

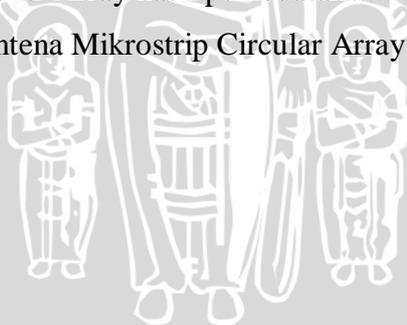


DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Hasil simulasi S_{11} elemen peradiasi.....	35
Grafik 4.2	Hasil simulasi optimasi frekuensi terhadap nilai S_{11}	37
Grafik 4.3	Grafik VSWR terhadap frekuensi	38
Grafik 4.4	Grafik Directivity terhadap frekuensi	39
Grafik 4.5	Grafik Gain terhadap frekuensi.....	39
Grafik 4.6	Hasil simulasi optimasi <i>Return Loss</i> terhadap frekuensi.....	43
Grafik 4.7	Grafik VSWR terhadap frekuensi.....	44
Grafik 4.8	Grafik Directivity terhadap frekuensi	45
Grafik 4.9	Grafik Gain terhadap frekuensi.....	46
Grafik 4.10	Grafik S_{11} terhadap frekuensi	48
Grafik 4.11	Grafik VSWR terhadap frekuensi	49
Grafik 4.12	Grafik Gain terhadap frekuensi.....	49
Grafik 4.13	Grafik Directivity terhadap frekuensi	50
Grafik 5.1	Fungsi <i>Return Loss</i> terhadap frekuensi	56
Grafik 5.2	Fungsi koefisien pantul terhadap frekuensi.....	58
Grafik 5.3	Fungsi VSWR terhadap frekuensi.....	59
Grafik 5.4	Perbandingan VSWR simulasi dan hasil pengukuran.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik antena untuk user GPS.....	5
Tabel 4.1	Tabel Perbandingan jumlah elemen peradiasi terhadap parameter antena.....	52
Tabel 5.1	Hasil pengukuran Return Loss antena uji pada tiap masing-masing elemen.....	55
Tabel 5.2	Hasil pengukuran <i>Return Loss</i> , perhitungan koefisien pantul antena Mikrostrip <i>Circular Array</i>	57
Tabel 5.3	Hasil pengukuran <i>Return Loss</i> , perhitungan <i>VSWR</i> Antena Mikrostrip <i>Circular Array</i>	58
Tabel 5.4	Hasil pengukuran level daya penerimaan	62
Tabel 5.5	Hasil pengukuran Polarisasi pada frekuensi 1227 Mhz.....	65
Tabel 5.6	Hasil pengukuran pola radiasi bidang horizontal Antena Mikrostrip <i>Circular Array</i> hasil pembuatan.....	68
Tabel 5.7	Hasil pengukuran pola radiasi bidang vertikal Antena Mikrostrip <i>Circular Array</i> hasil pembuatan.....	70
Tabel 5.8	Karakteristik Antena Mikrostrip <i>Circular Array</i> hasil pembuatan...	75



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi

Lampiran 2. Dokumentasi Pengukuran.



ABSTRAK

GIGIH ADI LAKSONO, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2009, Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Circular Array Pada Frekuensi 1227 MHz, Dosen Pembimbing : Ir. H. Erfan Achmad Dahlan, MT. dan Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT.

Kebutuhan pemakaian GPS (Global Positioning System) yang menggunakan teknologi komunikasi satelit saat ini berguna untuk memberikan informasi dalam keperluan navigasi. Seperti pada fungsi awalnya, GPS digunakan untuk kepentingan militer yang berfrekuensi 1227 Mhz. Kebutuhan pemakaian GPS ini sangat diperlukan untuk keperluan navigasi militer. Melalui GPS ini pihak militer akan terhindar dari kemungkinan salah menyerang target dan lebih mudah menentukan pergerakan musuh.

Dalam komunikasi yang menggunakan gelombang radio, antena merupakan peralatan yang penting. Sehingga dibutuhkan antena yang memiliki performansi bagus, ringkas, dan praktis. Salah satu jenis antena yang dapat diaplikasikan untuk teknologi tersebut diatas adalah antena mikrostrip

Antena mikrostrip ini dibuat menggunakan Bahan *Epoxy fiberglass* – FR 4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r)=4.5. Perencanaan antena *array* memiliki tujuan untuk meningkatkan nilai *gain* antena maupun nilai keterarahan antena. Antena hasil perencanaan terdiri dari empat elemen peradiasi (*patch*).

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, antena mikrostrip circular *array* yang dirancang pada frekuensi 1227 MHz memiliki nilai *Return Loss* sebesar - 14,143 dB, *VSWR* sebesar 1,49, *gain* 5,28 dBi, *directivity* 9,75 dB, *bandwidth* sebesar 198 Mhz, dengan pola radiasi *uniderictional*. Berdasarkan parameter-parameter tersebut antena hasil perancangan dapat bekerja dengan baik pada frekuensi yang diinginkan.

Kata kunci : Antena mikrostrip, *circular array*, frekuensi, *VSWR*, polarisasi, *bandwidth*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kemajuan teknologi komunikasi menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, hal ini terbukti dengan terciptanya peralatan komunikasi yang dapat mengirim informasi yang diinginkan (suara, data/gambar atau video). Dan informasi tersebut dapat disajikan dalam waktu yang singkat meskipun dalam jarak yang sangat jauh.

Perkembangan teknologi telekomunikasi untuk kepentingan navigasi juga terus berkembang. Salah satu aplikasinya adalah GPS (*Global Positioning System*) yang menggunakan teknologi komunikasi satelit untuk memberikan informasi yang dibutuhkan dalam keperluan navigasi. Teknologi GPS banyak digunakan oleh alat transportasi baik darat, laut maupun udara yang membutuhkan informasi navigasi dengan mudah dan benar dalam waktu yang singkat.

Teknologi ini berupa penentuan system radio navigasi yang berbasis satelit. Oleh sebab itu, GPS dapat memberikan informasi posisi dan waktu dengan ketelitian yang tinggi. Kini teknologi GPS sudah dapat digunakan dan dinikmati melalui ponsel. Selain itu, seperti pada fungsi awalnya, GPS digunakan untuk kepentingan militer seperti, untuk mengetahui dimana posisi pasukan berada. Melalui GPS, militer akan terhindar dari kemungkinan salah menyerang target dan lebih mudah dalam menentukan pergerakan pasukan.

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 dimensi yang kecil, fleksibel, praktis dan tetap berkualitas. Salah satu jenis antenna yang berkembang saat ini adalah antenna mikrostrip. Antenna mikrostrip merupakan antenna yang tersusun atas bagian lapisan tipis konduktor berbahan metal atau logam di atas sebuah substrat yang dapat merambatkan gelombang elektromagnetik sedang pada salah satu sisi lain dilapisi konduktor sebagai bidang pentanahan.

Antenna mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz) sehingga, antenna mikrostrip dapat digunakan untuk antenna telepon selular/*wireless* maupun komunikasi satelit.

Perancangan dan pembuatan antena mikrostrip akan menggunakan substrat FR4 dengan elemen peradiasi berbentuk lingkaran (*circular*) yang disusun secara *array planar* dengan jumlah elemen peradiasi 4 elemen. Frekuensi kerja yang direncanakan adalah 1227 MHz yaitu pada band *Global Positioning System L2* (GPS L2; 1227 MHz).

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Konsep dasar antena mikrostrip dan *array*.
2. Bagaimana merancang, mensimulasi, mengoptimasi dengan menggunakan *software IE3D™*, dan membuat antena mikrostrip *circular array* empat elemen yang meliputi dimensi elemen peradiasi, dimensi saluran transmisi dan penyesuaian impedansi antena mikrostrip pada frekuensi 1227 Mhz dan substrat yang akan digunakan.
3. Bagaimana pengukuran terhadap antena untuk mengetahui performansi antena yang meliputi *VSWR*, polarisasi, pola radiasi, dan *gain*.

1.3 Ruang Lingkup

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

Mengacu pada permasalahan yang ada maka ruang lingkup pada skripsi ini dibatasi pada:

1. Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip *circular array* 4 elemen dengan nilai *VSWR* <2 dan nilai *return loss* <-10 dB pada rentang pita frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 1227 Mhz.
2. Antena GPS yang dirancang berfungsi sebagai antena *receiver*.
3. Antena yang dirancang mempunyai nilai impedansi input 50 Ω
4. Pengukuran parameter antena meliputi *Return Loss*, *VSWR*, *gain*, pola radiasi polarisasi antena dan *bandwidth*.
5. Pengukuran antena mikrostrip *circular array* untuk mengetahui performansi kerja antena yang telah dirancang dan difabrikasi dilakukan di laboratorium antena dan *microwave* Institut Teknologi Telkom Bandung.

6. Alat yang akan digunakan yaitu *Network Analyzer Agilent 8714ES 300 KHz-3 GHz*, *Spectrum Analyzer 8563E Hewlett Packard 30Hz – 26,5 GHz*, *Sweep Oscillator 8350 B Hewlett Packard*..
7. Pengujian parameter antenna berupa gain, pola radiasi dan polarisasi antenna dilakukan di ruang terbuka.
8. Rugi-rugi perambatan gelombang elektromagnetik di ruang terbuka tidak diperhitungkan.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan dan merealisasikan antenna mikrostrip *circular array* 4 elemen pada frekuensi 1227 MHz.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I Pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika penulisan.
- BAB II Membahas teori dasar yang berhubungan dengan teori dasar antenna serta perencanaan dan pembuatan antenna mikrostrip.
- BAB III Metodologi, menjelaskan tentang tahapan penyelesaian tugas akhir.
- BAB IV Menjelaskan proses perencanaan, pembuatan dan simulasi antenna mikrostrip *circular array* pada frekuensi 1227 MHz.
- BAB V Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran antenna mikrostrip *circular array* pada frekuensi 1227 MHz.
- BAB VI Penutup, berisi kesimpulan dan saran tugas akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Gambaran 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)

Dalam tugas akhir ini antena yang akan dirancang digunakan untuk aplikasi GPS (*Global Positioning System*). GPS merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan dalam teknologi komunikasi satelit yang banyak digunakan untuk keperluan navigasi dan transportasi. Teknologi ini dikembangkan oleh Amerika pada tahun 1970an melalui NAVSTAR GPS (*Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System*) yang menyediakan informasi navigasi. Pada konfigurasi NAVSTAR GPS terdiri dari 21 satelit pada 6 bidang orbit yang berada pada ketinggian 20.200 km (10.898 mil) di atas permukaan bumi. Bidang orbitnya memiliki jarak pisah 60° dan kemiringan 55° terhadap bidang ekuator. Setiap satelit menyelesaikan satu kali putaran dalam 12 jam. GPS beroperasi pada frekuensi L1 1575,42 MHz untuk sipil dan L2 1227.6 MHz untuk militer. Spesifikasi antena untuk pengguna GPS ditunjukkan pada tabel 2.1. Layanan GPS yang terbaru terdiri dari 24 satelit NAVSTAR GPS. Hasilnya, sangat memungkinkan untuk menentukan, secara cepat dan akurat, posisi dan kecepatan dimanapun di atas permukaan bumi. Dalam GPS ada 2 kode yang digunakan. Kode P(Y) dan kode C/A. Dalam GPS L2 kode yang digunakan hanya kode P(Protected). Sinyal L2 hanya membawa kode P. Setiap satelit mentransmisikan kode yang unik sehingga penerima (perangkat GPS) dapat mengidentifikasi sinyal dari setiap satelit. Pada saat fitur “*Anti-Spoofing*” diaktifkan, maka kode P akan dienkripsi dan selanjutnya dikenal sebagai kode P(Y) atau kode Y. Receiver kode-P lebih tahan terhadap “*jamming*” dibandingkan receiver kode-C/A dan lebih biasa menyesuaikan dengan aplikasi yang berdinamika tinggi, seperti untuk pesawat tempur, peluru kendali, survey hidrografi, dll.

Parameter	Specification
Frequency	L2 1227.6 \pm 2 MHz minimum, \pm 10 MHz desired
Gain	4dBi
Polarization	Right hand circular polarization
Input Impedance	50 Ω

Tabel 2.1. Karakteristik antena untuk *user* GPS

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

Konfigurasi satelit GPS ditunjukkan pada Gambar 2.1:



GPS Nominal Constellation
 24 Satellites in 6 Orbital Planes, 4 Satellites in each Plane
 20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

Gambar 2.1. Konfigurasi Satelit GPS

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 mikrostrip array, teori dasar dan parameter dasar antena yang akan dihitung dan diukur. Parameter-parameter dasar tersebut meliputi impedansi terminal, polarisasi, pola radiasi, keterarahan, *gain*, *VSWR*, *return loss* (RL), dan *bandwidth*.

2.2 Parameter-parameter Antena

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

2.2.1 Impedansi Terminal Antena

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

$$Z_A = R_A + jX_A$$

(2-1)

dengan :

Z_A = Impedansi terminal antena (Ω)

R_A = Resistansi terminal antena (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antena (Ω)

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

$$P_{in} = I^2 \cdot R_A$$

(2-2)

Dengan daya yang dipancarkan :

$$P_{rad} = I^2 \cdot R_{rad}$$

(2-3)

dengan :

P_{in} = daya input antena (watt)

I = arus rms pada terminal antena (ampere)

P_{rad} = daya yang diradiasikan antena (watt)

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

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right|$$

(2-4)

sehingga diperoleh:

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

(2-5)

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. Terdapat tiga tipe polarisasi: polarisasi *linear*, *circular* dan *elliptical*. Polarisasi *linear* ditentukan oleh posisi dan arah medan elektrik terhadap *ground* atau permukaan bumi sebagai acuan. Ketika medan elektrik sejajar dengan *ground*, maka disebut polarisasi *horizontal* dan disebut polarisasi *vertikal* apabila tegak lurus dengan *ground*.

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

$$A = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)}$$

(2-6)

dengan :

A = Polarisasi isolasi (dB)

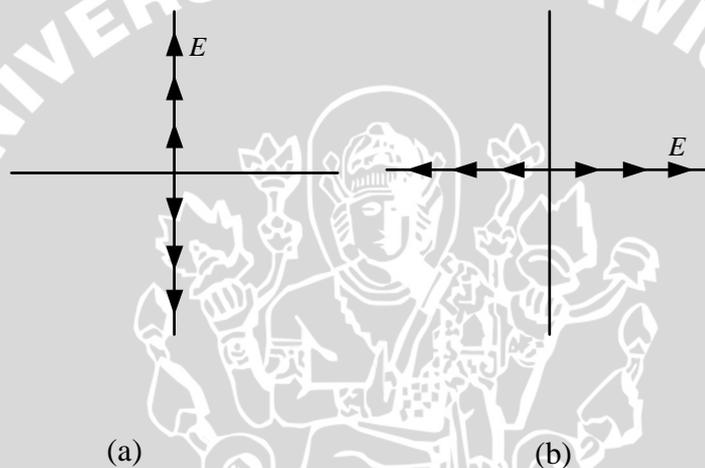
P_1 = daya mula-mula (watt)

P_2 = daya yang diperlukan jika polarisasi berubah (watt)

2.2.2.1 Polarisasi Linier

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi linier apabila vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik selalu diorientasikan sepanjang garis lurus yang sama pada setiap waktu sesaat. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Hanya satu komponen, atau
- Dua komponen *orthogonal linear* yang sefasa dalam waktu atau berbeda fasa sebesar 180° (atau kelipatannya).



Gambar 2.1 a) Polarisasi Linier Vertikal
b) Polarisasi Linear Horisontal

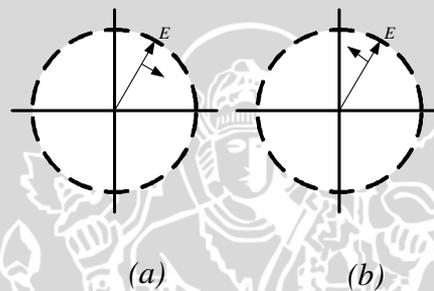
Sumber : Punit, 2004 : 21

2.2.2.2 Polarisasi Lingkaran

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi lingkaran apabila vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik membentuk suatu lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- Kedua komponen harus mempunyai besaran yang sama, dan
- Kedua komponen harus mempunyai perbedaan fasa sebesar perkalian ganjil dari 90° dalam waktu.

Penentuan arah rotasi selalu ditentukan dengan merotasi komponen yang fasanya mendahului terhadap komponen yang tertinggal fasa dan mengamati rotasi medan seolah-olah gelombang tersebut terlihat bergerak menjauh dari pengamat. Jika rotasinya searah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkular sesuai kaidah tangan kanan; jika rotasinya berlawanan arah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkular menurut kaidah tangan kiri sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2. Rotasi komponen mendahului fasa terhadap komponen tertinggal fasa harus dilakukan sepanjang pemisahan sudut diantara dua komponen yang kurang dari 180° . Fasa yang lebih besar atau sama dengan 0° dan kurang dari 180° akan dianggap mendahului sedangkan yang lebih besar dari atau sama dengan 180° dan kurang dari 360° akan dianggap tertinggal.



Gambar 2.2: a) *Right hand circular polarization.*

b) *Left hand circular polarization.*

Sumber: : Punit, 2004 : 21

2.2.2.3 Polarisasi Elips

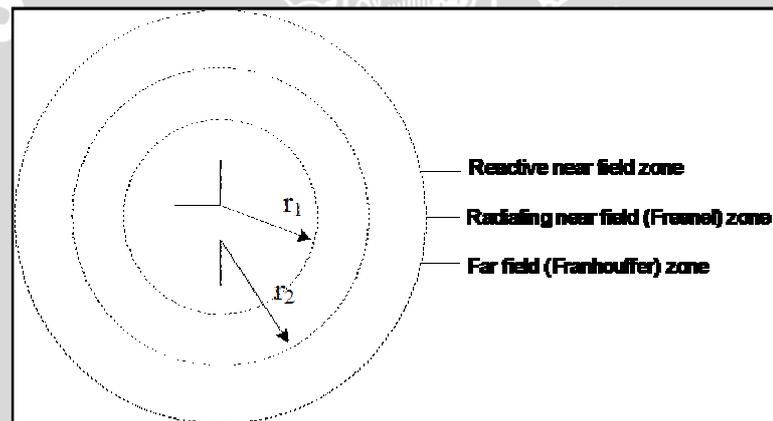
Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi elips apabila ujung vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik membentuk kedudukan elips dalam ruang. Pada variasi waktu sesaat, medan vektor berubah secara kontinyu seiring waktu dengan cara yang sama untuk menggambarkan tempat kedudukan elips. Arah rotasi ditentukan dengan menggunakan aturan yang sama seperti halnya pada polarisasi sirkular. Sebagai tambahan untuk mengetahui arah rotasi, gelombang yang terpolarisasi *elliptical* juga dinyatakan dengan rasio aksial yang besarnya merupakan perbandingan sumbu *mayor* terhadap sumbu *minor*-nya. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- Kedua komponen dapat memiliki besaran yang sama atau berbeda.

- c. (1) Jika keduanya memiliki besaran yang berbeda, beda fasa-waktu diantara keduanya tidak boleh 0° atau perkalian 180° (karena akan bersifat linier).
 (2) Jika kedua komponen memiliki besaran yang sama, beda fasa-waktu diantara keduanya tidak boleh kelipatan bilangan ganjil dari 90° (karena akan bersifat *circular*).

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 pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. 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:

$$r < 0,62\sqrt{D^3/\lambda}$$

(2-7)

- *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:

$$0,62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda$$

(2-8)

- *Far-Field (Franhouffer) Zone*

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

Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty$$

(2-9)

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

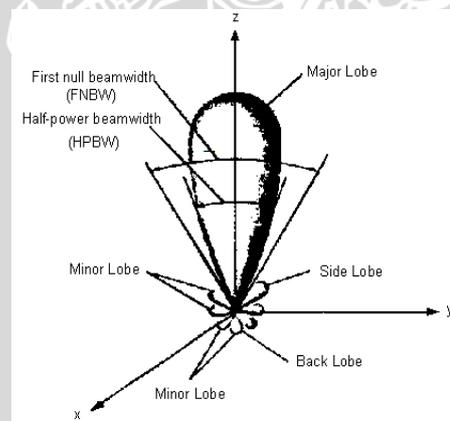
Karakteristik antenna seperti *beamwidth* dan *Front to Back Ratio (F/B)* akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya. Pola radiasi antenna didefinisikan gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi medan jauh dari antenna sebagai fungsi koordinat ruang (tiga dimensi). Sifat-sifat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

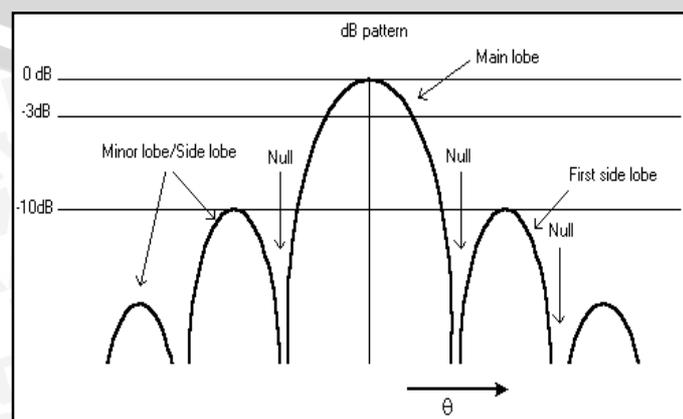
Pola radiasi dapat diukur dengan menggerakkan probe antenna di sekitar antenna yang diukur pada jarak yang tetap, kemudian mencatat respons sebagai fungsi koordinat sudut (θ, ϕ) pada radius konstan.

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. 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. Ilustrasi umum secara tiga dimensi dari pola radiasi suatu antenna ditunjukkan oleh Gambar 2.4 di bawah ini, sedangkan pola radiasi dalam bentuk dua dimensi ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Pola Radiasi

Sumber: Balanis, 1982: 31



Gambar 2.5. Pola radiasi antenna dalam koordinat *Rectangular* dan skala dB

(Sumber: Balanis, 1982)

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

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

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

11)

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)

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. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.5

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):

$$\Omega_A \approx \Omega_M + \Omega_m \quad (\text{steradian}) \quad (2-12)$$

12)

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) :

$$\Omega_A \approx \theta_{HP} \cdot \phi_{HP} \quad (\text{steradian}) \quad (2-13)$$

13)

atau

$$\Omega_A \approx 3283 \times \theta_{HP}^{\circ} \cdot \phi_{HP}^{\circ} \quad (\text{derajat}^2) \quad (2-14)$$

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 antenna didefinisikan sebagai "perbandingan antara intensitas radiasi maksimum dengan intensitas radiasi dari antenna 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 antenna secara umum dinyatakan dari persamaan di bawah ini (Balanis, 1982: 494):

$$D_o = 10 \cdot \log \frac{4 \cdot \pi \cdot U_{\max}}{P_{\text{rad}}} \quad (2-15)$$

15)

$$P_{\text{rad}} = \phi_{hp}^0 \theta_{hp}^0 \quad (2-16)$$

16)

dengan:

- D_o = directivity (dB)
 U_{max} = intensitas radiasi maksimum (watt)
 P_{rad} = daya radiasi total (watt)
 Φ = sudut lebar berkas setengah daya (-3 dB) untuk pola radiasi vertikal
 θ = 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):

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-17)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-18)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-19)$$

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):

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

20) dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan:

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

21)

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

22)

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):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-$$

23)

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-$$

24)

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 = ~ 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) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-25)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (2-26)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-27)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = frekuensi atas (Hz)

f_l = frekuensi bawah (Hz)

2.3 Antena Mikrostrip

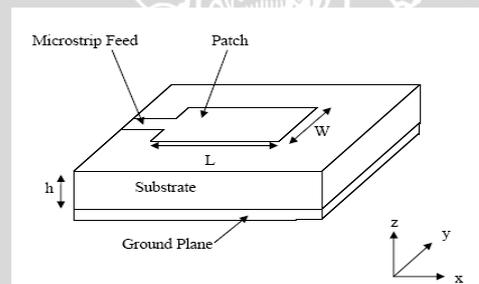
Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan di bidang pentanahan (*ground plane*), dimana antara bidang tersebut dengan elemen radiasi (konduktor) dipisahkan oleh substrat dielektrik. Antena mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*) (300

MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz). Karena antenna mikrostrip dapat bekerja pada frekuensi UHF, maka dapat digunakan sebagai alternatif antenna penerima *broadcast* TV UHF maupun dalam sistem telepon seluler sebagai antenna pemancar dan penerima.

2.3.1 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antenna yang terdiri dari lapisan peradiasi (*patch*) yang digroundkan. *Patch* bisa memiliki berbagai macam bentuk seperti lingkaran, segitiga, kotak atau persegi panjang. Kelebihan antenna ini adalah pada segi fisik yang kecil dan ringan.

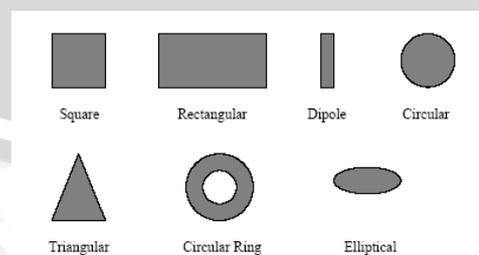
Dalam berbagai bentuk pada umumnya antenna mikrostrip tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground plane*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Struktur antenna mikrostrip

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 40

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk geometri dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti terdapat pada Gambar 2.7.



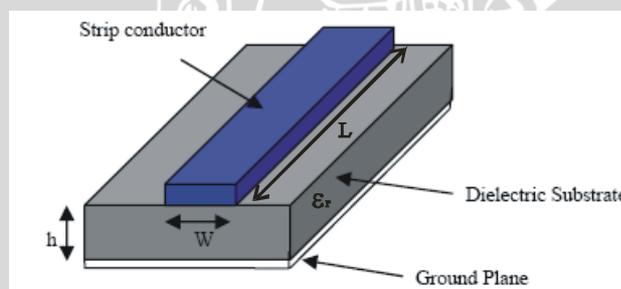
Gambar 2.7. Macam-macam bentuk elemen mikrostrip

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 32

Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. 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.

2.3.2 Saluran Transmisi Mikrostrip

Saluran transmisi mikrostrip adalah saluran yang digunakan untuk menghubungkan *patch* dengan *feed coaxial*. Antena mikrostrip termasuk jenis antenna yang dibentuk dari suatu saluran transmisi. Mikrostrip adalah suatu lapisan konduktor dari tembaga (*metallic strip*) yang sangat tipis, berfungsi untuk merambatkan gelombang, lapisan ini terdapat pada salah satu sisi permukaan substrat dielektrik dan pada permukaan sisi lainnya juga dilapisi konduktor yang berfungsi sebagai bidang pentanahan (*ground plane*) (Liao, 1987: 142). Lapisan konduktor tembaga yang terletak di atas substrat dielektrik adalah berfungsi sebagai elemen radiasi (*radiating element*). Struktur dasar saluran mikrostrip terdiri atas panjang strip konduktor L , lebar strip konduktor W , tinggi substrat dielektrik h , dan tebal strip konduktor mikrostrip t dengan konstanta permitifitas dielektrik relatif ϵ_r sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Struktur dasar saluran transmisi mikrostrip

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 39

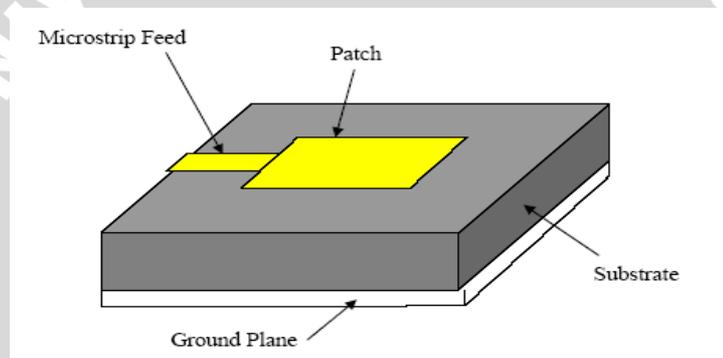
2.3.3 Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip

Teknik *feed* atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antara antenna mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antenna mikrostrip. Secara mendasar ada dua cara yaitu dengan kontak langsung maupun kontak tidak langsung atau tidak bersentuhan. Kontak langsung dilakukan dengan menghubungkan secara langsung saluran mikrostrip

dengan elemen *patch* atau saluran transmisi. Sedangkan hubungan kontak tidak langsung menggunakan metode kopel medan listrik untuk mentransfer daya dari saluran ke bagian peradiasi. Ada 4 cara yang biasanya digunakan pada pencatuan antenna mikrostrip yaitu *microstrip line*, *coaxial feed*, *aperture coupling* dan *proximity coupling*.

2.3.3.1 Microstrip Line Feed

Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian samping *patch* mikrostrip. Seperti pada Gambar 2.9 lebar *strip* konduktor lebih kecil dari pada elemen peradiasi antenna mikrostrip, dengan mengatur posisi strip konduktor maka impedansi *matching* antenna dapat didapat tanpa tambahan rangkaian impedansi *matching*.

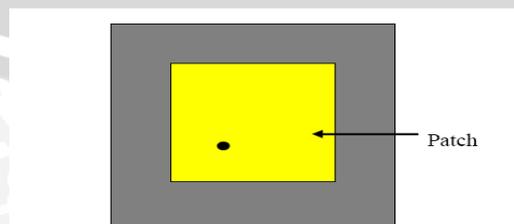


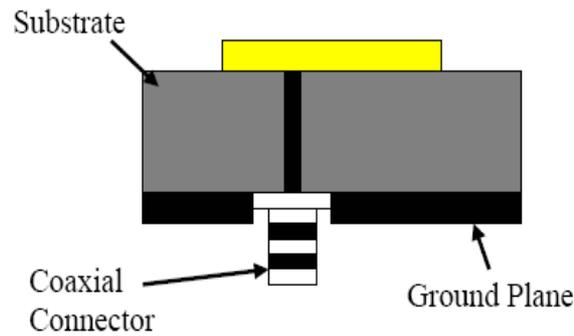
Gambar 2.9. *Microstrip Line Feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 34

2.3.3.2 Coaxial Feed

Coaxial feed atau *probe feed* adalah teknik yang umum digunakan pada pencatuan antenna. Seperti terlihat pada Gambar 2.10 konduktor bagian dalam dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan bidang pentanahan (*ground plane*).



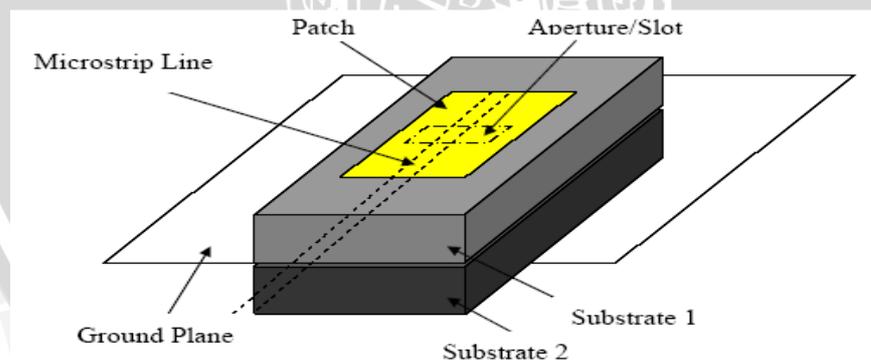
Gambar 2.10. Metode *Coaxial feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 35

Kelebihan dari metode ini adalah pencatuan dapat diletakkan pada letak yang diinginkan untuk mendapatkan *matching* impedansi dari antena. Metode ini mudah dalam pembuatan tetapi mempunyai kelemahan yaitu *bandwidth* antena yang sempit.

2.3.3.3 Aperture Coupling

Pada tipe pencatuan ini elemen peradiasi dan bagian pencatu terpisah dengan bidang pentanahan (*ground plane*) seperti pada Gambar 2.11. *Coupling* antara elemen peradiasi antena (*patch*) dan saluran pencatu (*line feed*) dibuat melalui *slot* atau *aperture*. Untuk mengoptimalkan radiasi antara elemen peradiasi dengan saluran pencatu maka dapat digunakan substrat yang berbeda.

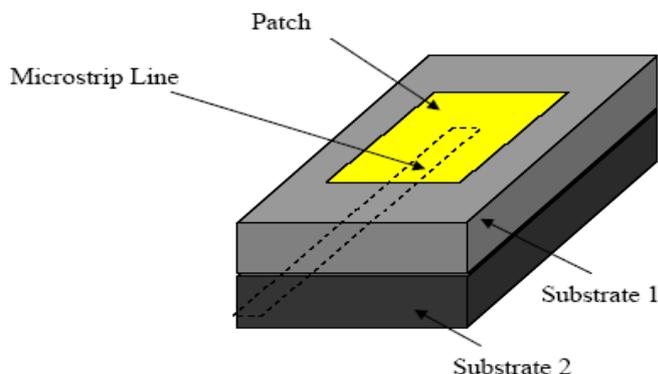
Gambar 2.11. *Aperture Coupling Feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 36

2.3.3.4 Proximity Coupling

Metode ini disebut juga *coupling* elektromagnetik, seperti pada Gambar 2.12 terdapat dua bahan substrat dengan meletakkan saluran pencatu diantara kedua substrat dan bagian elemen peradiasi pada substrat bagian atas. Kelebihan dari metode ini adalah

bandwidth yang lebih lebar dari pada teknik pencatuan yang lain. Untuk optimasi antena dapat digunakan bahan substrat yang berbeda. *Matching* dapat diperoleh dengan mengatur panjang saluran pencatu dan perbandingan lebar saluran pencatu dengan lebar elemen peradiasi.



Gambar 2.12. *Proximity Coupling Feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 37

2.4 Dimensi Antena Mikrostrip

Model analisis yang paling populer digunakan adalah model saluran transmisi, model *cavity*, model gelombang penuh (momen, FDTD). Model saluran transmisi adalah model paling sederhana yang memberikan gambaran fisik yang akan digunakan dengan ketelitian yang baik.

Pada model saluran transmisi antena mikrostrip sebagai perangkat yang memiliki 2 bagian yaitu lebar (W) dan tinggi (h) dan panjang saluran transmisi (L). Mikrostrip merupakan saluran transmisi yang nonhomogen dan terdiri dari 2 dielektrik yaitu substrat dan udara

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2-28)$$

28)

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan:

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2-29)$$

2.4.1 Radius antena mikrostrip circular (a)

Radius elemen peradiasi circular diperoleh dengan menggunakan rumus: (Balanis,1997 :755)

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r F} \left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-30)$$

Dengan:

a = dimensi radius *circular* (cm)

h = ketebalan substrat (mm)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

F = fungsi logaritmik elemen peradiasi

Sedangkan fungsi logaritmik dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan: (Balanis,1997: 755)

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-31)$$

dengan:

f_r = frekuensi resonansi (MHz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.4.2 Impedansi Matching

Impedansi masukan tiap elemen peradiasi harus ada kesesuaian dengan impedansi saluran transmisi agar sinyal yang diterima akan maksimum, penyesuaian ini menggunakan impedansi *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$ dengan persamaan

$$Z_T = \sqrt{Z_o \cdot Z_L} \quad (2-32)$$

dengan:

Z_T = impedansi *transformer* (Ω)

Z_0 = impedansi karakteristik saluran transmisi (Ω)

Z_L = impedansi beban (Ω)

2.4.3 Dimensi saluran transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi mikrostrip digunakan persamaan di bawah ini (liao, 1987 : 140):

$$W_0 = \frac{k}{Z_0} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)} \quad (2-33)$$

dengan :

W_0 = lebar saluran transmisi (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas ($120\pi \Omega = 377 \Omega$)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.4.4 Dimensi saluran transformer

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi mikrostrip digunakan persamaan di bawah ini

$$W_T = \frac{k}{Z_T} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)} \quad (2-34)$$

dengan :

W_T = lebar saluran transformer (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas ($120\pi \Omega = 377 \Omega$)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_T = impedansi transformer (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

Karena menggunakan transformer $\frac{1}{4} \lambda$ maka panjang transformer dapat dicari dengan persamaan (Astoto, 2004 : 23)

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (mm)} \tag{2-35}$$

35)

dengan :

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.4.5 Jarak antar elemen

Jarak antar elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan berikut (Johan L, 2002 : 24)

:

$$r \geq 0,6 \lambda_d \text{ (mm)} \tag{2-36}$$

36)

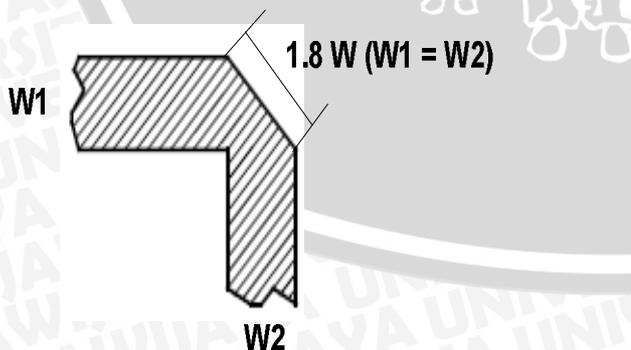
dengan :

r = jarak antar elemen peradiasi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

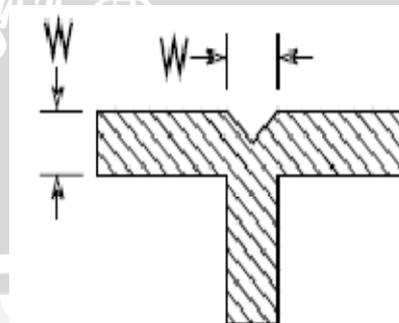
2.5 Microstrip discontinuities

Medan listrik pada sebuah saluran transmisi memiliki arah perambatan tertentu, ketika lebar dari saluran transmisi lebih kecil dari panjang gelombangnya maka medan listriknya akan saling menghilangkan dan tidak ada yang diradiasikan. *Discontinuities* terjadi pada daerah persimpangan (*cross section*). Terdapat dua bagian microstrip *discontinuities* yang digunakan yaitu *microstrip bend* dan *T-junction* (Gambar 2.13 dan Gambar 2.14).



Gambar 2.13 Microstrip Bend

Sumber: (Johan L, 2002 : 16)

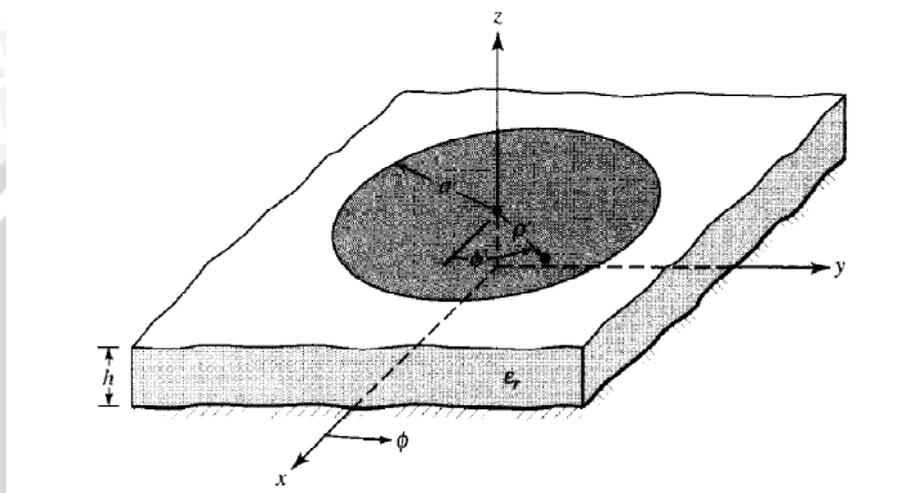


Gambar 2.14 T Junction

Sumber: (Johan L, 2002 : 16)

2.6 Mikrostrip Circular

Selain patch rectangular, terdapat patch lingkaran yang juga populer digunakan. Dalam bentuk umumnya antena mikrostrip circular tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground plane*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15. Tetapi untuk circular hanya terdapat bagian jari-jari yang berada di patch, sedangkan rectangular terdiri dari panjang dan lebar (Balanis, 1982).



Gambar 2.15 Patch Mikrostrip Circular

2.7 Antena Array

Desain antena dengan penguatan yang tinggi sangat diperlukan untuk komunikasi jarak jauh. Salah satu cara yang lebih praktis adalah dengan membuat antena yang terdiri dari beberapa elemen peradiasi (*array*). Dengan kata lain *array* adalah beberapa elemen antena yang disusun dan saling berhubungan untuk menghasilkan pola radiasi tertentu (Stutzman, 1981: 108).

Konfigurasi geometris antena array terdiri atas linier dan planar. Disebut *array* linier bila pusat pusat elemen *array* terletak pada sepanjang garis lurus. Sedangkan apabila pusat-pusat elemen terletak pada sebuah bidang disebut planar *array*. Dengan konfigurasi array, karakteristik antena seperti level daya (*gain*) yang tinggi, *beam scanning*, *steering capability* dapat dihasilkan

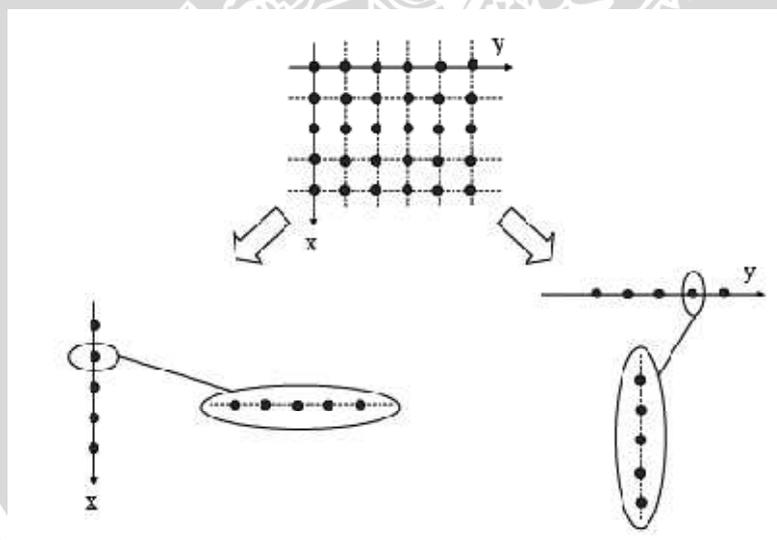
Pada antena *array* selain mempunyai keuntungan, juga mempunyai kerugian. Kerugiannya yaitu adanya kopel bersama (*mutual coupling*) yang terjadi antara elemen peradiasi dengan elemen peradiasi yang lain, antara elemen peradiasi dengan saluran transmisi maupun saluran transmisi dengan saluran transmisi yang lain. Tetapi kerugian

ini dapat dikurangi dengan mengatur jarak antar elemen peradiasi, dan konfigurasi geometris array.

Penguatan antena *array* adalah merupakan penjumlahan dari daya yang dipancarkan dari daya yang dipancarkan dari setiap elemen radiasi pada arah tertentu, sehingga semakin banyak elemen *array* penguatan akan semakin besar.

Beberapa aplikasi memerlukan karakteristik radiasi yang mungkin dapat dicapai oleh elemen tunggal. Perencanaan susunan dari penambahan elemen dapat memberikan radiasi maksimum sebagai arah utama dan minimum pada arah yang lainnya dan hal inilah yang diinginkan.

Dalam skripsi ini, jenis array yang diterapkan adalah array planar. Antena array planar dapat juga dianggap sebagai sebuah antena array linier yang disusun di sepanjang sumbu- y dan mempunyai jarak antar elemen dy , atau dapat juga dianggap sebagai sebuah antena array linier yang disusun di sepanjang sumbu- x dan mempunyai jarak antar elemen dx . Ilustrasinya dijelaskan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Ilustrasi pembentukan antena array kotak dari antena yang disusun secara array linier

Sumber: Hubreght J Visser, 2005 : 243

BAB III METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip *circular array* pada frekuensi 1227 MHz.

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

3.1 Studi literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik dari instrumen yang menggunakan teknologi mikrostrip khususnya tentang analisis dan desain antena mikrostrip.

3.2 Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran di Laboratorium *Microwave* Institut Teknologi Telkom Bandung. Data sekunder diperoleh dari studi literatur dan hasil simulasi program.

3.3 Perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip

Dalam perancangan sebuah antena *circular array*, kegiatan yang dilakukan adalah:

1. Menentukan frekuensi kerja yaitu L2 1227 Mhz dan substrat yang digunakan dalam perancangan yaitu FR4.
2. Penghitungan dimensi antena *circular array* dan dimensi saluran transmisi berdasarkan rumus yang umum digunakan. Kemudian hasilnya akan disimulasikan menggunakan *software* IE3D™.
3. Jika hasil simulasi dan optimasi sudah mendekati parameter-parameter yang diharapkan, maka dilanjutkan dengan fabrikasi antena *circular array*.

3.4 Rancangan pengujian

Untuk mengetahui karakteristik dari antena yang sudah difabrikasi maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter antena pada frekuensi kerjanya. 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 *RF Network Analyzer* yang dioperasikan pada jangkauan frekuensi dengan interval tertentu.

3.4.2 Pengukuran *gain* antena.

Alat yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *Spectrum Analyzer* 1 buah antena dipole $\lambda/2$ (sebagai antena referensi), dan 1 buah antena horn (sebagai antenna 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 mikrostrip).

3.4.3 Pengukuran pola radiasi.

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

Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena mikrostrip) 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 horn sebagai antena pemancarnya. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena yang diuji) dengan interval sudut tertentu terhadap bidang vertikal sampai 360° .

Peralatan yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *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. 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 MIKROSTRIP CIRCULAR ARRAY

4.1 Tinjauan Umum

Antena mikrostrip adalah antena yang dibuat diatas bahan substrat tertentu dengan elemen peradiasi yang terletak di salah satu sisi substrat dan sisi yang lain adalah bidang konduktor yang berfungsi sebagai bidang pentanahan (*ground plane*).

Antena *array* dengan teknologi mikrostrip seperti antena *array* pada umumnya yaitu merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi pada satu bidang. Termasuk diantaranya saluran transmisi sebagai pencatu setiap elemen tersebut.

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

4.2 Spesifikasi substrat dan bahan konduktor

Dalam perancangan antena mikrostrip perlu diketahui terlebih dahulu mengenai substrat yang akan digunakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.5

Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm

Loss tangent = 0.018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m

Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹

Frekuensi kerja (f_r) = 1227 MHz

Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi maka terlebih dahulu harus direncanakan nilai frekuensi kerja (f_r) yaitu 1227 MHz dengan nilai perambatan diruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (2-28) :

Untuk frekuensi 1227 MHz:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ m}$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{1227 \times 10^6} = 0,24 \text{ m}$$

Maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan (2-29) :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ m}$$

$$\lambda_d = \frac{0,24}{\sqrt{4,5}} = 0,1131 \text{ m}$$

Kemudian dihitung besarnya radius (a) elemen peradiasi antenna mikrostrip dengan persamaan (2-30) :

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \text{ (cm)}$$

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan fungsi logaritmik F . Dengan $f_r = 1227$ MHz; $(\epsilon_r) = 4,5$, maka nilai fungsi logaritmik F dapat dihitung dengan persamaan (2-31):

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{4,5}}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{8,791 \times 10^9}{1,227 \times 10^9 \sqrt{4,5}} \\ &= 3,377 \end{aligned}$$

Maka besar radius elemen peradiasi (a) untuk frekuensi 1227 MHz adalah:

$$a = \frac{3,377}{\left\{ 1 + \frac{2(1,6 \times 10^{-3})}{3,14 \times 4,5 \times 3,377} \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 3,377}{2(1,6 \times 10^{-3})} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

$$= 3,3758 \text{ cm}$$

Jadi untuk elemen peradiasi pada frekuensi 1227 MHz dimensinya adalah $a = 3,3758 \text{ cm}$.

4.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Model saluran transmisi yang digunakan dalam perancangan ini adalah model *inset feed*, sedangkan nilai impedansi saluran transmisi yang direncanakan adalah 100 Ω . Desain untuk model *inset feed* didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$y_0 = 0,3d$$

dengan d adalah diameter elemen peradiasi.

Untuk elemen peradiasi dengan frekuensi 1227 MHz, didapatkan nilai:

$$y_0 = 0,3d$$

$$= 1/3 \times 6,7517 \text{ cm}$$

$$= 2,250 \text{ cm}$$

Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi mikrostrip dapat digunakan persamaan (2-33) di bawah ini :

$$W_0 = \frac{377}{Z_0} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Dengan nilai $h = 1.6 \text{ mm}$ dan $\epsilon_r = 4.5$ maka diperoleh nilai W_0 (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi

$$W_0 = \frac{377}{100} \times \frac{1,6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)}$$

$$W_0 \approx 2,843 \text{ mm}$$

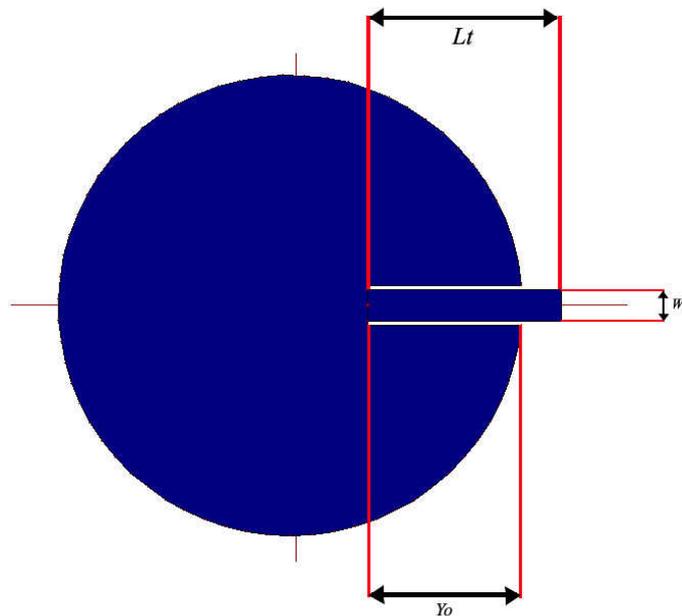
Sedangkan panjang saluran transmisi dihitung dengan persamaan (2-34):

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (m)}$$

Dengan $\lambda_d = 0,1131$ m untuk frekuensi 1227 MHz, maka panjang saluran transmisi adalah

$$L_t = \frac{1}{4} \cdot 0,1131 = 0,0282 \text{ m} = 28,2 \text{ mm}$$

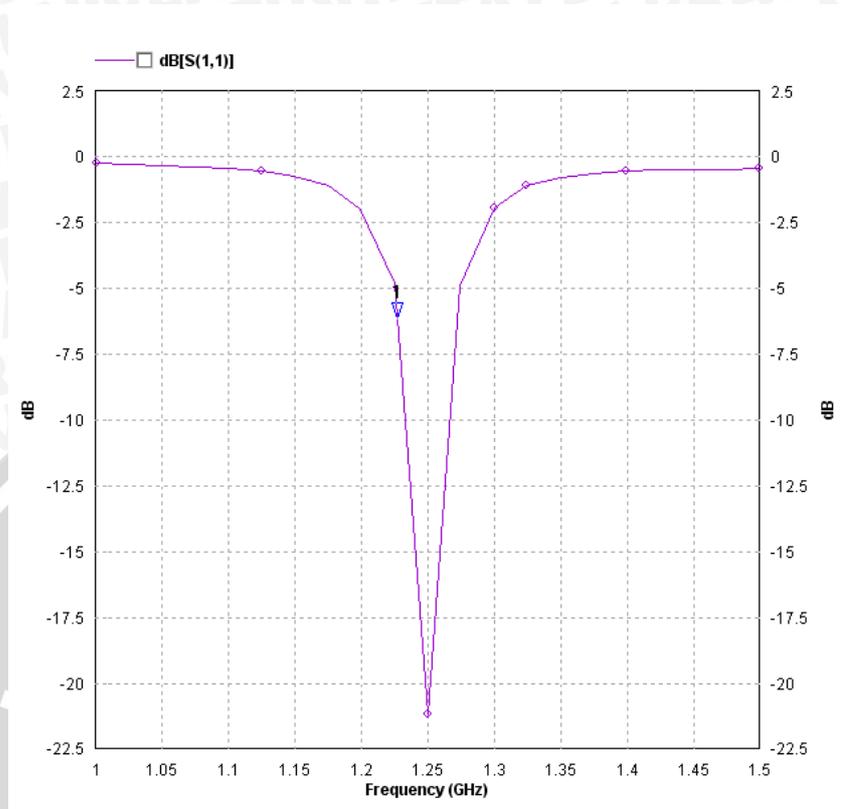
Sehingga dimensi elemen peradiasi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Elemen peradiasi

sumber : perencanaan

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator Ie3d, dan didapatkan hasil simulasi sebagai berikut:



Graphik 4.1 Hasil simulasi S_{11} elemen peradiasi
sumber : Simulasi

Simulasi pada Graphik 4.1 menunjukkan nilai S_{11} dari elemen peradiasi. Untuk nilai S_{11} sebuah antenna bekerja dengan baik jika nilai $S_{11} < -10$ dB.

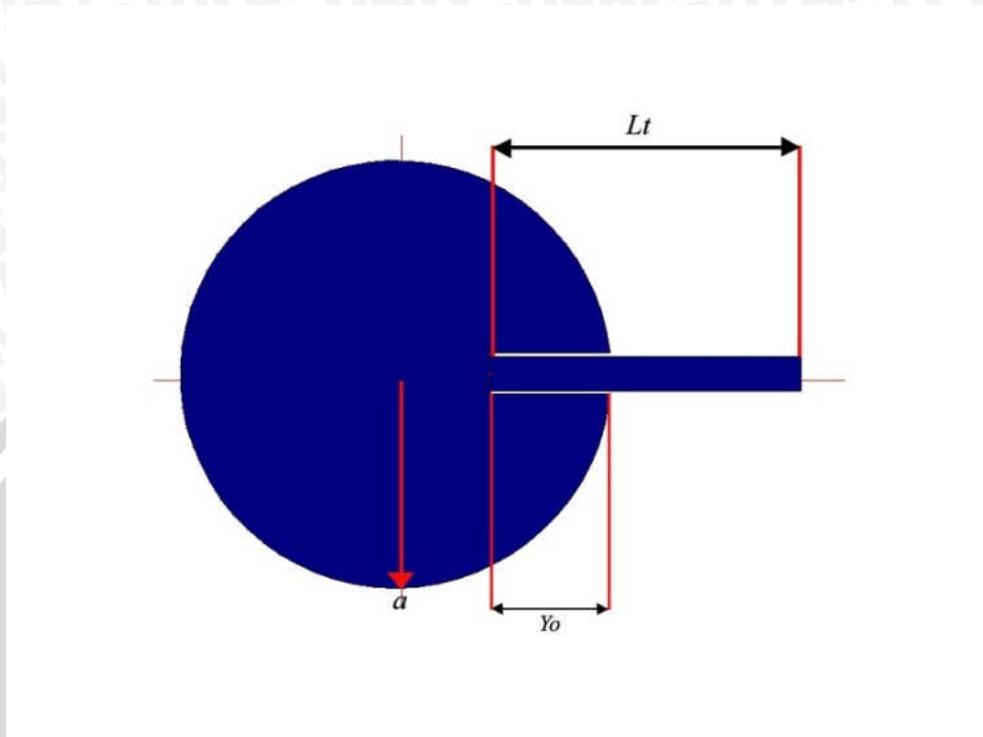
Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa antenna belum bekerja optimal pada frekuensi yang diharapkan yaitu 1227 MHz. Sehingga harus dilakukan optimasi pada elemen peradiasi tersebut.

4.5 Optimasi elemen peradiasi antenna mikrostrip

Optimasi dilakukan agar antenna dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan yaitu bekerja pada frekuensi 1227 MHz.

Untuk melakukan optimasi dapat dilakukan dengan merubah dimensi elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang paling optimal. Dalam tugas akhir ini selain secara manual dengan mengubah dimensi elemen peradiasi juga menggunakan simulator Ie3d

yang menyediakan perhitungan untuk optimasi elemen peradisi antenna mikrostrip, optimasi juga dilakukan pada saluran *inset feed*. Hasil optimasi adalah sebagai berikut (Gambar 4.2)



Gambar 4.2 Hasil Optimasi elemen peradisi

Sumber : Simulasi

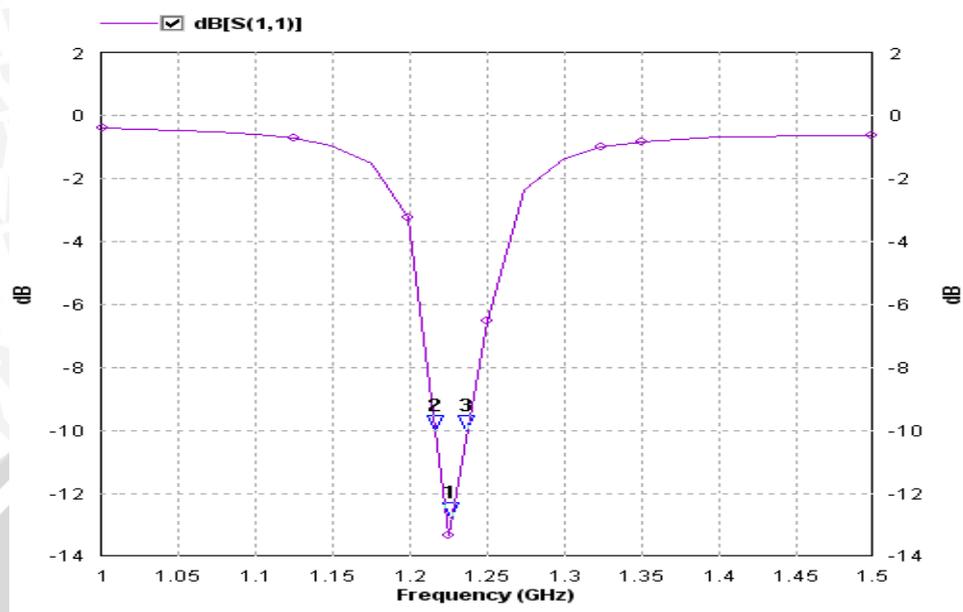
Keterangan gambar 4.2 :

$$a = 33,990 \text{ mm}$$

$$y_0 = 16,88 \text{ mm}$$

$$L_t = 35,9 \text{ mm}$$

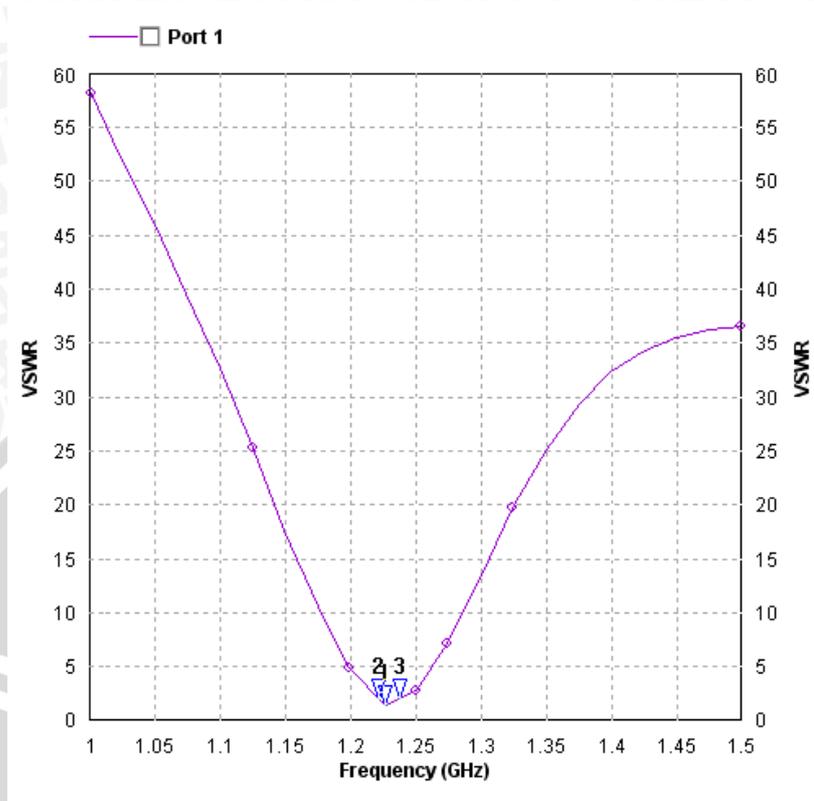
Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator Ie3d, dan didapatkan hasil simulasi sebagai berikut :



Grafik 4.2 Hasil simulasi optimasi frekuensi terhadap nilai S_{11}

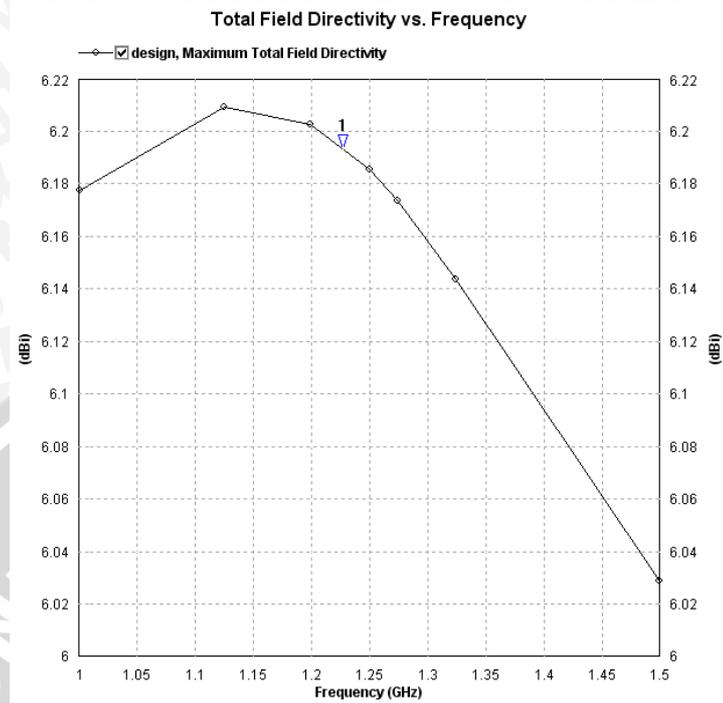
Sumber : Simulasi

Dari hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1227 MHz, dengan nilai S_{11} untuk frekuensi 1227 MHz sebesar -12,7847dB.



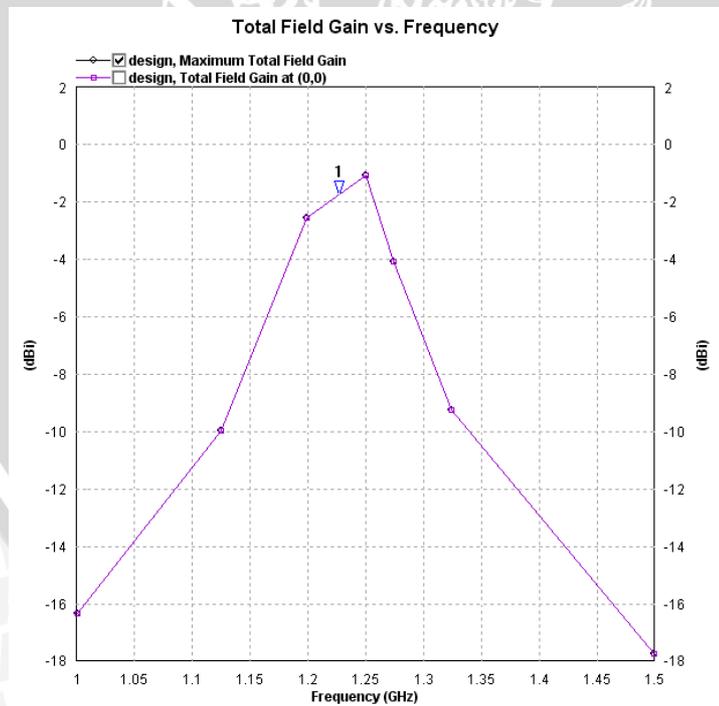
Grafik 4.3 Grafik VSWR terhadap frekuensi
 Sumber : Simulasi

Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1227 MHz. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya bandwidth yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi kerja 1227 MHz, nilai $VSWR < 2$ dimulai dari 1222 MHz sampai 1237 MHz, sehingga nilai bandwidth-nya adalah $(1237-1222)MHz = 15 MHz$. Nilai bandwidth yang didapatkan relative kecil, dikarenakan jumlah elemen peradiasinya hanya satu elemen (tunggal)



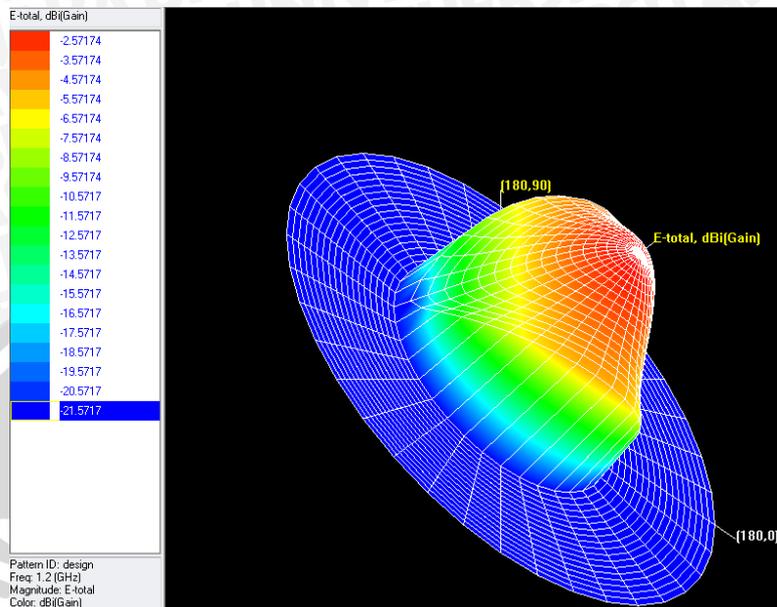
Grafik 4.4 Grafik Directivity terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



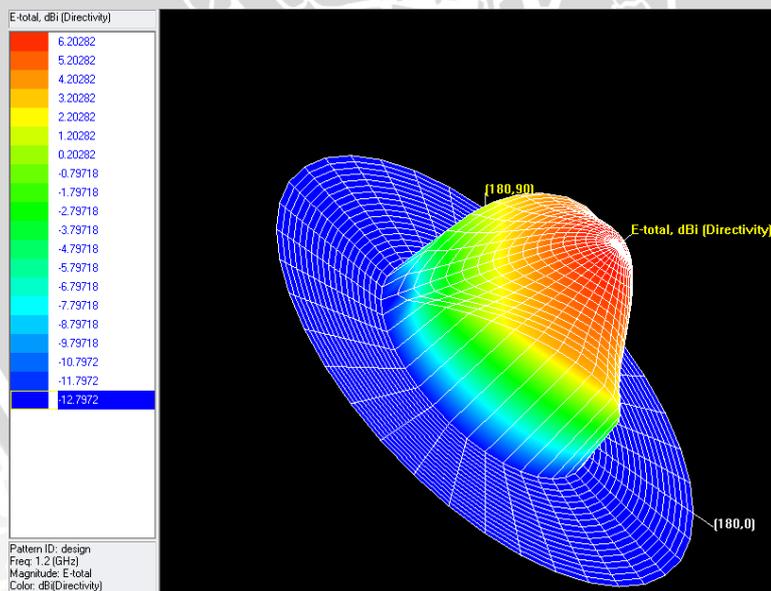
Grafik 4.5 Grafik Gain terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



Gambar 4.3 Gain Pattern 3D pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi



Gambar 4.4 Directivity 3D pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi

4.6 Perencanaan Antena Mikrostrip *Circular Array*

Setelah dilakukan perhitungan serta simulasi sehingga dimensi didapatkan elemen peradiasi tunggal terbaik yang maksimal bekerja pada frekuensi 1,2 GHz, maka dilakukan penyusunan elemen peradiasi secara *array*. Antena *array* pada teknologi mikrostrip juga mempunyai definisi yang sama dengan antena *array* pada umumnya, yakni merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi dalam satu bidang, termasuk di dalamnya saluran transmisi yang bertindak sebagai pengumpan (*feed point*) untuk masing-masing elemen peradiasi yang disusun. Adapun bentuk antena yang direncanakan adalah sebagai berikut:

4.6.1 Perencanaan 2 Elemen Antena Mikrostrip *Circular Array*

Untuk dimensi elemen peradiasi seperti pada subbab 4.5 diatas, radius elemen peradiasi adalah 33,758 mm untuk elemen peradiasi frekuensi 1227 MHz. Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi dapat digunakan persamaan (2.35) di bawah ini :

$$W_T = \frac{k}{Z_T} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Pada perencanaan antena mikrostrip ini nilai impedansi pada setiap saluran direncanakan sebesar 100 Ω , untuk mendapatkan impedansi total 50 Ω . Dengan nilai $h = 1.6$ mm dan $\epsilon_r = 4.5$ maka diperoleh nilai W_T (lebar saluran transmisi) untuk nilai impedansi masing-masing elemen. Karena elemen ke-1, dan elemen ke-2, adalah identik (dengan frekuensi yang sama) maka nilai W_T baik untuk elemen ke-1, dan elemen ke-2 adalah sebesar

Dengan nilai $h = 1.6$ mm dan $\epsilon_r = 4.5$ maka diperoleh nilai W_T (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi

Nilai $Z_1 = 100 \Omega$:

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{120\pi}{100} \times \frac{1.6}{\sqrt{4.5}} \text{ (mm)} \\ &= 2,842 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk panjang saluran transmisi dihitung dengan persamaan:

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (m)}$$

Dengan $\lambda_d = 0,1131$ m untuk frekuensi 1227 MHz, maka panjang saluran transmisi adalah

$$L_t = \frac{1}{4} \cdot 0,1131 = 0,0282 \text{ m} = 28,2 \text{ mm}$$

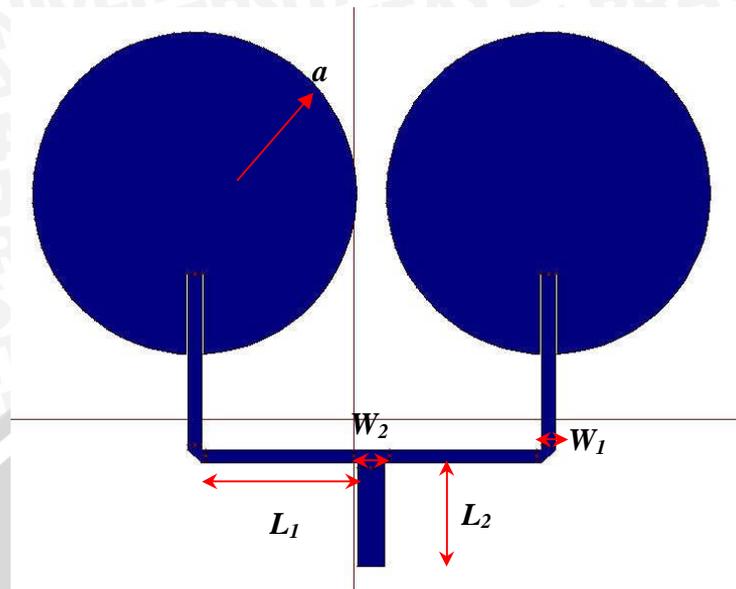
Pada antena mikrostrip, agar diperoleh distribusi arus yang maksimal, maka jarak antara elemen dengan titik catu harus kelipatan ganjil dari $\frac{1}{4} \lambda_d$ (kelipatan ganjil dari nilai L_t yang diperoleh). Oleh karena itu titik catu diletakkan pada ujung perpanjangan *T-junction* agar diperoleh posisi $3 \times \frac{1}{4} \lambda_d$ (kelipatan ganjil). Lebar saluran perpanjangan dari *T-junction* ini tentunya mempunyai nilai yang berbeda karena impedansi pada titik catu adalah jumlah impedansi total dari masing-masing elemen yang disusun parallel. Lebar saluran ini sebesar:

Dengan nilai $h = 1.6$ mm dan $\epsilon_r = 4.5$ maka diperoleh nilai W_T (lebar saluran transmisi) untuk tiap-tiap nilai impedansi

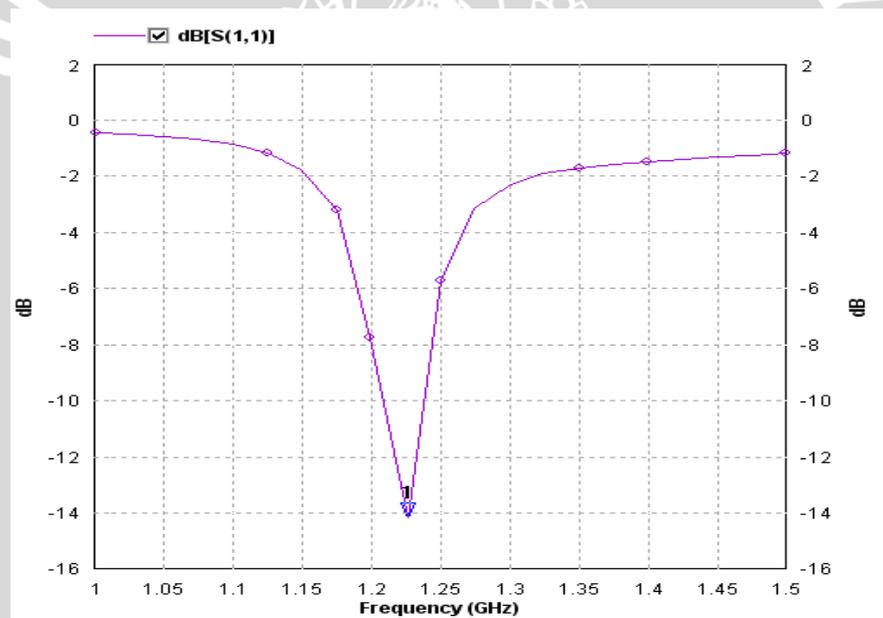
Nilai $Z_2 = 50 \Omega$, $L_2 = 28,2$ mm

$$\begin{aligned} W_2 &= \frac{120\pi}{50} \times \frac{1.6}{\sqrt{4,5}} \text{ (mm)} \\ &= 5,684 \text{ mm} \end{aligned}$$





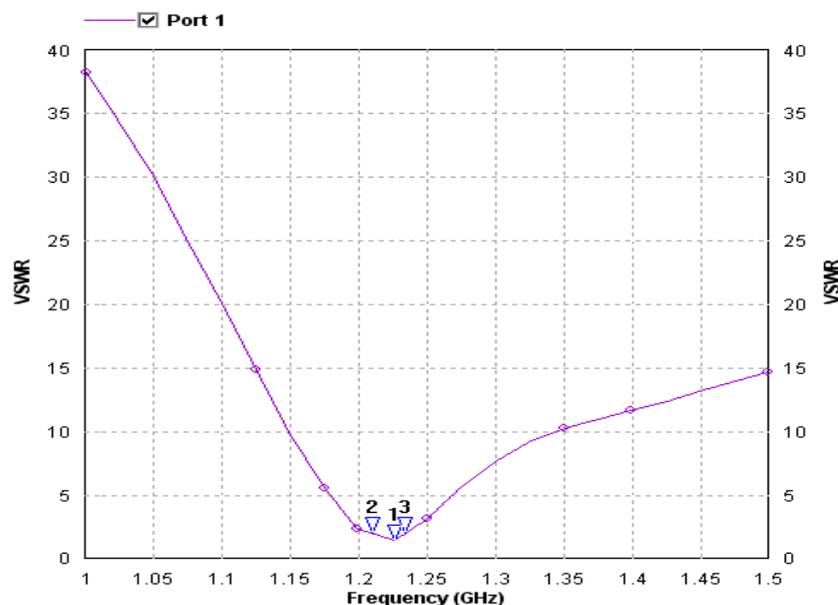
Gambar 4.5 Elemen peradiasi



Grafik 4.6 Hasil simulasi optimasi *Return Loss* terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

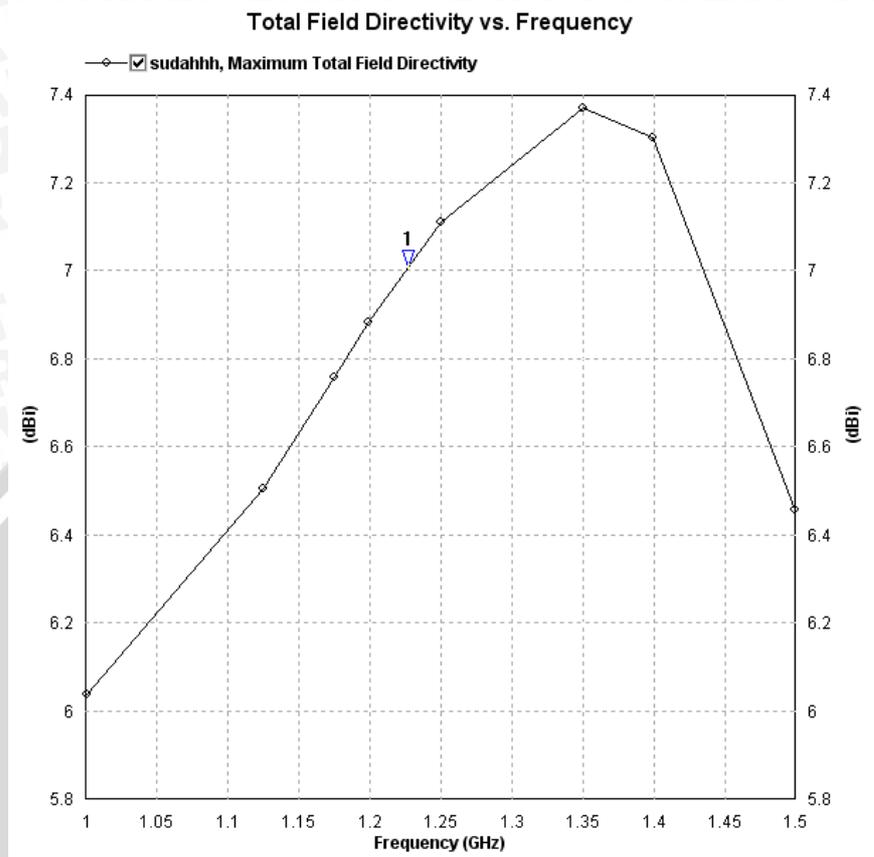
Dari hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1227 MHz, dengan nilai S_{11} untuk frekuensi 1227 MHz sebesar -14,1821dB.



Grafik 4.7 Grafik VSWR terhadap frekuensi

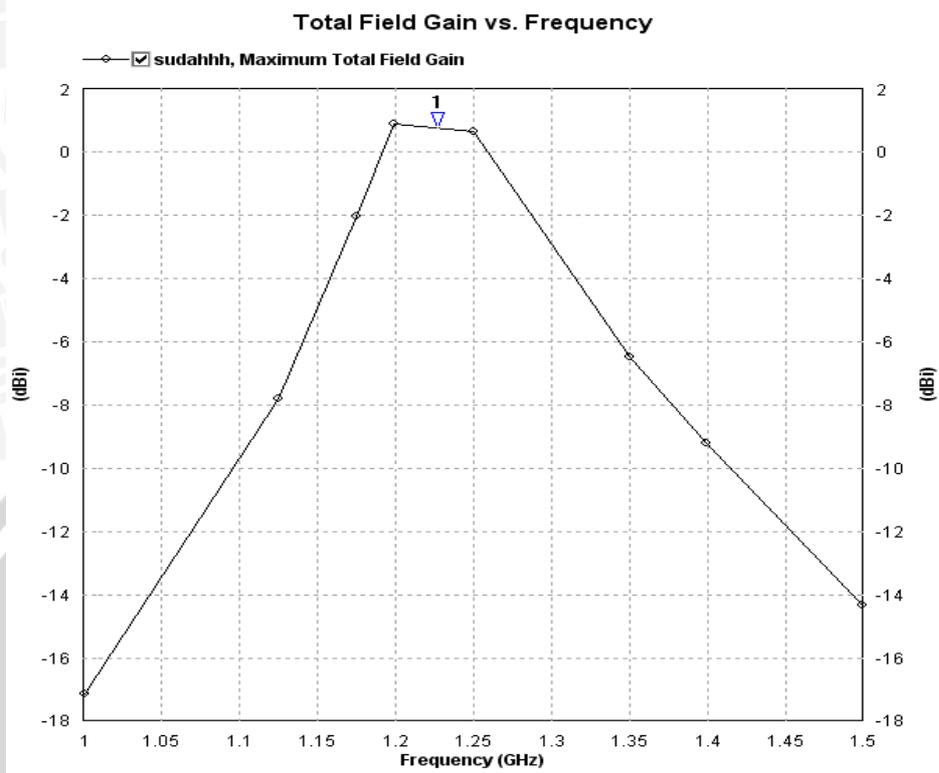
Sumber : Simulasi

Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1227 MHz. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi kerja 1227 MHz, nilai $VSWR < 2$ dimulai dari 1211 MHz sampai 1234 MHz, sehingga nilai *bandwidth*-nya adalah $(1234-1211)MHz = 23 MHz$. Nilai *bandwidth* yang didapatkan cenderung mengalami kenaikan dibandingkan dengan yang hanya menggunakan satu elemen peradiasi

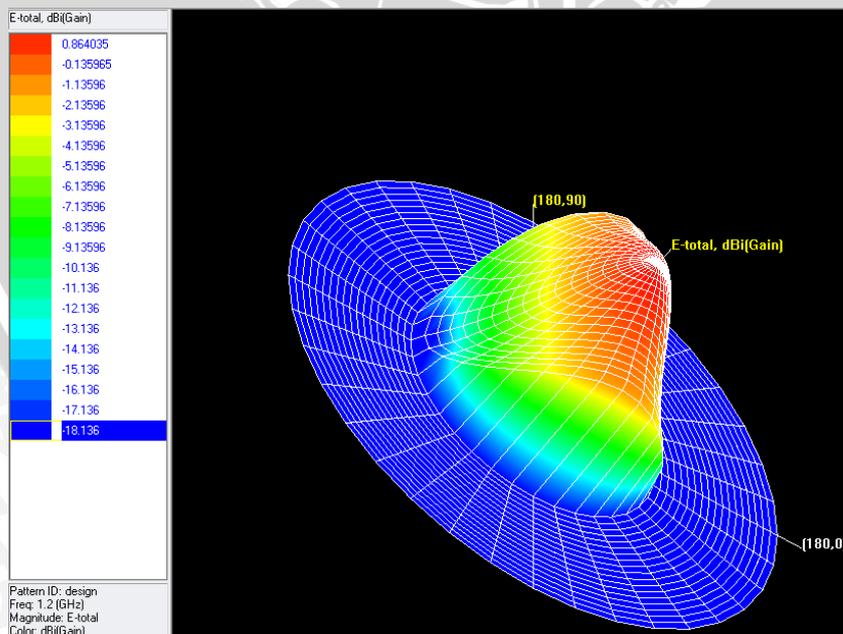


Grafik 4.8 Grafik Directivity terhadap frekuensi

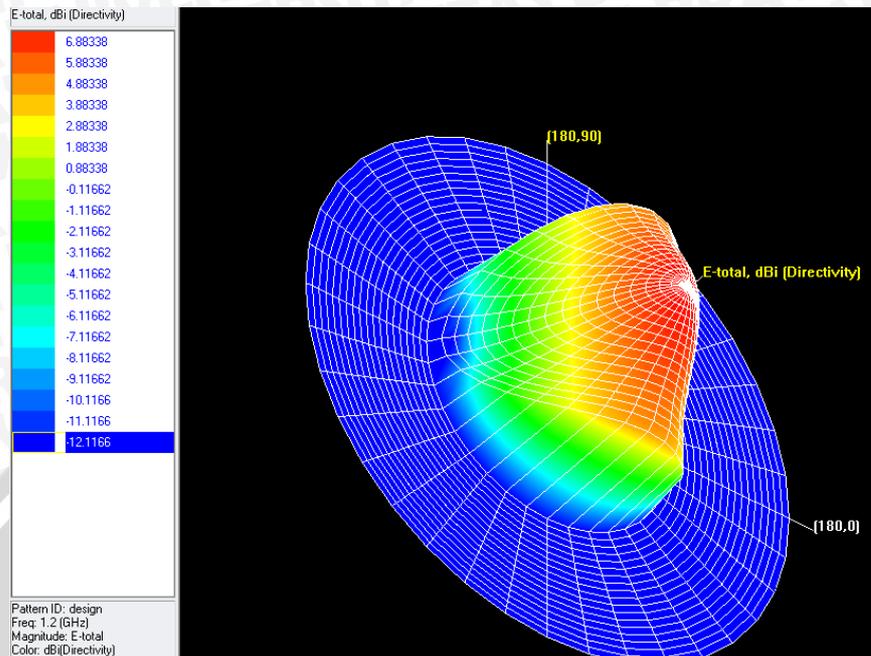
Sumber : Simulasi



Grafik 4.9 Grafik Gain terhadap frekuensi
 Sumber : Simulasi



Gambar 4.6 Gain Pattern 3D pada frekuensi 1227 MHz
 Sumber : Simulasi

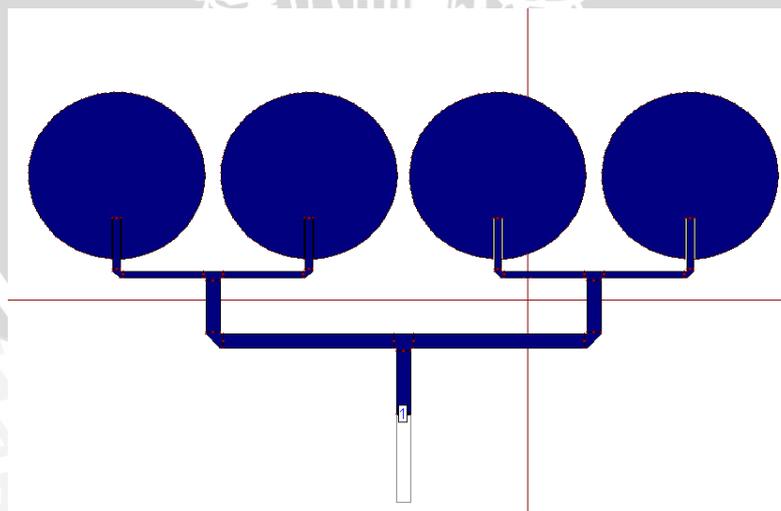


Gambar 4.7 Directivity Pattern 3D pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi

4.6.2 Perencanaan 4 Elemen Antena Mikrostrip *Circular Array*

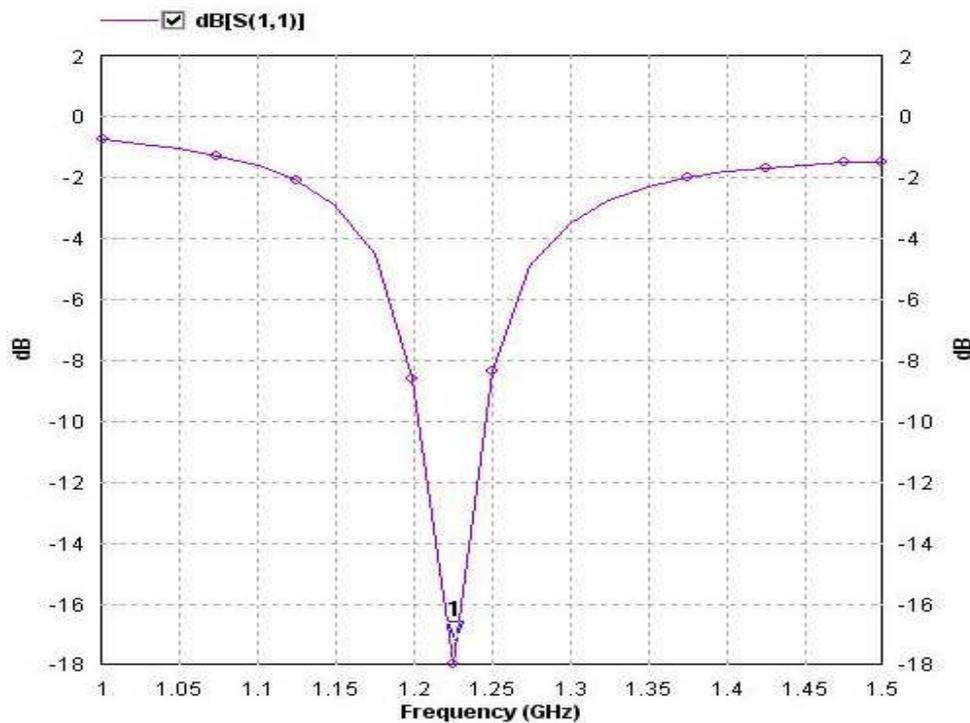
Dari hasil perhitungan dan bentuk diatas, selanjutnya kita buat antena dengan susunan seperti yang sudah direncanakan dengan menggunakan program IE3D, lalu kita simulasikan. Hasil simulasi dari antena *circular array* yang elemennya sudah dioptimasi ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Elemen peradiasi

Dari simulasi didapatkan *return loss* untuk antenna mikrostrip *circular array* ini adalah sebesar

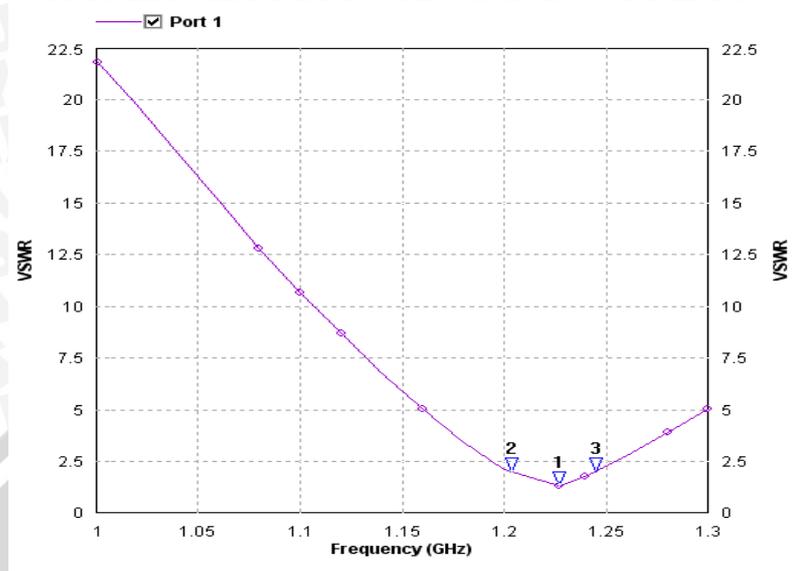
-17,19 dB pada frekuensi 1227 MHz. Hal ini telah sesuai dengan perencanaan dimana nilai *return loss* yang diinginkan adalah sebesar < -10 dB. Grafik nilai *return loss* hasil simulasi ditunjukkan oleh Grafik 4.10.



Grafik 4.10 Grafik S_{11} terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

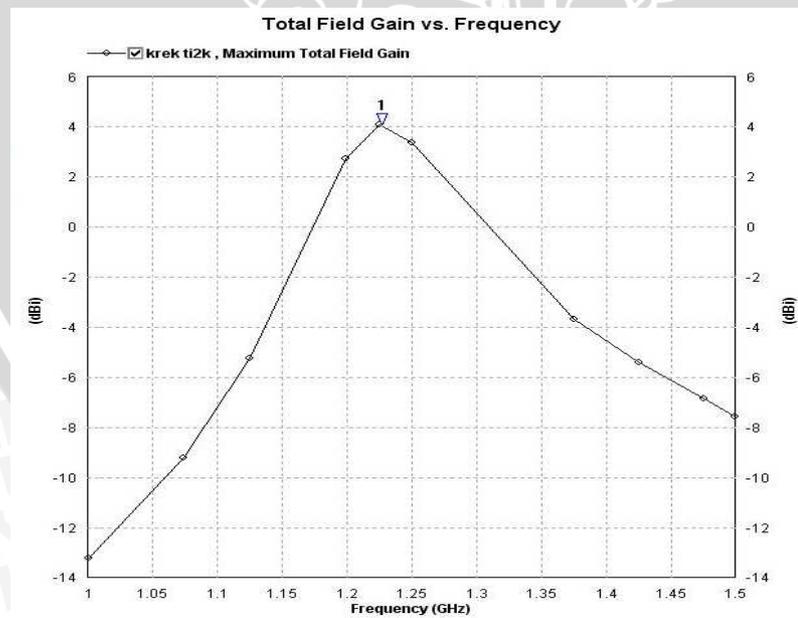
Untuk antenna mikrostrip *rectangular array* ini, berdasarkan simulasi didapatkan nilai VSWR sebesar 1,364 pada frekuensi 1227 MHz. Nilai ini telah sesuai dengan teori yang mensyaratkan bahwa antenna akan dapat bekerja dengan baik bila mempunyai nilai VSWR pada rentang $1 \leq \text{VSWR} < 2$. Grafik nilai VSWR antenna mikrostrip *rectangular array* hasil simulasi ditunjukkan oleh Grafik 4.11.



Grafik 4.11 Grafik VSWR terhadap frekuensi

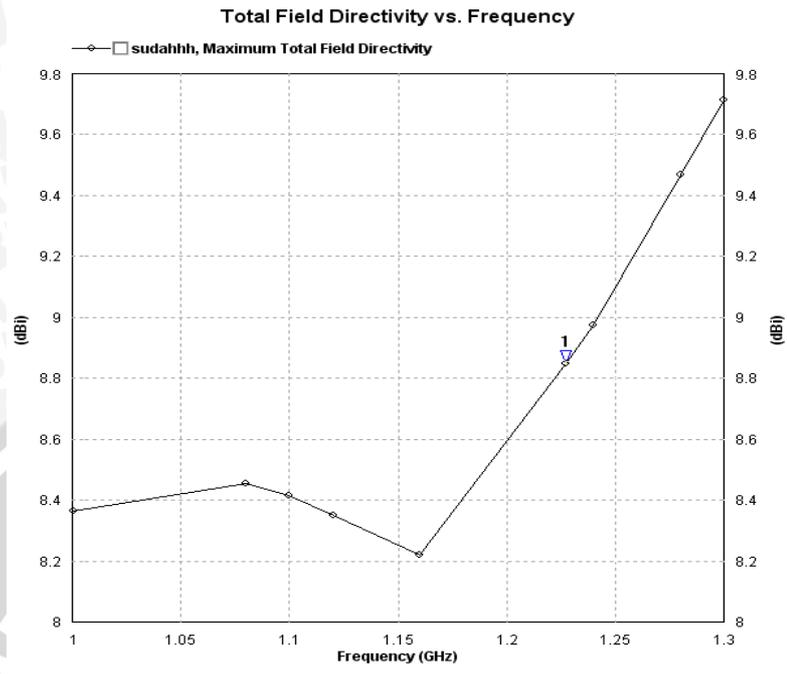
Sumber : Simulasi

Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1227 MHz. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$. Pada frekuensi kerja 1227 MHz, nilai $VSWR < 2$ dimulai dari 1204MHz sampai 1245 MHz, sehingga nilai *bandwidth*nya adalah $(1245-1204)MHz = 41 MHz$.



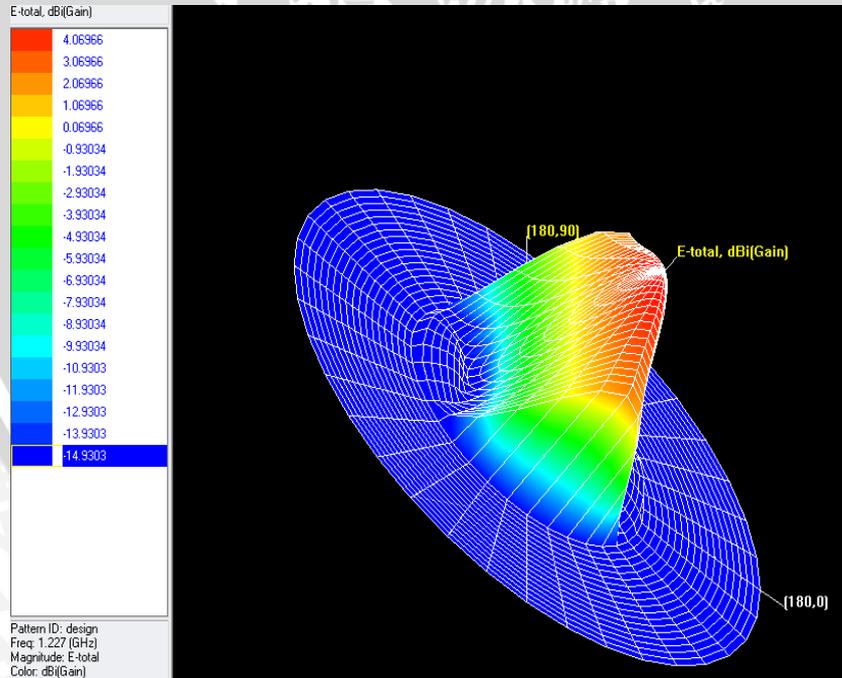
Grafik 4.12 Grafik Gain terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



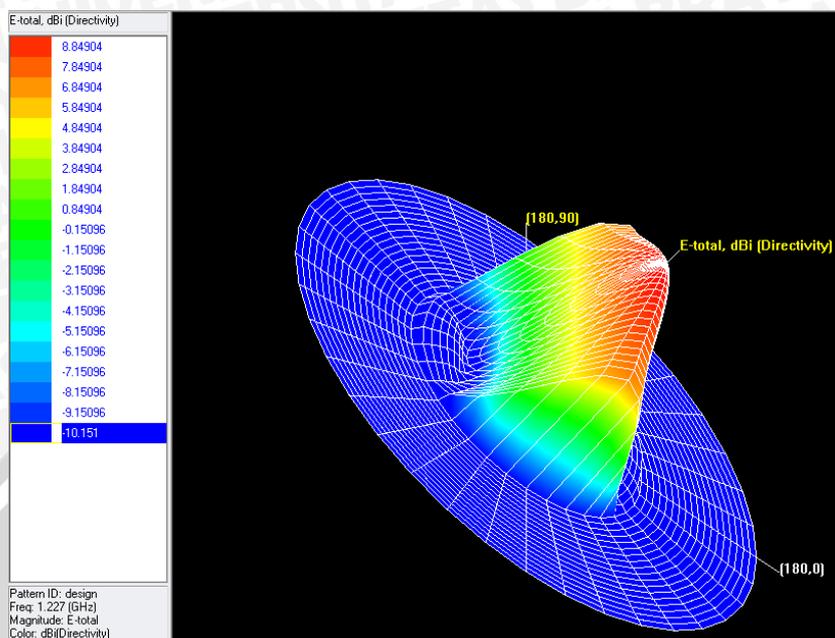
Grafik 4.13 Grafik *Directivity* terhadap Frekuensi

Sumber : Simulasi



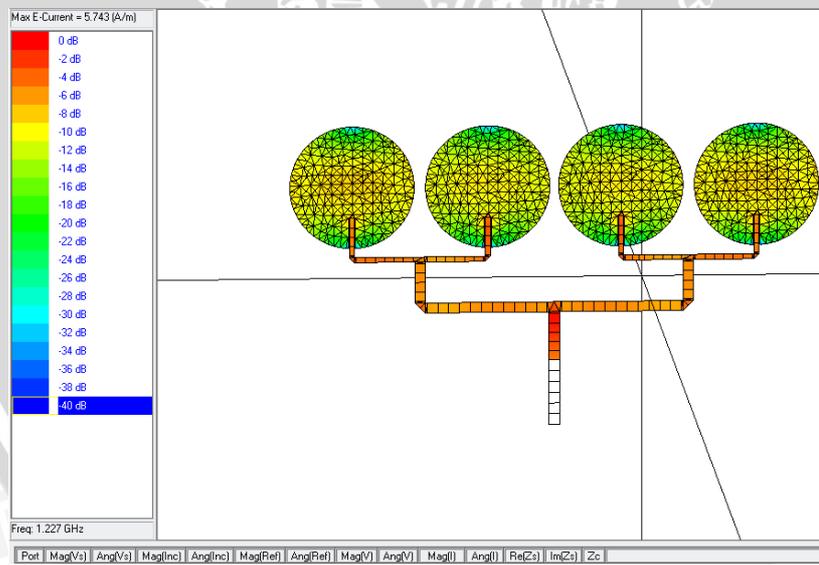
Gambar 4.9 Gain Pattern 3D pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi



Gambar 4.10 Directivity Pattern 3D pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi



Gambar 4.11 Distribusi arus pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi

4.6.3 Optimasi elemen peradiasi antena mikrostrip

Optimasi dilakukan agar antena dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan yaitu bekerja pada frekuensi 1227 MHz

Untuk melakukan optimasi dapat dilakukan dengan merubah dimensi elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang paling optimal. Dalam tugas akhir ini selain secara manual dengan mengubah dimensi elemen peradiasi juga menggunakan simulator Ie3d yang menyediakan perhitungan untuk optimasi elemen peradiasi antena mikrostrip, optimasi dilakukan pada saluran *transmisi*. Dari hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 1227 MHz, dengan nilai S_{11} -17,19 dB dan nilai gain 4 dBi

Berikut adalah hasil simulasi antena pada frekuensi 1227 Mhz :

No	Jumlah Elemen	S(1,1) (dB)	VSWR min	Gain (dBi)	directivity (dB)	Bandwidth (Mhz)
1	1	-12,78	1,42	-1,7	6,1	15
2	2	-14,18	1,47	0,7	7	23
3	4	-17,19	1,36	4	8,8	41

Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Jumlah Elemen Peradiasi Terhadap Parameter Antena



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR ARRAY*

5.1 Pendahuluan

Untuk mengetahui karakteristik antena mikrostrip *circular array* dual frekuensi 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.
- Perhitungan Koefisien Pantul
- Perhitungan *Directivity*
- Perhitungan *Bandwidth*

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium *Microwave* Institut Teknologi Telkom Bandung.

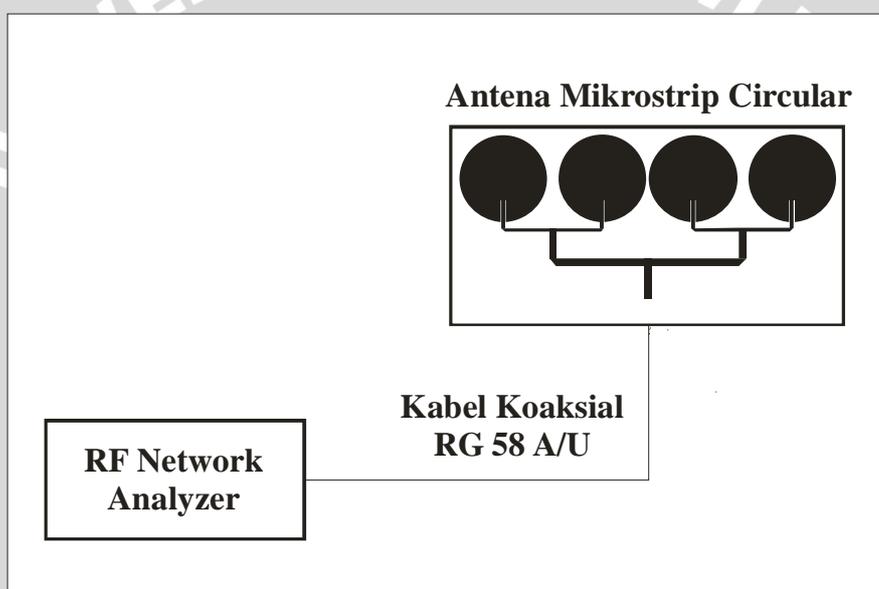
5.2 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR* Antena Mikrostrip *Circular Array* 4 elemen

5.2.1 Alat-alat yang digunakan

- *RF Network Analyzer* Agilent 8714ES 300 kHz – 3000 MHz.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Array*).
- Kabel koaksial RG-58A/U.
- Konektor N *Female* 2 buah.

5.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *RF Network Analyzer* dan tunggu ± 5 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Menghubungkan kabel koaksial RG-58A/U dengan alat ukur *RF Network Analyzer*.
3. Mengkalibrasi alat ukur *Spectrum Analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-58A/U.
4. Menghubungkan ujung lain kabel koaksial RG-58A/U dengan antenna uji (antenna mikrostrip) sehingga terbentuk rangkaian seperti pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengujian

5. Mengatur alat ukur *RF Network Analyzer* pada range frekuensi 1000 MHz – 3000 MHz.
6. Mencatat nilai *Return Loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *RF Network Analyzer* pada frekuensi 1227 MHz.
7. Dengan persamaan 2-20, diperoleh besarnya nilai *VSWR* dan koefisien pantul untuk setiap frekuensi yang diukur.

5.2.3 Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran *return loss* pada *network analyzer*, selanjutnya dapat dibuat tabel nilai *return loss* untuk antenna Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan. Nilai *return loss* dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil pengukuran *return loss* antenna uji pada tiap masing-masing elemen

No.	Frekuensi (MHz)	Return Loss (RL)		
		1 Elemen	2 Elemen	4 Elemen
1.	1200	-8.949	-8.028	-13,603
2.	1227	-15.309	-13.683	-14,143
3.	1254	-7.649	-16.085	-12,508
4.	1281	-4.365	-13.668	-16,821
5.	1308	-3.144	-11.803	-26,782
6.	1335	-2.576	-8.244	-18,636
7.	1362	-2.221	-5.476	-16,373
8.	1389	-1.9	-4.145	-14,751
9.	1416	-1.587	-4.133	-13,165
10.	1443	-1.392	-4.763	-11,152
11.	1470	-1.303	-5.42	-8,695
12.	1497	-1.256	-5.519	-6,005
13.	1524	-1.391	-4.995	-3,622
14.	1551	-1.561	-4.051	-3,307
15.	1578	-1.644	-3.327	-4,129

Sumber : Pengukuran

Setelah didapatkan data tersebut, selanjutnya dapat dibuat grafik fungsi *return loss* terhadap frekuensi yang ditunjukkan oleh Grafik 5.1.



Grafik 5.1 Fungsi *return loss* terhadap frekuensi
Sumber : Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketahui antenna mikrostrip circular ini memiliki nilai *Return Loss* yang berbeda-beda pada setiap perubahan elemennya. Pada frekuensi kerja 1,2 Ghz dengan 4 elemen, antenna memiliki nilai *Return Loss* sebesar -14,143 dB. Pada 1 elemen nilai *Return Loss* mempunyai nilai sebesar -15,309 dB, dan 2 elemen mempunyai nilai sebesar -13,683 dB. Hal ini berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas yang diijinkan yakni < -10 dB

Dari hasil pengukuran return loss, dapat dihitung nilai koefisien pantul dan VSWR antenna. Perhitungan nilai VSWR dengan persamaan 2.4 adalah sebagai berikut :

$$f_r = 1227 \text{ MHz}$$

$$RL = - 14,143 \text{ dB}$$

$$RL = 20 \log \Gamma \text{ (dB) , } \Gamma = 0,196$$

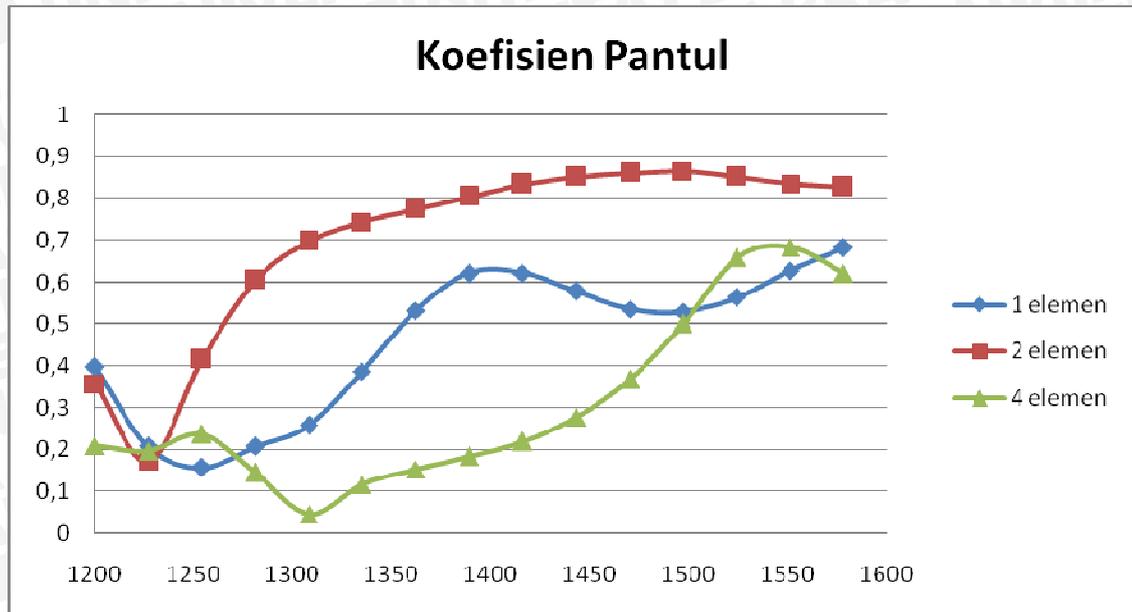
$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = \frac{1+0.196}{1-0.196} = 1.49$$

Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan VSWR antenna mikrostrip circular *array* dapat dilihat pada tabel 5.2 dan tabel 5.3.

No.	Frekuensi (MHz)	Return Loss (RL)			Koefisien Pantul		
		1 elemen	2 elemen	4 elemen	1 elemen	2 elemen	4 elemen
1	1200	-8.949	-8.028	-13,603	0.35690284	0.39682589	0.20885746
2	1227	-15.309	-13.683	-14,143	0.17161293	0.20694265	0.19626823
3	1254	-7.649	-16.085	-12,508	0.41452431	0.15694591	0.23691906
4	1281	-4.365	-13.668	-16,821	0.60499251	0.20730033	0.14419493
5	1308	-3.144	-11.803	-26,782	0.69630578	0.25695082	0.04580364
6	1335	-2.576	-8.244	-18,636	0.74336139	0.38707935	0.11700381
7	1362	-2.221	-5.476	-16,373	0.77437264	0.53235336	0.15182735
8	1389	-1.9	-4.145	-14,751	0.80352612	0.62051174	0.18299954
9	1416	-1.587	-4.133	-13,165	0.83300959	0.6213696	0.2196595
10	1443	-1.392	-4.763	-11,152	0.85192233	0.57789641	0.27694913
11	1470	-1.303	-5.42	-8,695	0.86069643	0.53579666	0.36749379
12	1497	-1.256	-5.519	-6,005	0.86536634	0.52972443	0.50089881
13	1524	-1.391	-4.995	-3,622	0.85202041	0.56266513	0.65902213
14	1551	-1.561	-4.051	-3,307	0.83550682	0.62726348	0.6833607
15	1578	-1.644	-3.327	-4,129	0.82756097	0.68178902	0.62165581

Tabel 5.2 Hasil pengukuran *Return Loss*, perhitungan koefisien pantul Antena Mikrostrip Circular Array

Selanjutnya dari data hasil pengukuran koefisien pantul dapat dibuat grafik fungsi koefisien pantul terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Grafik 5.2.



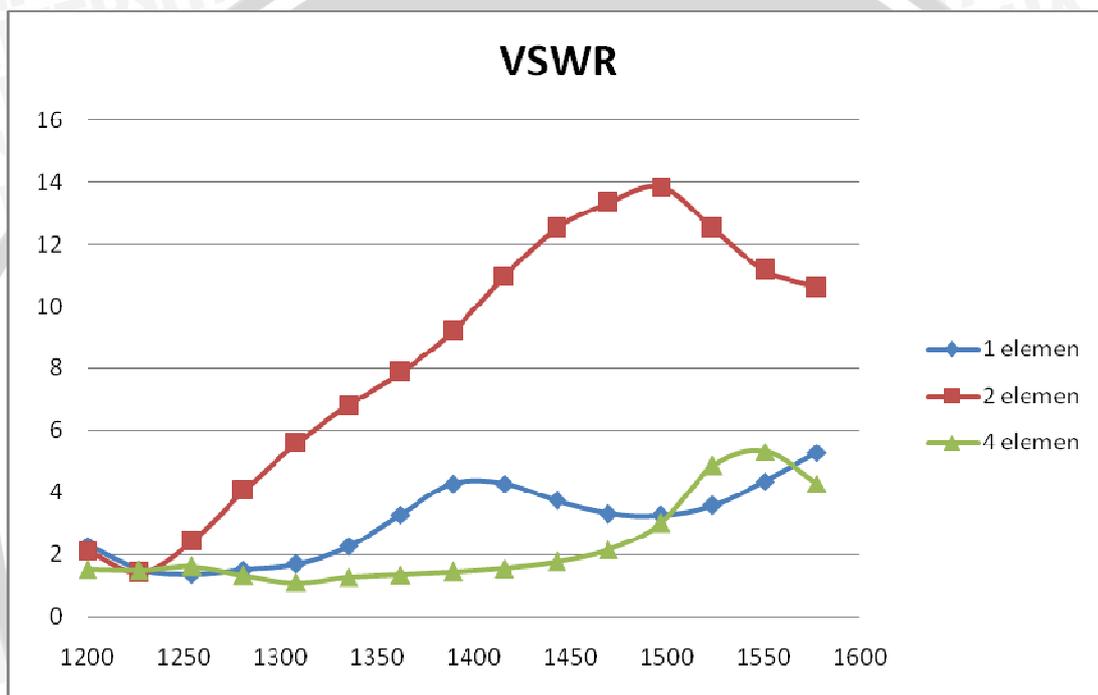
Grafik 5.2 Fungsi koefisien pantul terhadap frekuensi
 Sumber : Pengukuran

No.	Frekuensi (MHz)	Return Loss (RL)			VSWR		
		1 elemen	2 elemen	4 elemen	1 elemen	2 elemen	4 elemen
1	1200	-8.949	-8.028	-13,603	2.109949965	2.31579219	1.527989469
2	1227	-15.309	-13.683	-14,143	1.414330289	1.521885703	1.488392357
3	1254	-7.649	-16.085	-12,508	2.416025665	1.372327021	1.620953943
4	1281	-4.365	-13.668	-16,821	4.063195167	1.523023641	1.336980789
5	1308	-3.144	-11.803	-26,782	5.585571492	1.691611862	1.096004644
6	1335	-2.576	-8.244	-18,636	6.793059654	2.263065115	1.265015433
7	1362	-2.221	-5.476	-16,373	7.864173199	3.276733396	1.358010471
8	1389	-1.9	-4.145	-14,751	9.17947028	4.270255211	1.44797904
9	1416	-1.587	-4.133	-13,165	10.9767355	4.282196003	1.562983739
10	1443	-1.392	-4.763	-11,152	12.50642505	3.738173446	1.766057098
11	1470	-1.303	-5.42	-8,695	13.35713352	3.308456698	2.162024271
12	1497	-1.256	-5.519	-6,005	13.85512645	3.25282561	3.00720343
13	1524	-1.391	-4.995	-3,622	12.51537765	3.573154643	4.865483334
14	1551	-1.561	-4.051	-3,307	11.1585589	4.365720471	5.316335371
15	1578	-1.644	-3.327	-4,129	10.59830231	5.285138158	4.286191981

Tabel 5.3 Hasil pengukuran Return Loss, perhitungan VSWR Antena Mikrostrip Circular Array



Selanjutnya dari data hasil pengukuran VSWR dapat dibuat grafik fungsi VSWR terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Grafik 5.3. Hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan tiap-tiap elemen. Pada pengukuran tiap elemen antenna bekerja maksimum pada frekuensi 1227 Mhz. VSWR pada 1 elemen mempunyai nilai VSWR 1,52, pada 2 elemen nilai VSWR 1,41, dan pada 4 elemen mempunyai nilai VSWR 1,49

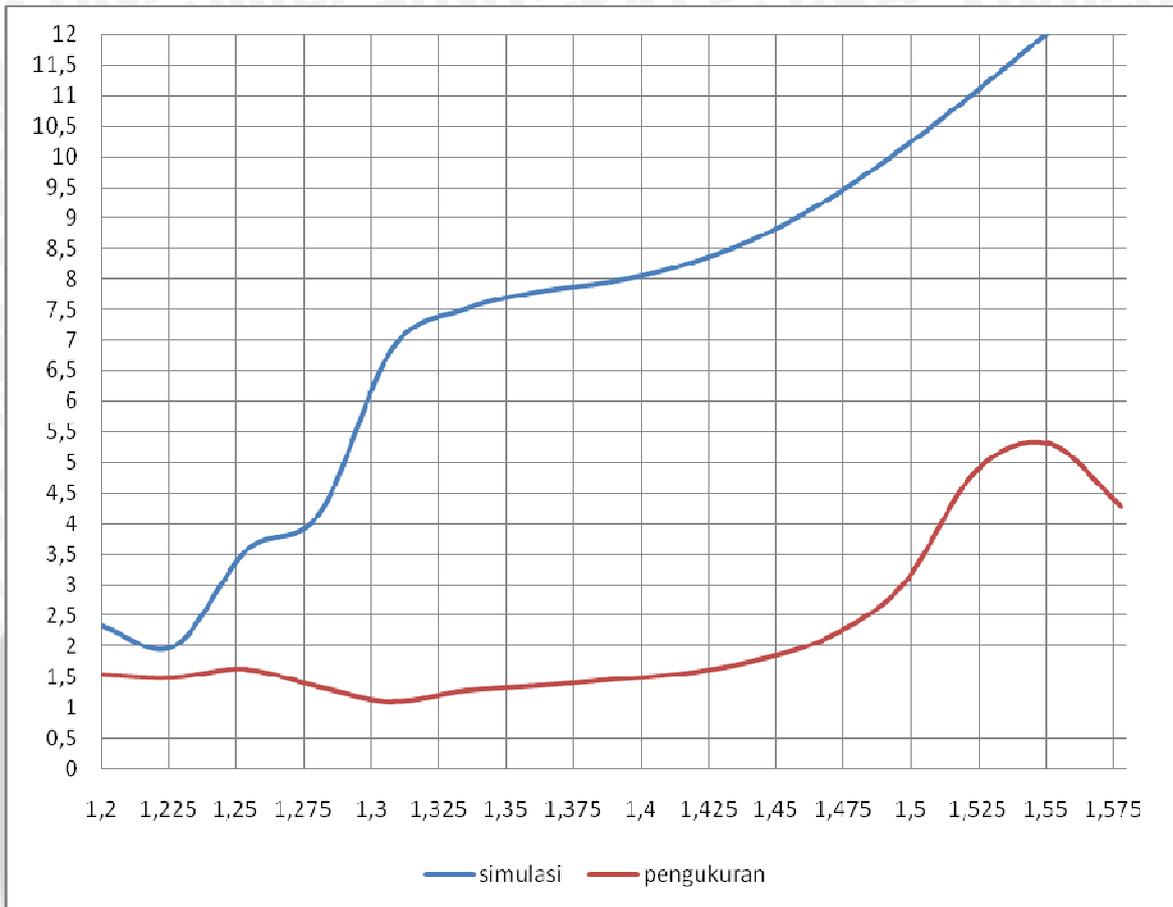


Grafik 5.3 Fungsi VSWR terhadap frekuensi
Sumber : Pengukuran

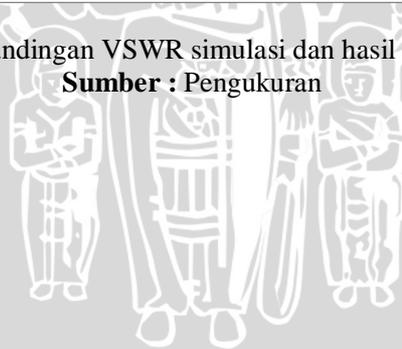
5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran

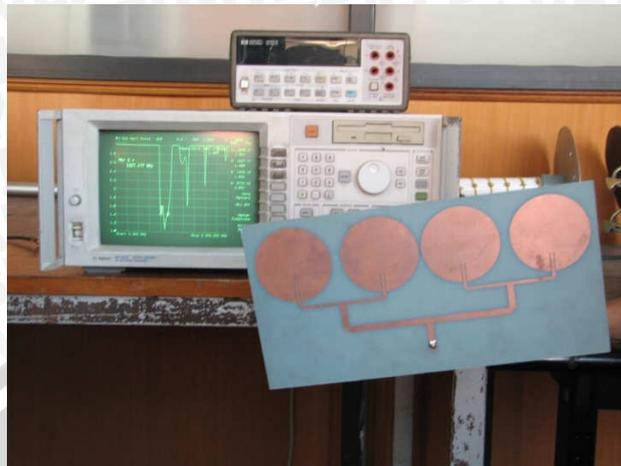
Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip *circular array* ini memiliki nilai *Return loss* maupun *VSWR* yang berbeda-beda. Pada frekuensi kerja 1227 MHz antenna memiliki nilai *Return Loss* sebesar $-14,143$ dB dan *VSWR* sebesar 1,49. Hal ini berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan dan masih dalam batas yang diijinkan yaitu $RL \leq -10$ dB dan $1 \leq VSWR \leq 2$.

Hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada simulasi, antenna bekerja maksimum pada frekuensi 1,227 GHz sedang pada hasil pengukuran antenna maksimum bekerja pada frekuensi 1,308 GHz.



Grafik 5.4 Perbandingan VSWR simulasi dan hasil pengukuran.
Sumber : Pengukuran





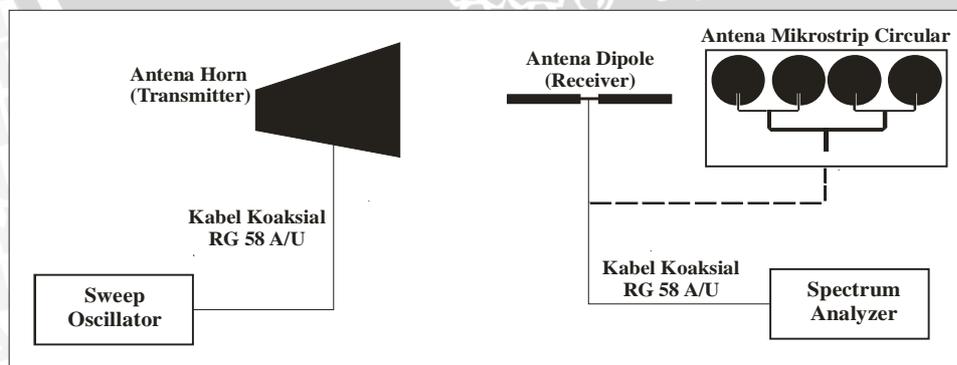
Gambar 5.2 Pengukuran *Return Loss*
 Sumber : Pengujian

5.3 Pengukuran *Gain* Antena

5.3.1 Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator 8350B 1 - 26.5 GHz Hewlett Packard.*
- *Spectrum Analyzer 30 Hz – 26.5 GHz Hewlett Packard.*
- Satu buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
- Satu buah antena *horn* sebagai *transmitter*
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female*
- Dua Buah Tiang penyangga

5.3.2 Prosedur Pengukuran



Gambar 5.3 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena
 (Sumber : Pengujian)

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 5.3

2. Antena *horn* dipasang sebagai antena pemancar dan antena dipole $\lambda/2$ dipasang sebagai antena referensi pada sisi penerima.
3. *Sweep Oscillator* diatur pada frekuensi 1227 MHz dan catat daya antena *dipole* $\lambda/2$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Antena *dipole* $\lambda/2$ pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena Mikrostrip circular array) hasil perancangan.
5. Mengulangi langkah 3 dengan masing-masing pengambilan data 10 kali kemudian catat daya yang diterima.

5.3.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran gain antena ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi (P_R), daya antena yang diuji (P_U), dan *gain* antena yang diuji (G_{AUT}).

Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil pengukuran level daya penerimaan

Pengukuran	Hasil pengukuran level daya penerimaan			
	Referensi (<i>Dipole Sleeve</i>)		Microstrip <i>Circular Array</i>	
	(-dBm)	dBm	(-dBm)	dBm
1.00	-37.50	-37.50	33.67	-33.67
2.00	37.17	-37.17	33.17	-33.17
3.00	37.33	-37.33	33.50	-33.50
4.00	37.67	-37.67	33.33	-33.33
5.00	36.83	-36.83	33.60	-33.60
6.00	36.50	-36.50	33.87	-33.87
7.00	37.00	-37.00	34.00	-34.00
8.00	37.50	-37.50	34.17	-34.17
9.00	38.67	-38.67	33.83	-33.83
10.00	38.50	-38.50	34.30	-34.30
Rata-rata		-37.42		-33.75

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

$$f_r = 1227 \text{ MHz}$$

$$P_R = -37,42 \text{ dBm}$$

$$P_U = -33,75 \text{ dBm}$$

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

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

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

$$G_{AUT}(dBi) = 2.15(dBi) - 33.75(dBm) - (-37.42)(dBm) = 5.28 dBi$$

Jadi nilai *gain* adalah 5,28 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 1227 MHz antenna memiliki nilai *gain* 5,28 dBi yang sesuai dengan perencanaan yaitu nilai *gain* > 3 dBi.

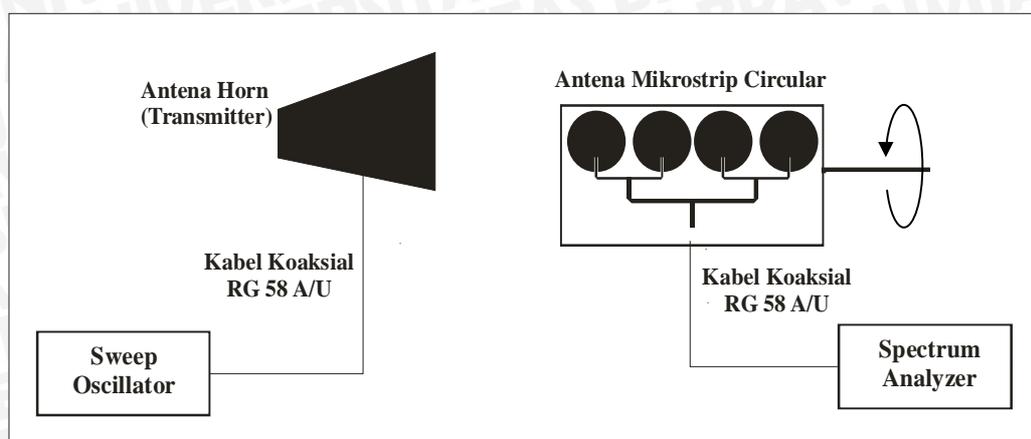
5.4. Pengukuran Polarisasi

5.4.1. Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator* 8350B 1 - 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer* 30 Hz – 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- 1 buah antenna horn sebagai transmitter
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female*
- 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 *Sweep Oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.4.



Gambar 5.4. Rangkaian Pengukuran *Polarisasi Antena*
Sumber : Pengujian

2. Memasang antena uji (*Antena Mikrostrip circular array*) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.4.
3. Memosisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 1227 MHz.
4. Memutar antena pemancar (*antena dipole sleeve $\lambda/2$*) pada sumbu horizontal antena, 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 antena uji (*Antena Mikrostrip circular array*) 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 1227 MHz terlihat dalam Tabel 5.4.

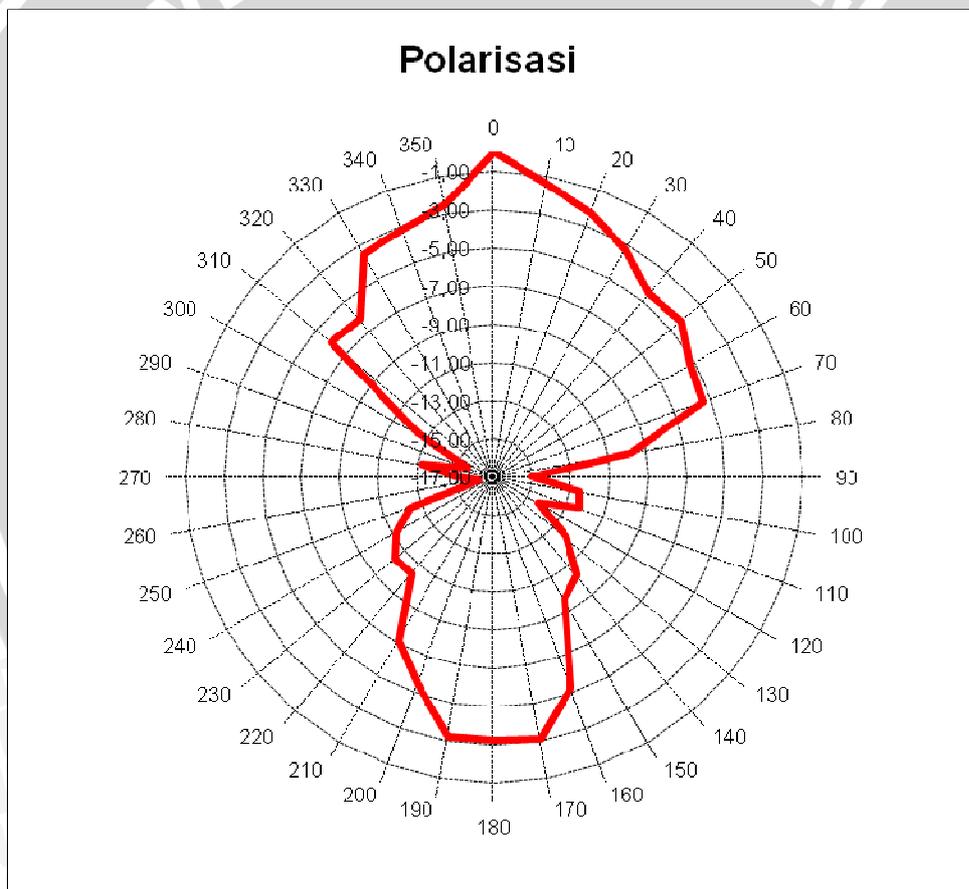
Tabel 5.5. Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 1227 MHz

Sudut	Level terima (dBm)		Rata-Rata	Normalisasi
	Pengukuran 1	Pengukuran 2		
0	-32.17	-32.00	-32.08	0.00
10	-33.50	-33.47	-33.48	-1.40
20	-34.67	-34.17	-34.41	-2.33
30	-35.83	-35.00	-35.40	-3.31
40	-36.47	-36.67	-36.57	-4.48
50	-36.33	-36.50	-36.41	-4.33
60	-37.50	-37.17	-37.33	-5.25
70	-37.33	-37.83	-37.57	-5.49
80	-41.17	-42.67	-41.86	-9.77
90	-47.00	-47.17	-47.08	-15.00
100	-44.67	-44.50	-44.58	-12.50
110	-44.18	-44.49	-44.33	-12.25
120	-46.67	-46.17	-46.41	-14.33
130	-44.18	-44.33	-44.25	-12.17
140	-42.50	-42.33	-42.41	-10.33
150	-41.67	-41.83	-41.75	-9.67
160	-37.17	-37.50	-37.33	-5.25
170	-35.00	-35.37	-35.18	-3.10
180	-35.17	-35.50	-35.33	-3.25
190	-35.17	-35.47	-35.32	-3.23
200	-37.67	-37.50	-37.58	-5.50
210	-39.17	-39.30	-39.23	-7.15
220	-42.67	-42.33	-42.50	-10.41
230	-42.50	-42.33	-42.41	-10.33
240	-43.53	-43.00	-43.26	-11.17
250	-44.67	-44.33	-44.50	-12.41
260	-48.30	-48.33	-48.31	-16.23
270	-47.17	-47.00	-47.08	-15.00
280	-45.33	-45.17	-45.25	-13.17
290	-47.83	-47.50	-47.66	-15.58
300	-44.33	-44.67	-44.50	-12.41
310	-38.17	-38.00	-38.08	-6.00
320	-38.18	-38.33	-38.25	-6.17
330	-35.67	-35.50	-35.58	-3.50
340	-35.17	-35.33	-35.25	-3.17
350	-34.67	-34.50	-34.58	-2.50

Sumber : Hasil Pengujian

5.4.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi dalam Tabel 5.5, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji (antenna mikrostrip *circular array*) tersebut. Bentuk polarisasi antenna yang diuji pada frekuensi 1227 MHz dapat dilihat dalam gambar 5.5. Berdasarkan gambar 5.5 antenna ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi *linier*.



Gambar 5.5. Bentuk *Polarisasi* Antena Mikrostrip *Circular Array* pada frekuensi 1227 MHz
Sumber : Hasil Pengujian

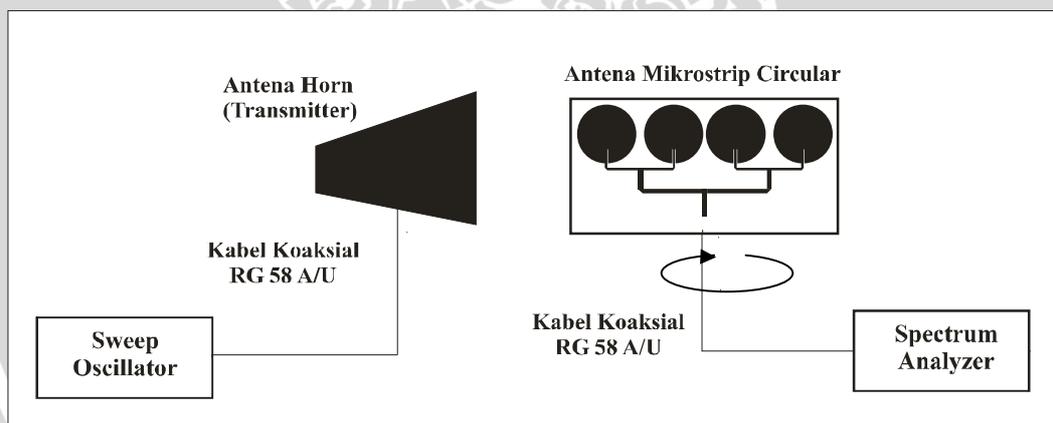
5.5. Pengujian Pola Radiasi

5.5.1. Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator* 8350B 1 - 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer* 30 Hz – 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- 1 buah antena horn sebagai transmitter
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Circular Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female*
- 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 *Sweep Oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.6.



Gambar 5.6. Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena
Sumber : Pengujian

2. Memasang antena uji (antena mikrostrip *circular array*) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada gambar 5.6.
3. Mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 1575 MHz.
4. Memutar antena uji (antena mikrostrip *circular array*) 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 antenna pemancar dan antenna uji (antenna mikrostrip *circular array*) 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 (antenna mikrostrip *circular array*). Pola radiasi yang diperoleh yaitu Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal. Data hasil pengukuran Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal pada frekuensi 1227 MHz terlihat dalam Tabel 5.5 dan Tabel 5.6

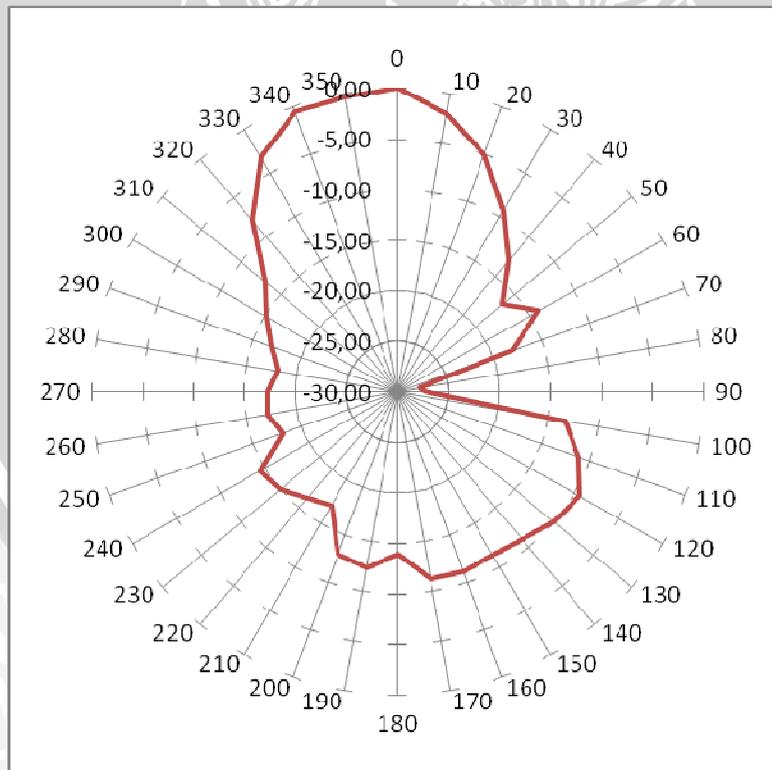
Tabel 5.6 Hasil pengukuran pola radiasi bidang horizontal Antenna Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan.

Sudut	Level terima (dBm)		Rata-rata	Normalisasi
	Pengukuran 1	Pengukuran 2		
0	-32.17	-32.33	-32.25	0.00
10	-34.17	-34.67	-34.41	-2.16
20	-37.17	-37.50	-37.33	-5.08
30	-41.67	-41.50	-41.58	-9.33
40	-45.17	-45.33	-45.25	-13.00
50	-48.50	-49.17	-48.82	-16.57
60	-46.17	-46.33	-46.25	-14.00
70	-50.17	-50.33	-50.25	-18.00
80	-59.17	-61.30	-60.11	-27.86
90	-59.50	-59.67	-59.58	-27.33
100	-45.50	-45.67	-45.58	-13.33
110	-43.67	-43.00	-43.32	-11.07
120	-41.50	-41.67	-41.58	-9.33
130	-42.17	-42.50	-42.33	-10.08
140	-42.67	-43.80	-43.20	-10.95
150	-43.50	-43.67	-43.58	-11.33
160	-43.50	-43.17	-43.33	-11.08
170	-43.60	-43.33	-43.46	-11.21
180	-46.17	-46.33	-46.25	-14.00
190	-44.67	-44.50	-44.58	-12.33
200	-45.17	-45.30	-45.23	-12.99
210	-49.17	-49.33	-49.25	-17.00

220	-48.67	-48.50	-48.58	-16.33
230	-47.17	-47.33	-47.25	-15.00
240	-46.50	-46.83	-46.66	-14.41
250	-50.33	-50.17	-50.25	-18.00
260	-49.17	-49.50	-49.33	-17.08
270	-49.67	-49.33	-49.50	-17.25
280	-50.17	-50.33	-50.25	-18.00
290	-49.17	-49.00	-49.08	-16.83
300	-47.50	-47.17	-47.33	-15.08
310	-45.33	-45.17	-45.25	-13.00
320	-40.00	-40.17	-40.08	-7.83
330	-35.50	-35.33	-35.41	-3.16
340	-32.83	-32.67	-32.75	-0.50
350	-32.55	-32.80	-32.67	-0.42

Sumber : Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.6, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana tampak dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Bentuk pola radiasi bidang horizontal antenna Mikrostrip *circular array*

Sumber : Pengukuran



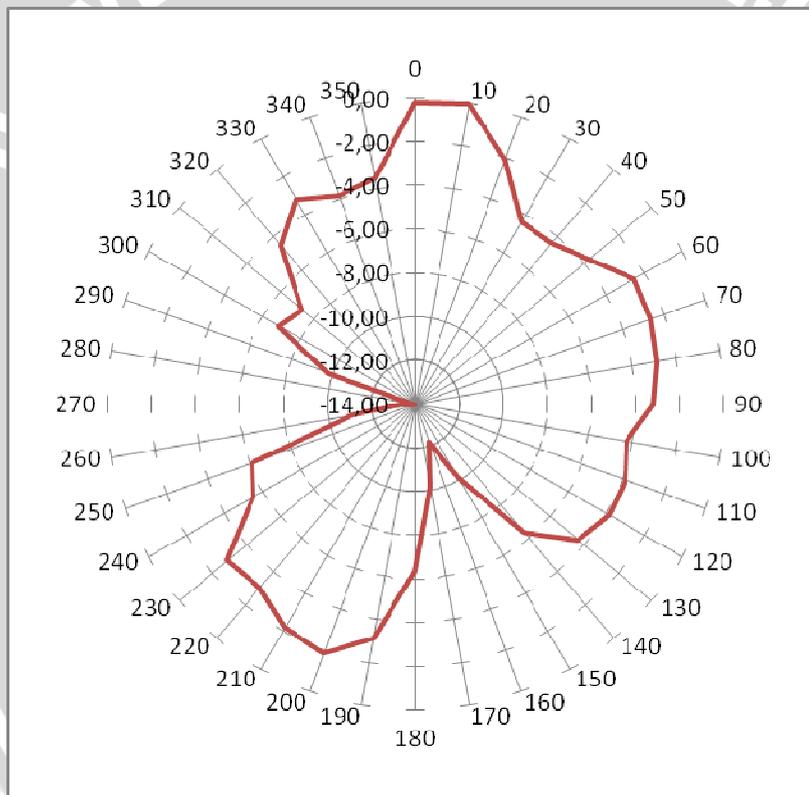
Tabel 5.7 Hasil pengukuran pola radiasi bidang vertikal antena Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan.

Sudut	Level Terima (dBm)		Rata-rata	Normalisasi
	Pengukuran 1	Pengukuran 2		
0	-35.67	-35.17	-35.41	-0.16
10	-35.17	-35.33	-35.25	0.00
20	-37.17	-37.50	-37.33	-2.08
30	-39.50	-39.67	-39.58	-4.33
40	-39.50	-39.67	-39.58	-4.33
50	-38.83	-39.00	-38.91	-3.66
60	-37.83	-37.67	-37.75	-2.50
70	-37.50	-38.17	-37.82	-2.57
80	-38.00	-38.17	-38.08	-2.83
90	-38.50	-38.33	-38.41	-3.16
100	-39.17	-39.80	-39.47	-4.22
110	-39.00	-39.17	-39.08	-3.83
120	-39.00	-39.17	-39.08	-3.83
130	-39.50	-39.67	-39.58	-4.33
140	-41.50	-41.67	-41.58	-6.33
150	-45.00	-45.67	-45.32	-10.07
160	-47.50	-47.33	-47.41	-12.16
170	-45.17	-45.67	-45.41	-10.16
180	-41.50	-41.67	-41.58	-6.33
190	-38.50	-38.17	-38.33	-3.08
200	-37.00	-37.17	-37.08	-1.83
210	-37.33	-37.50	-37.41	-2.16
220	-38.33	-38.17	-38.25	-3.00
230	-38.17	-38.00	-38.08	-2.83
240	-40.83	-40.67	-40.75	-5.50
250	-41.17	-41.50	-41.33	-6.08
260	-46.50	-46.33	-46.41	-11.16
270	-48.50	-48.67	-48.58	-13.33

280	-49.17	-49.33	-49.25	-14.00
290	-45.00	-45.17	-45.08	-9.83
300	-40.00	-46.17	-42.07	-6.82
310	-42.50	-42.67	-42.58	-7.33
320	-39.67	-39.83	-39.75	-4.50
330	-38.50	-38.33	-38.41	-3.16
340	-39.00	-39.17	-39.08	-3.83
350	-38.67	-38.83	-38.75	-3.50

Sumber : Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.7, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana tampak dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Bentuk pola radiasi bidang vertikal Antena Mikrostrip *circular array*
 Sumber : Pengukuran

5.5.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.6 dan Tabel 5.7, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana tampak dalam Gambar 5.7 dan Gambar 5.8. Berdasarkan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8, dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil pembuatan (Antena Mikrostrip *circular array*) adalah *unidirectional*.

5.6 Perhitungan *Bandwidth* Antena

5.6.1 Tujuan

Perhitungan *bandwidth* bertujuan untuk mengetahui besar nilai lebar bidang frekuensi kerja antena.

5.6.2 Cara Perhitungan

Perhitungan *bandwidth* antena yang diuji dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antena uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antena dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antena dimana masih memiliki $VSWR \leq 2$.

Berdasarkan data hasil pengukuran $VSWR$, antena ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 1205 MHz, dan frekuensi tertinggi antena ini adalah pada frekuensi 1403 MHz. Sehingga *bandwidth* antena ini adalah :

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 1403\text{MHz} - 1205\text{MHz}$$

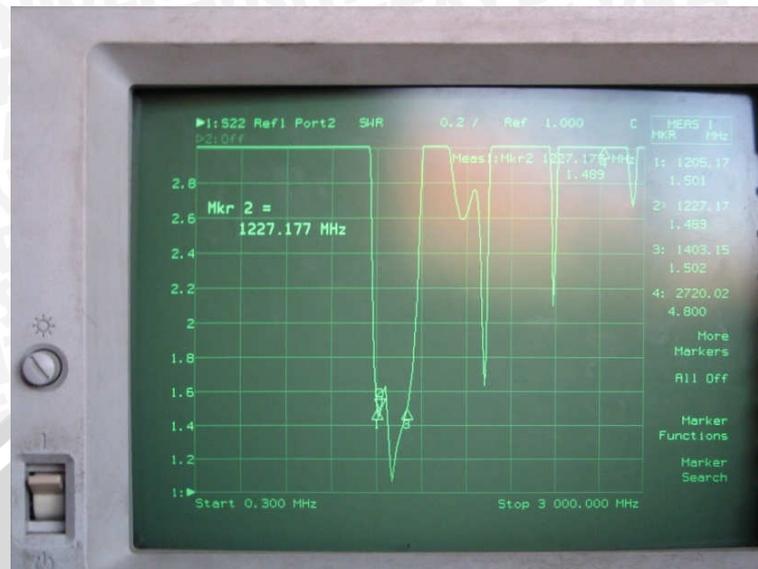
$$B = 198\text{MHz}$$

Bandwidth dalam persen:

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{1403 - 1205}{1304} \times 100\% = 15,18\%$$

5.6.3 Analisis Hasil Perhitungan

Jadi dapat diketahui besarnya *bandwidth* antena Mikrostrip *circular array* hasil pembuatan sebesar 198 MHz.



Gambar 5.9 Perhitungan nilai bandwidth mikrostrip *circular array*
Sumber : Pengukuran

5.7 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

5.7.1 Tujuan

Untuk dapat mengetahui nilai *directivity* Antena Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

5.7.2 Cara Perhitungan

Perhitungan *directivity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

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

Sehingga didapat :

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

Keterangan :

D = *directivity*

θ = *beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)

Φ = *beamwidth* pola radiasi horizontal (rad)

θ°_{HP} = *beamwidth* pola radiasi vertikal (derajat)

Φ°_{HP} = *beamwidth* pola radiasi horizontal (derajat)

Berdasarkan pada data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai -3 dB *beamwidth* pola radiasi bidang horizontal adalah 55° (θ°_{HP}), dan nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi bidang vertikal adalah 79° (ϕ°_{HP}). Jadi nilai *directivity* Antena Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan adalah :

$$\begin{aligned} D &= \frac{41000}{55^{\circ} \cdot 79^{\circ}} \\ &= 9,44 \\ D_{(dB)} &= 10 \log 9,44 \\ &= 9,75 \text{ dB} \end{aligned}$$

5.7.3 Analisis Hasil Perhitungan

Jadi dapat diketahui keterarahan (*directivity*) Antena Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan adalah sebesar 9,75 dB

5.8 Analisis Parameter-parameter Antena

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter-parameter antena yang meliputi pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, Koefisien Pantul, *Gain*, Pola Radiasi, Polarisasi, *Bandwidth*, dan *Directivity* antena mikrostrip *circular array* yang akhirnya dapat diketahui karakteristik antena sebagai berikut :

Frekuensi kerja	1,227 GHz
Return Loss	-14,143 dB
VSWR	1,49
Koefisien Pantul	0,196
Gain	5,28 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	<i>Linier</i>
Bandwidth	198 MHz
Directivity	9,75 dB

Tabel 5.8 Karakteristik Antena Mikrostrip *Circular Array* Hasil Pembuatan
(Sumber: Pengukuran)

Berdasarkan tabel 5.7 di atas dapat kita lihat beberapa parameter antena Mikrostrip *Circular Array* hasil pembuatan yang meliputi *return loss* sebesar -14,143 dB yang sesuai dengan perencanaan *Return Loss* yang diijinkan yakni $RL \leq -10$ dB dan VSWR antena sebesar 1,49 yang berarti sesuai dengan perencanaan bahwa nilai $VSWR < 2$. Koefisien pantul sebesar 0,196 yang menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antena dapat tersalurkan. Adapun nilai penguatan (*gain*) antena mikrostrip *Circular array* hasil fabrikasi ialah sebesar 5,28 dBi. Pola radiasi antena adalah *unidirectional* dengan polarisasinya yang berbentuk *linier*. *Bandwidth* antena sebesar 198 MHz dengan *directivity* antena sebesar 9,75 dB

Dengan memperhatikan karakteristik antena hasil pembuatan, dapat dinyatakan bahwa antena ini bisa digunakan untuk aplikasi GPS L2 1,227 GHz karena nilai VSWR dan *return loss* yang sesuai dengan batas yang diijinkan yaitu $VSWR < 2$ dan $RL < -10$ dB, nilai *gain* pun sesuai dengan persyaratan umum antena mikrostrip yaitu di atas 4 dBi. Nilai *bandwidth* sebesar 198 MHz pun lebih besar dari *requirement bandwidth* antena untuk aplikasi GPS L2 1,277 GHz yang hanya sebesar 10 MHz. Dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat dikatakan bahwa antena mikrostrip *circular array* empat elemen hasil fabrikasi ini dapat bekerja pada frekuensi GPS L2 1227 MHz.

BAB VI PENUTUP

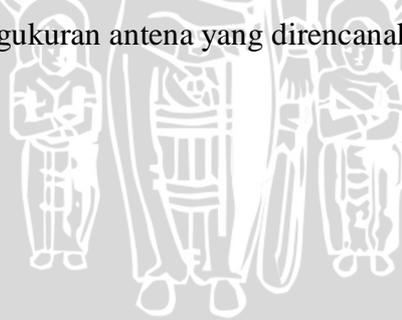
6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian antenna, serta analisis parameter-parameter antenna, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Nilai *VSWR* antenna mikrostrip *circular array* empat elemen hasil fabrikasi adalah sebesar 1,49 pada frekuensi 1227 MHz. Nilai *VSWR* ini masih dalam batas yang diijinkan, yaitu pada rentang $1 \leq VSWR \leq 2$. Untuk nilai *Return Loss*, pada frekuensi 1227 Mhz adalah sebesar -14,143 dB. Nilai ini telah sesuai dengan nilai return loss untuk antenna yang direncanakan, serta masih dalam batas diijinkan, yaitu < -10 dB.
2. Nilai *gain* antenna mikrostrip *rectangular array* pada frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 1227 MHz adalah sebesar 5,28 dBi.
3. Hasil pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang diplotkan pada diagram polar, menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi mikrostrip *circular array* dual frekuensi hasil pembuatan adalah *unidirectional*, dengan sudut $\phi_{HP} = 55^\circ$ dan $\theta_{HP} = 79^\circ$ untuk frekuensi 1227 MHz.
4. Hasil pengukuran polarisasi menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *circular array* memiliki polarisasi *ellips* dan nilai *directivity* sebesar 9,75 dB.
5. Berdasarkan perhitungan *bandwidth*, antenna mikrostrip *circular array* yang telah difabrikasi dan diukur memiliki *bandwidth* sebesar 198 MHz dan hasil perancangan hanya sebesar 41 Mhz. Dengan memperhatikan karakteristik antenna hasil pembuatan, dapat dinyatakan antenna ini dapat bekerja pada frekuensi kerja GPS, yang berfrekuensi 1227 Mhz dan memiliki bandwidth ± 10 MHz.

6.2. Saran

1. Dalam melakukan pengukuran, agar diperoleh ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran disarankan agar pengukuran dilakukan di tempat yang bebas dari benda-benda yang dapat mempengaruhi kinerja baik alat ukur maupun antenna yang sedang diuji. Disarankan untuk melakukan pengujian dan pengukuran di dalam ruangan *Anechoic Chamber* (ruang bebas gangguan). Selain itu, diperlukan bahan penyangga antenna (isolator) yang kuat dan stabil agar pengukuran antenna dapat mendekati kondisi ideal sehingga hasil pengukuran yang diperoleh dapat lebih optimal
2. Dalam pembuatan antenna dibutuhkan tingkat akurasi yang tinggi sehingga hasil pengukuran dapat sesuai dengan simulasi.
3. Dalam proses pemilihan bahan, sebaiknya bahan yang akan digunakan sebisa mungkin dicocokkan dengan spesifikasi perencanaan yang dibuat agar hasil pengukuran pasca fabrikasi dapat menunjukkan hasil yang optimal.
4. Dalam proses pencetakan (*etching*) antenna mikrostrip, sangat perlu untuk dilakukan dengan hati-hati dan teliti agar dimensi konduktor tembaga (elemen peradiasi) serta bagian-bagian lain yang tercetak dapat berdimensi sama dengan dimensi yang direncanakan. Perbedaan dimensi yang sangat kecil saja dapat mempengaruhi hasil pengukuran antenna yang direncanakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. The Florida State University. Thesis.
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. McGraw-Hill International, New York.
- Hund, Edgar. 1989. *Microwave Communications*. McGraw-Hill International, New York.
- Lagerqvist, Johan. 2002. *Design and Analysis of an Electrically Steerable Microstrip Antenna for Ground to Air Use*. Lulea University of Technology. Thesis
- Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. John Willey and Son, Inc. New York.
- Leung, Martin. 2002. *Microstrip Antenna Using Mstrip40*. Division of Management and Technology University of Canberra Act 2601.
- Mailloux, R. 2005. *Phased Array Antenna Handbook 2nd ed*. Artech House, New York
- Visser, Hubrecht J. 2005. *Array and Phased Array Antenna Basics* - John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Wong, Kin-Lu. 2002. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Natarius, Yoswa P. 2006. *Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Array 2x2 pada frekuensi 1575 MHz*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Univesitas Brawijaya, Malang.



Yoga, Ariesta. 2008. *Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Circular Array Dual Frekuensi*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Efendy, M. S. 2009. *Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Rectangular Array Dual Elemen 2510 MHz*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Anonymous. www.zeland.com



LAMPIRAN 1. LANGKAH-LANGKAH SIMULASI

Langkah-langkah Simulasi Perencanaan Antena dengan *IE3D Simulator*

Dalam tahap perencanaan skripsi ini, simulator yang digunakan untuk mensimulasikan perencanaan antena yang diinginkan adalah Program IE3D (Zeland inc). IE3D adalah software simulator untuk gelombang elektromagnetik dengan menggunakan persamaan Maxwell untuk memecahkan permasalahan gelombang elektromagnetik secara makro. Persamaan Maxwell terdiri dari bentuk diferensial, dimana solusi dari berbagai persamaan tersebut adalah medan listrik dan medan magnet dalam sebuah ruang. Pada prakteknya IE3D dapat digunakan untuk mensimulasikan dan mengoptimasi struktur pada bidang planar maupun struktur 3-dimensi secara akurat dan efisien. (IE3D agif-Manual, 2006:1)

Secara umum, prosedur simulasi sesuai manual adalah sebagai berikut, (1) Buatlah sebuah model struktur sebagai sebarang set polygon dengan menggunakan MGRID. (2) Tentukan letak port pada struktur. (3) Mulai men-*setup* simulasi. (4) Gunakan MODUA dan MGRID untuk menampilkan distribusi arus, pola radiasi, serta parameter-parameter lain yang diinginkan. Tetapi, untuk lingkup yang lebih khusus yakni pembuatan antena mikrostrip *circular array* 1227 MHz ini, langkah-langkah simulasi adalah sebagai berikut:

Tahap 1 - Pemodelan Elemen Peradiasi (*patch*)

Sebelum kita memulai untuk mensimulasikan patch yang akan kita gunakan pada antenna yang akan kita buat, kita harus menentukan dahulu parameter-parameter spesifik terkait bentuk patch serta bahan yang akan kita gunakan untuk mencetak antenna. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5

Ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm

Loss tangent = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m

$$\text{Konduktifitas tembaga } (\sigma) = 5,80 \times 10^7 \text{ mho m}^{-1}$$

$$\text{Frekuensi kerja } (f_r) = 1227 \text{ MHz}$$

$$\text{Impedansi karakteristik saluran} = 50 \Omega$$

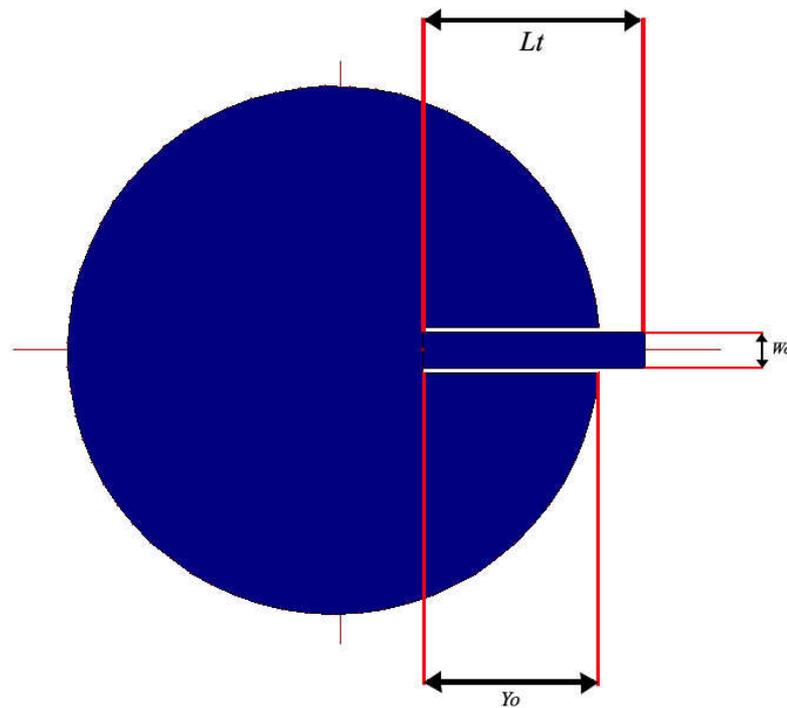
Dengan bentuk *patch* tunggal seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1, maka nilai untuk masing-masing variabel adalah:

$$a = 33,758 \text{ mm}$$

$$L_t = 28,2 \text{ mm}$$

$$y_o = 22,5 \text{ mm}$$

$$W_o = 2,843 \text{ mm}$$



Gambar 1. Elemen peradiasi
(Sumber : Perancangan)

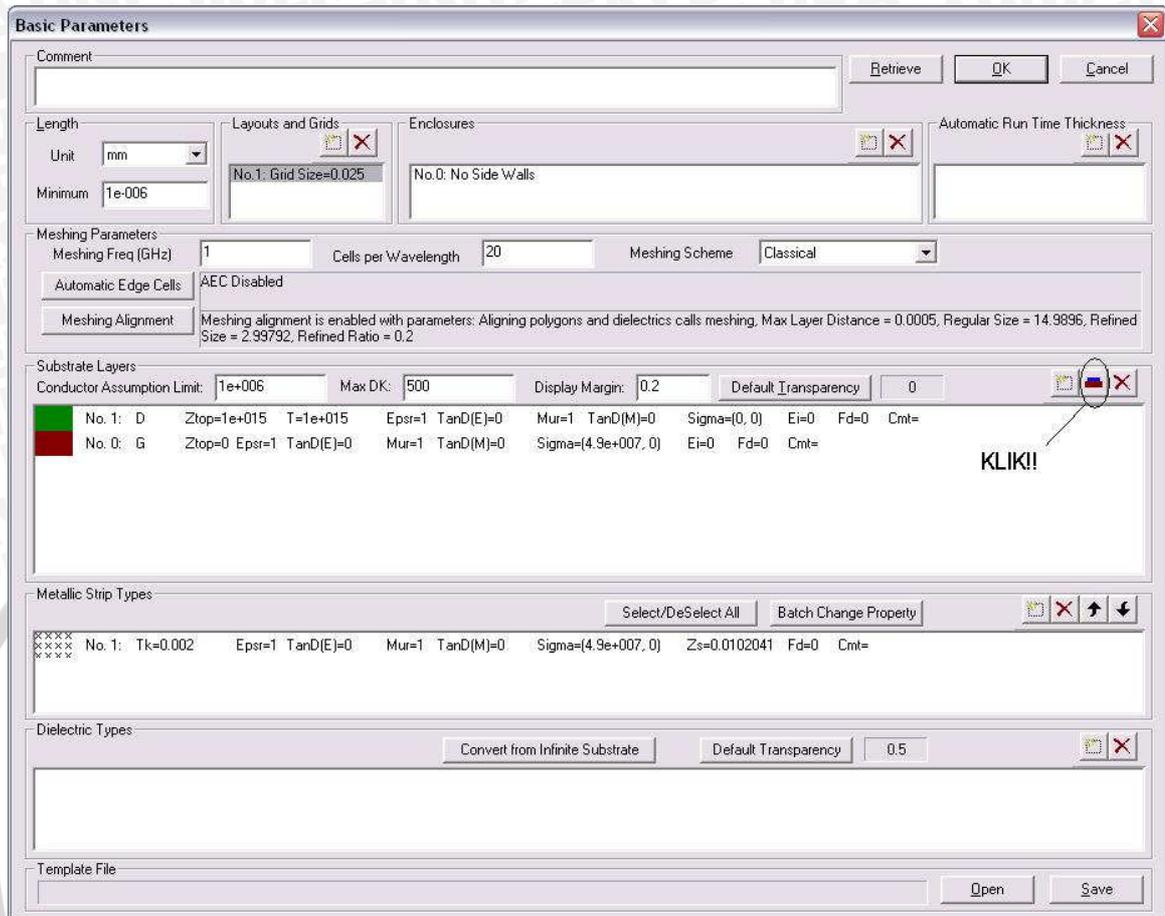
Dengan mengasumsikan bahwa program IE3D telah terinstal pada komputer anda, maka langkah-langkah lanjut yang harus dilakukan adalah:

1. Bukalah (klik)  Zeland Program Manager
2. Klik MGRID pada *window* yang muncul setelah anda membuka *Zeland Program Manager*. Perhatikan Gambar 1



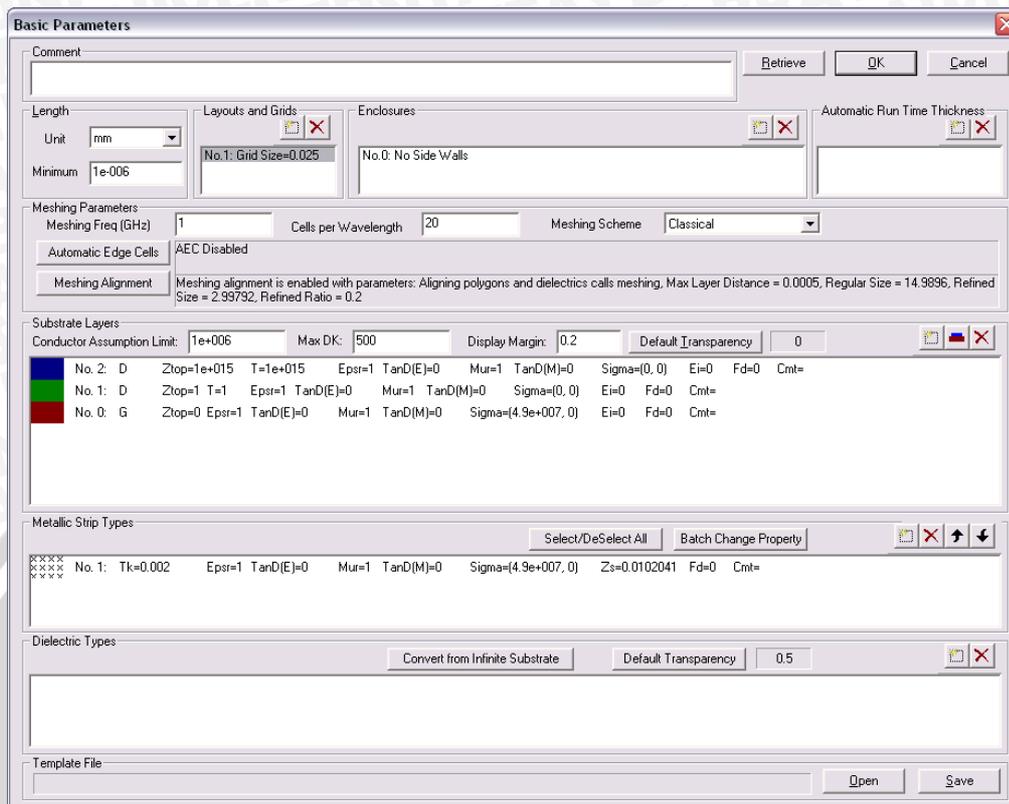
Gambar 1. Tampilan menu pada *Zeland Program Manager*

3. Setelah itu pilih *File* → *New*, lalu muncul tampilan mengenai *Basic Parameters* seperti pada Gambar 2. *Basic Parameters* disini digunakan untuk memasukkan nilai-nilai parameter spesifikasi bahan yang kita gunakan sebagaimana tersebut diatas.



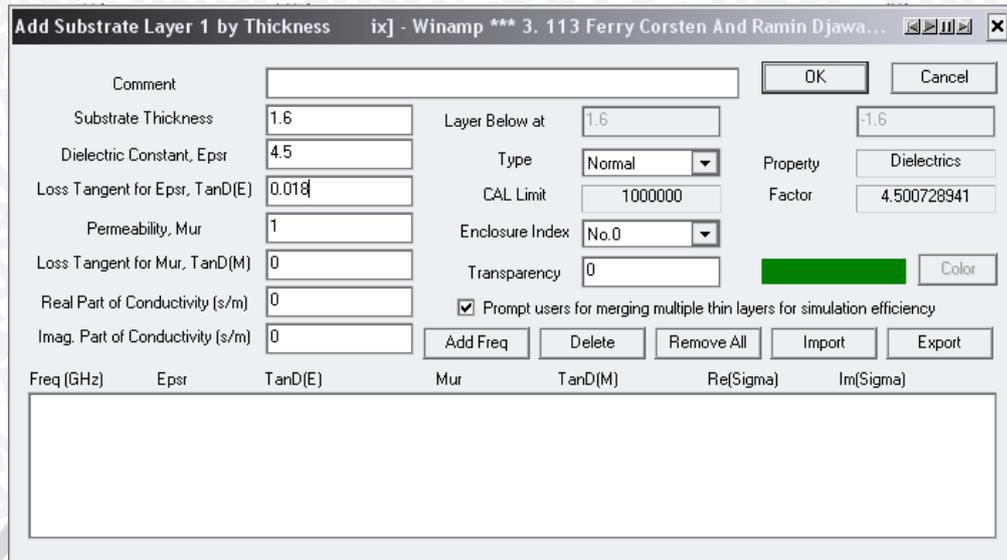
Gambar 2. Tampilan window *Basic Parameters*

4. Bahan utama FR-4 ada dua (2) lapisan, yakni lapisan konduktor dan *groundplane* (lapisan udara adalah default layer pada *Basic Parameters* ini) . Pada Gambar 2 ada dua lapisan pada kolom *Substrate Layers*, yakni berwarna hijau dan merah. Kedua lapisan itu menyimbolkan masing-masing untuk udara dan *groundplane*. Untuk menambahkan lapisan konduktor, klik icon *Add Substrate Layer by Thickness* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2, tekan OK. Lalu muncul tampilan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



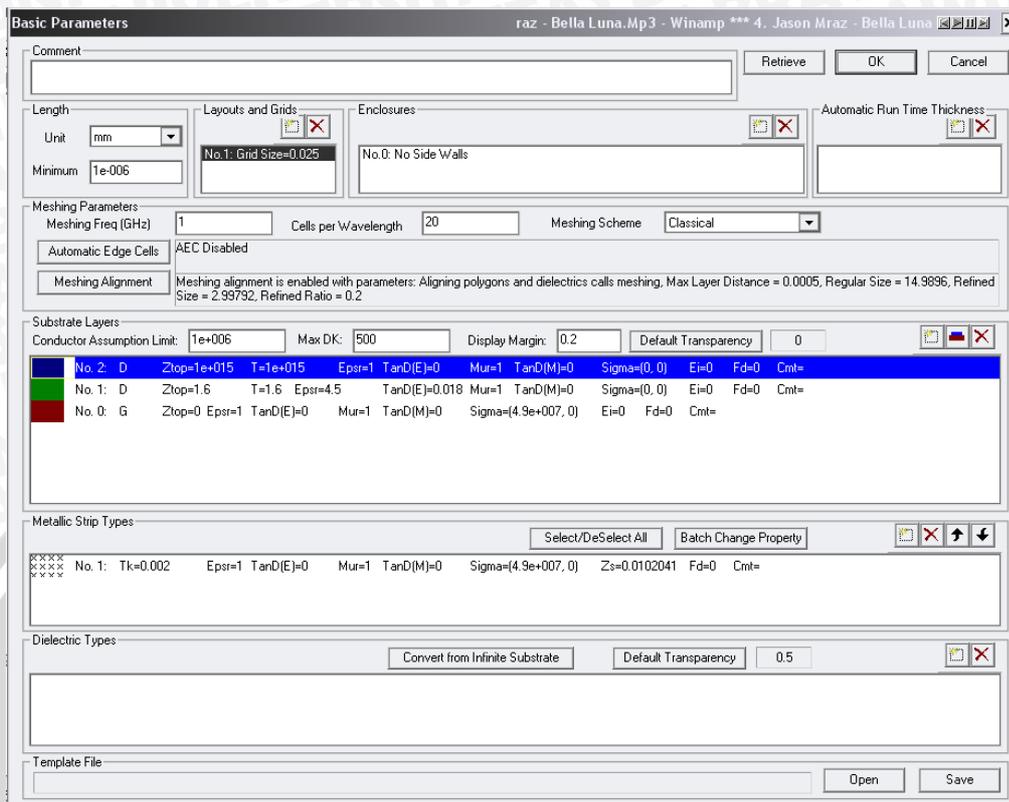
Gambar 3. Tampilan Basic Parameters untuk tiga lapisan bahan FR-4

- Terlihat ada 3 lapisan diatas. Biru untuk udara (perhatikan Ztop-nya bernilai sebesar $1e+015$), hijau untuk lapisan konduktor (tembaga), sedangkan yang merah untuk lapisan *groundplane*-nya. Untuk meng-*edit* nilai-nilai dari parameter spesifikasi bahan pada tiap lapisan, klik 2 kali pada tiap lapisan yang diinginkan. Misalkan untuk lapisan konduktor disini diklik 2 kali, maka kemudian muncul tampilan seperti Gambar 4 di bawah ini.

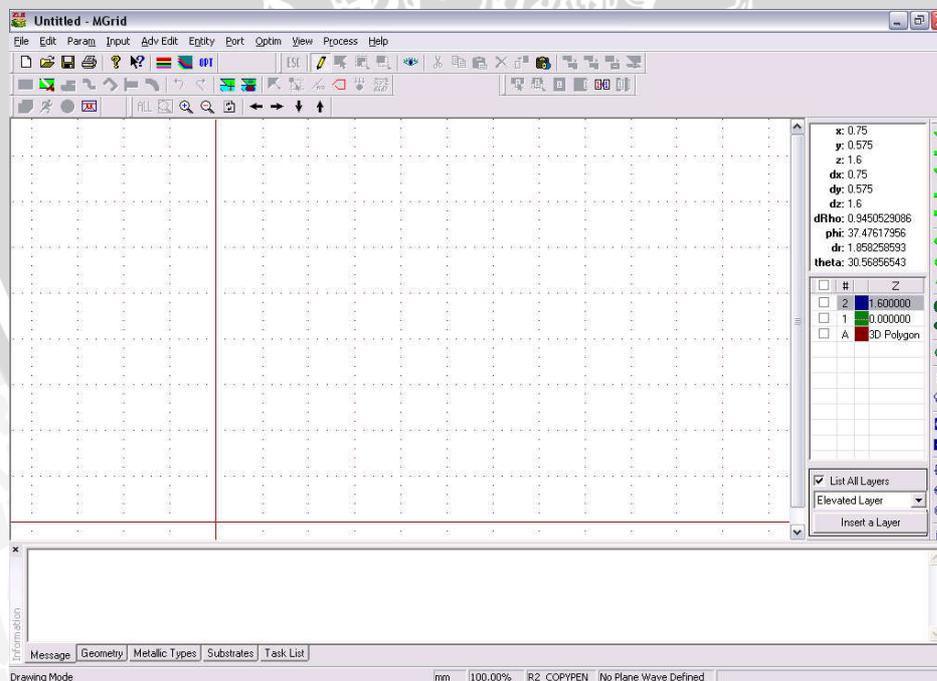


Gambar 4. Tampilan untuk mengedit parameter lapisan konduktor

6. Terlihat ada variabel-variabel seperti *Top Surface*, *Dielectric Constant*, serta *Loss Tangent for Epsr* yang masing-masingnya berarti ketebalan bahan (dalam satuan mm), Konstanta Dielektrik, serta Loss Tangen untuk bahan yang dimaksud. Untuk simulasi kali ini disesuaikan dengan spesifikasi bahan yang telah tersebut diatas, sehingga setelah semua nilai (untuk lapisan konduktor) dimasukkan maka tampilan akan terlihat seperti Gambar 4. Lalu tekan OK.
7. Lakukan langkah yang sama untuk lapisan *groundplane*, tetapi yang diubah hanyalah *Real Part of Conductivity*-nya. Ubahlah menjadi nilai $5.8e+007$ sehingga diperoleh tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Lalu tekan OK, dan akan muncul tampilan menu MGRID seperti ditunjukkan oleh Gambar 6.

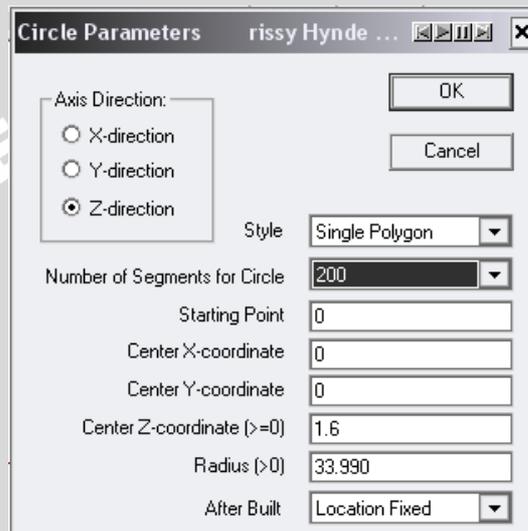


Gambar 5. Tampilan spesifikasi semua layer setelah di-edit



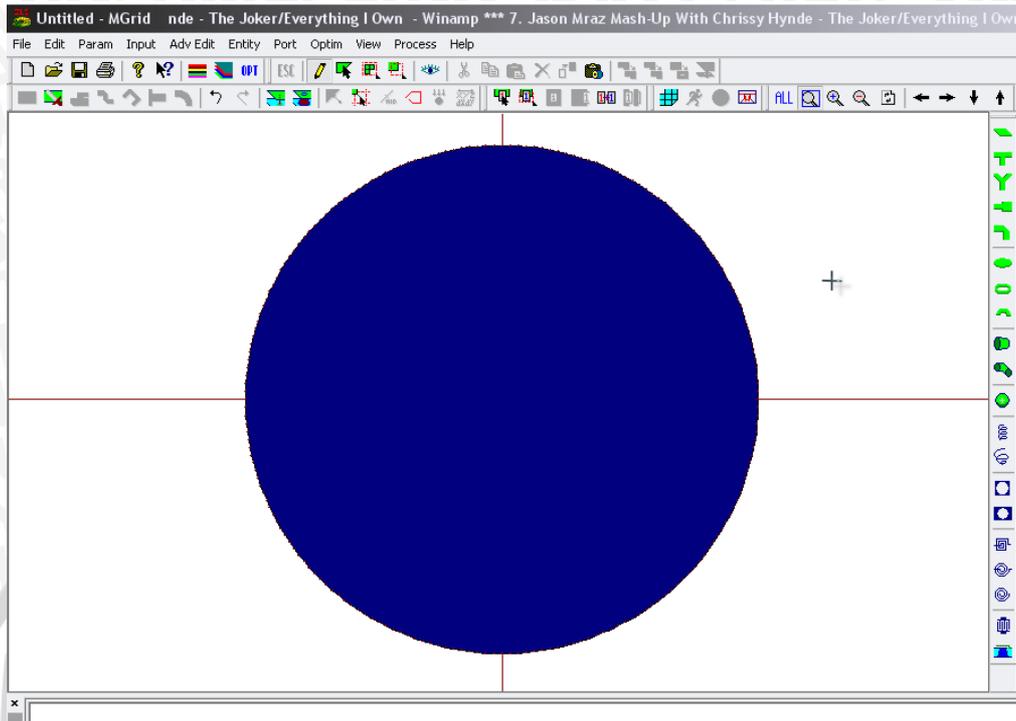
Gambar 6. Tampilan menu MGRID

- Setelah window seperti diatas muncul, maka mulailah mulailah untuk membuat bentuk antena yang diinginkan. Untuk simulasi kali ini kita menggunakan bentuk *patch* lingkaran (circle). Untuk membuatnya, klik *Entity* → *Circle*, masukkan variabel *Radius* (jari-jari) sesuai spesifikasi bahan, pilih *Style* → *Single Polygon*, dan pilih Number of Segmen for circle masukkan nilai 200 . Lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 7.



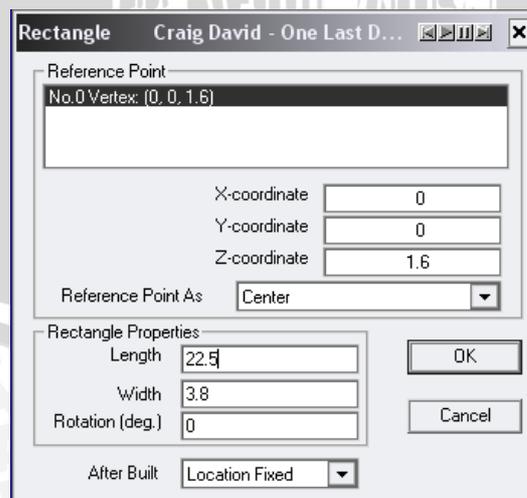
Gambar 7. Tampilan untuk mengubah nilai variabel-variabel *Circle*

- Klik OK lalu akan muncul sebuah patch yang berbentuk lingkaran (circle) pada window MGRID seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



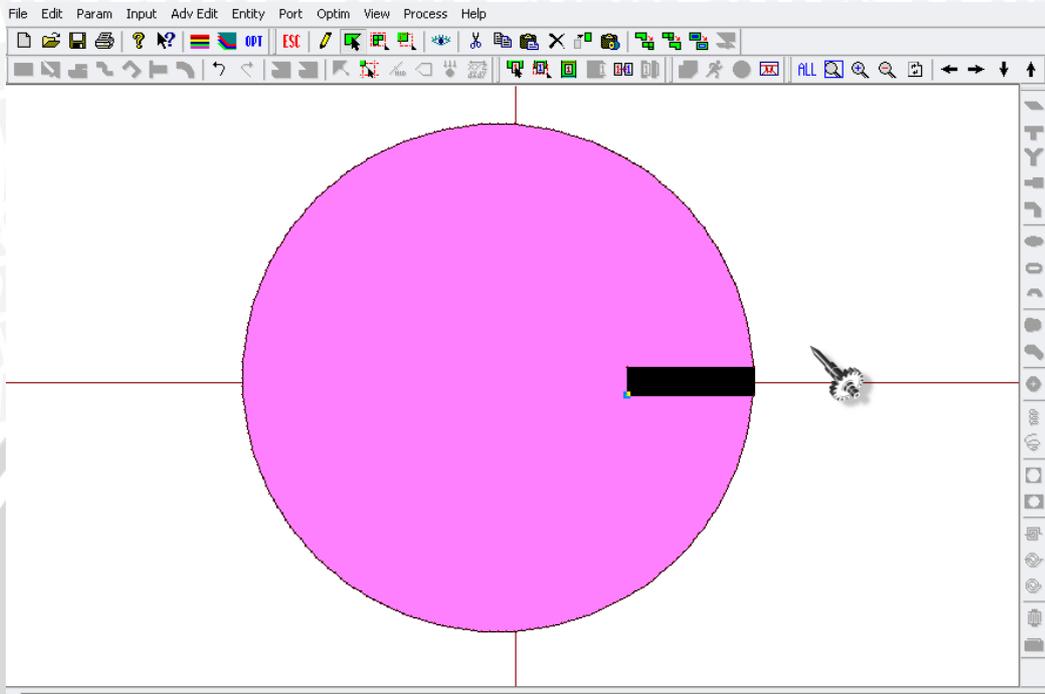
Gambar 8. Tampilan patch lingkaran

10. Untuk membuat *inset feed*, sebelumnya buat sebuah patch persegi untuk membuat “lubang”. Untuk membuatnya, klik *Entity* → *Rectangle*, Lebar pemotongan disini ditambah 1mm sebagai jarak antara saluran transmisi dengan sisi luar pemotongan. Dengan memasukkan nilai $y_o = 22.5$ mm dan W lebar pemotongan sebesar 3,8mm, lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 9.



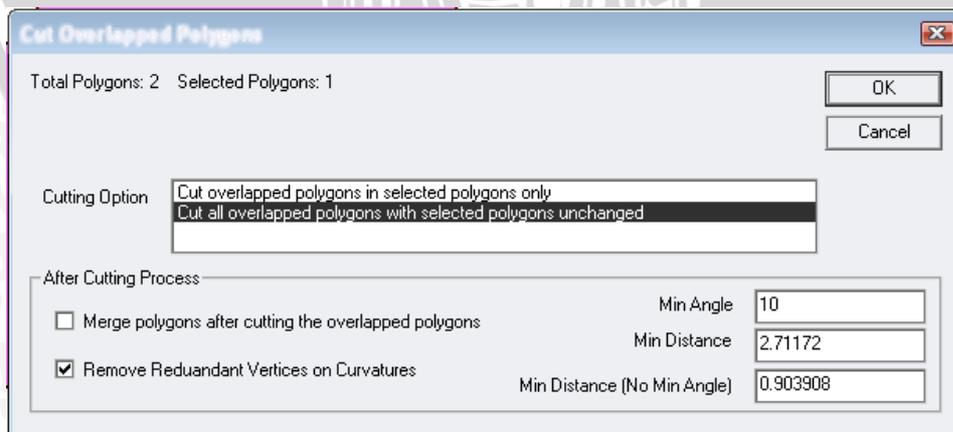
Gambar 9. Tampilan untuk membuat nilai variabel-variabel *Rectangle*

Lalu susun 2 patch seperti pada Gambar 10.

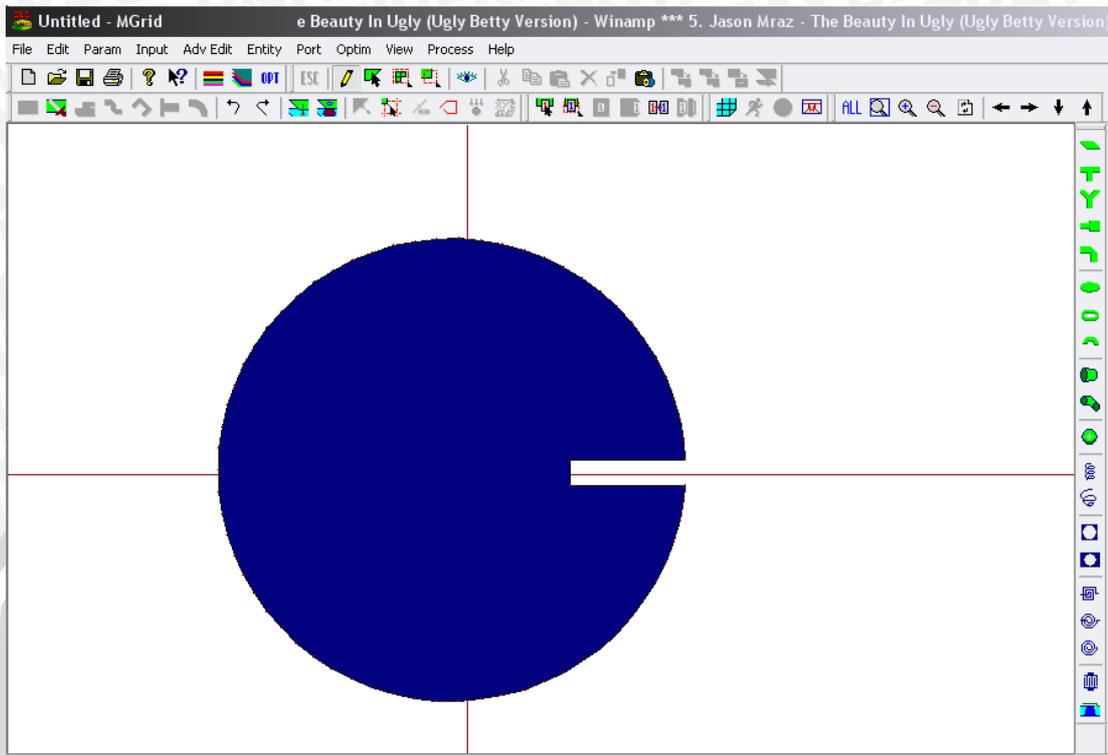


Gambar 10. Tampilan patch lingkaran dan patch rectangle

Setelah itu klik *Adv Edit* → *Cut Overlapped Polygons*, pilih option seperti pada Gambar 11. Setelah itu pilih patch persegi dan tekan *Delete*. Lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 12

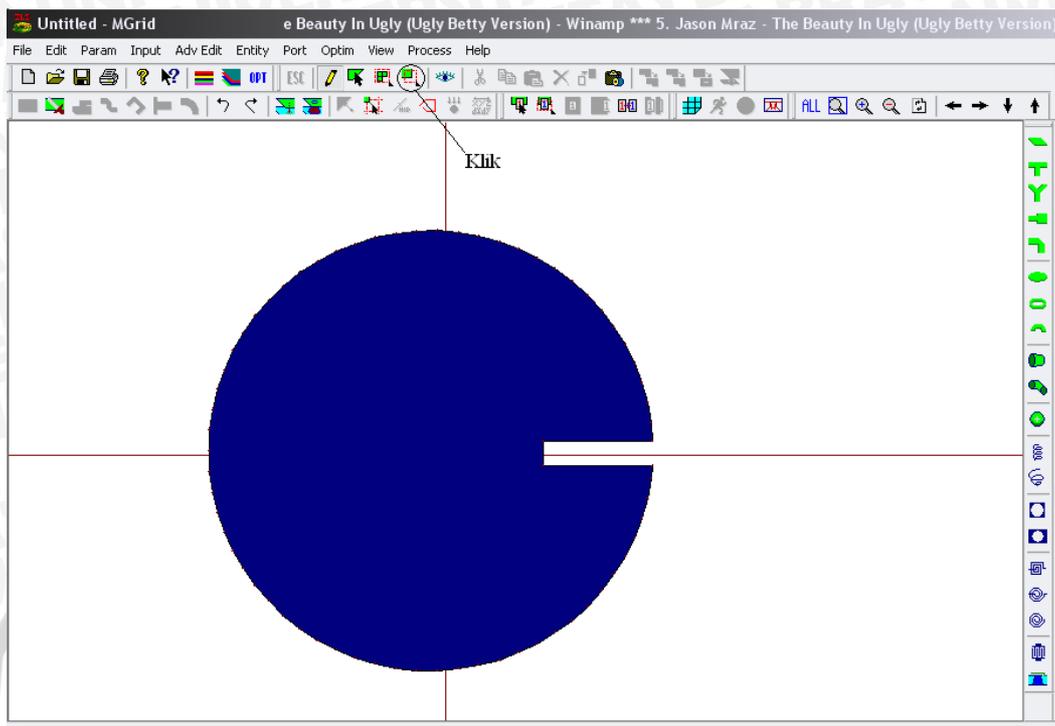


Gambar 11. Tampilan *Cut Overlapped Polygon*

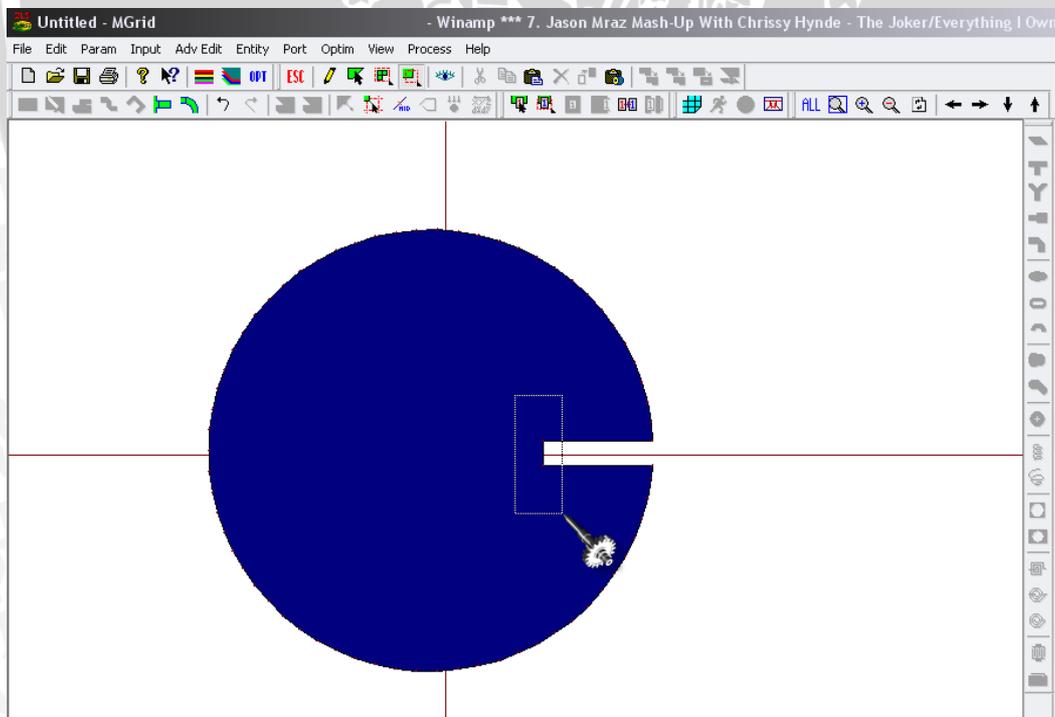


Gambar 12. Tampilan patch lingkaran yang terpotong
 klik icon Select Vertices seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13, lalu blok-lah *vertice* (sudut) yang diinginkan. Pengeblokan vertice ditunjukkan oleh Gambar 14.



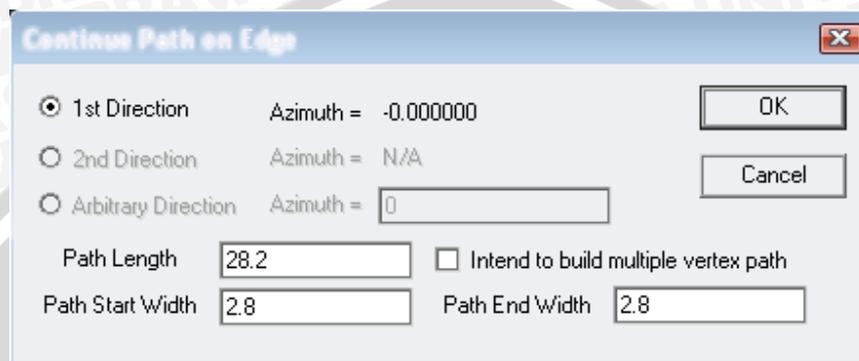


Gambar 13. Tampilan patch lingkaran



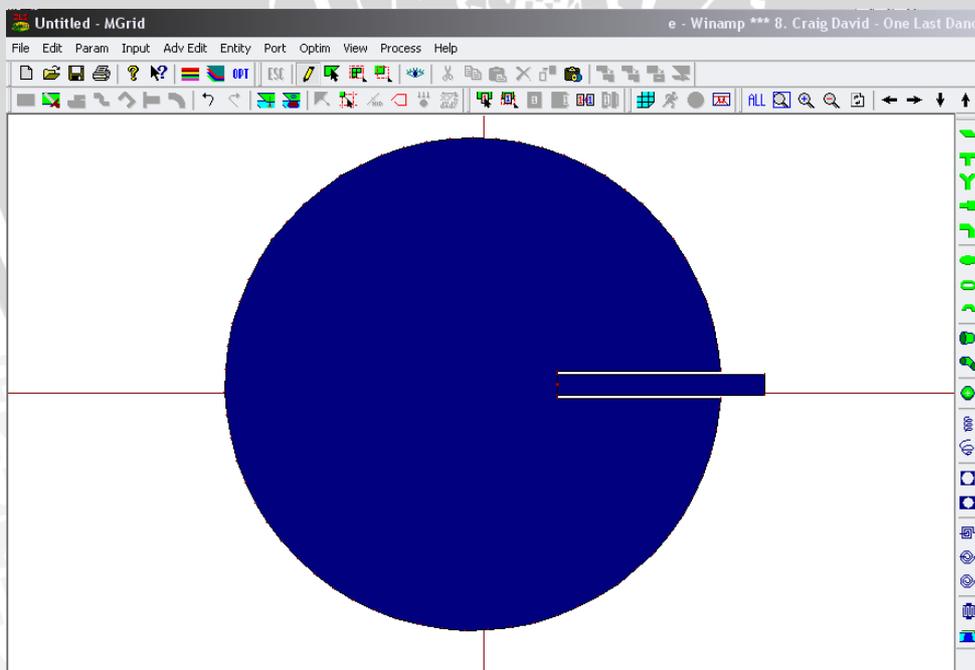
Gambar 14. Cara memblok Vertice

11. Setelah vertice ter-blok, pilihlah menu *Adv Edit* → *Continue Path on Edge*, kemudian akan muncul tampilan untuk memasukkan nilai mengenai kedalaman serta lebar pemotongan. Dengan memasukkan nilai $L_t = 28,2$ mm dan W lebar pemotongan sebesar 2,8 mm maka didapat tampilan Gambar 15.



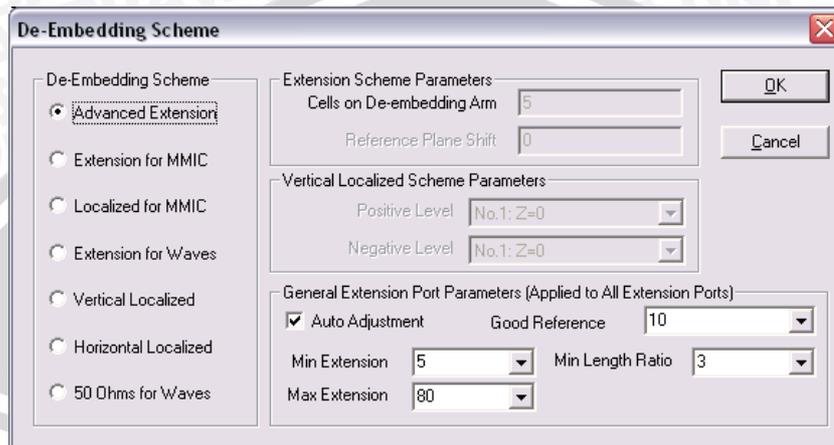
Gambar 15. Tampilan untuk memasukkan nilai panjang dan lebar *path*

12. Kemudian bentuk elemen peradiasi (*patch*) yang telah digabung dengan saluran transmisi (*path*) pun menjadi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 16.



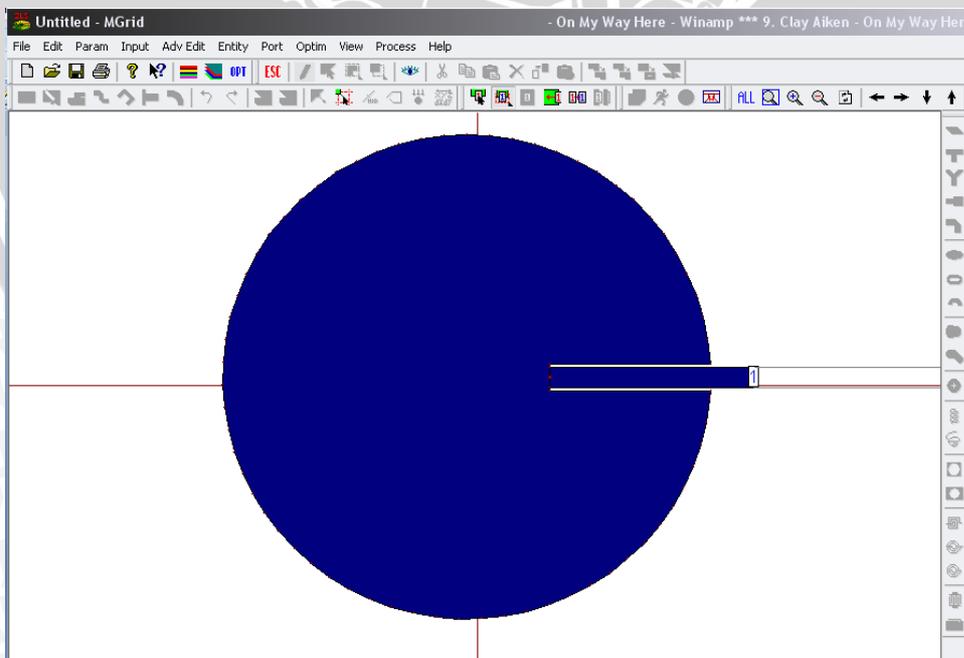
Gambar 16. Bentuk elemen peradiasi setelah digabung dengan saluran transmisi

13. Setelah *patch & path* terbentuk, maka kita buat port untuk antenna yang kita buat. Untuk mendefinisikan letak port maka kita tentukan dulu jenis port yang kita gunakan. Untuk simulasi ini kita pilih dulu menu **Port** → **Port For Edge Group**. Lalu muncul tampilan seperti Gambar 17. Sesuaikan pilihan anda sama dengan yang ditunjukkan oleh Gambar 17, lalu tekan OK.



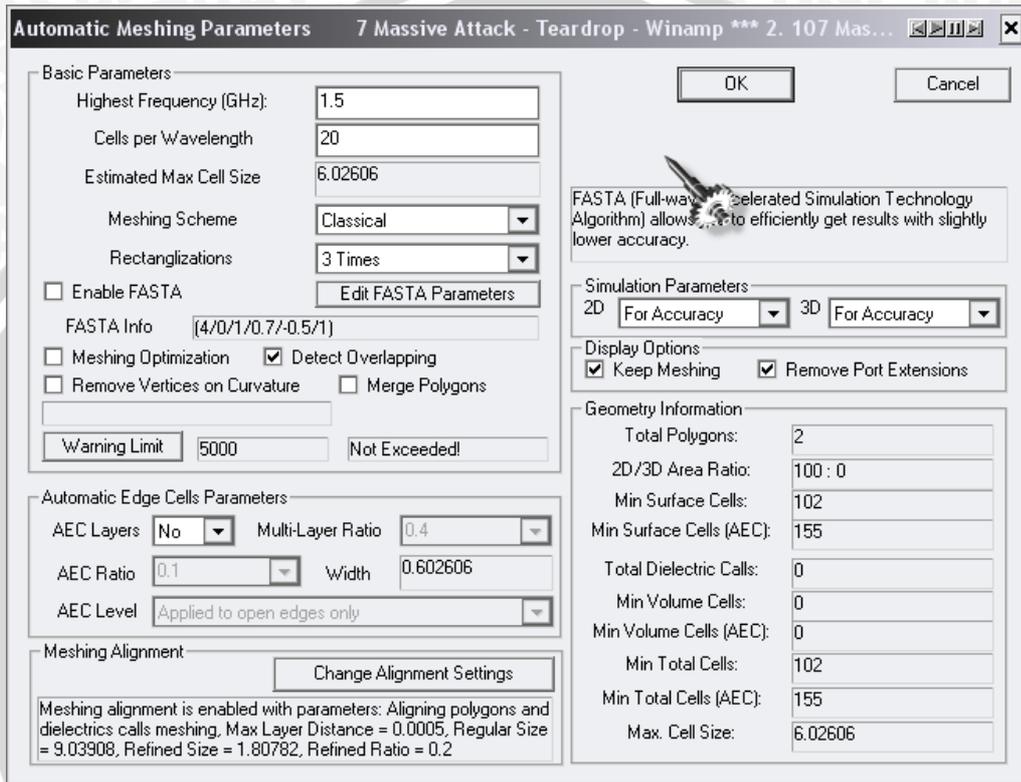
Gambar 17. Tampilan pilihan jenis *Port*

14. Setelah itu tandailah sisi bawah saluran transmisi seperti saat menandai vertice, lalu terbentuklah port seperti yang terlihat pada Gambar 18.



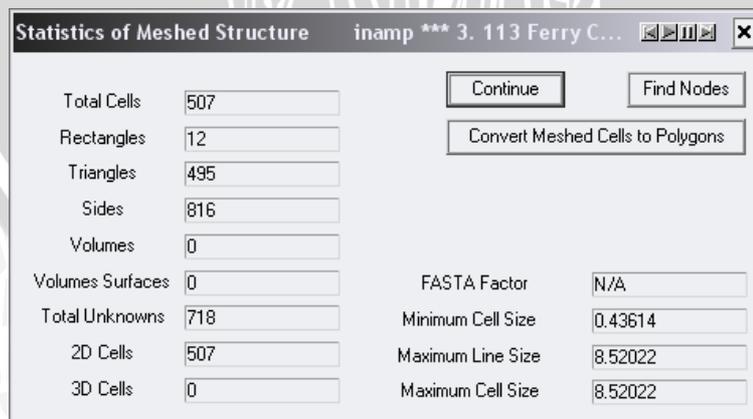
Gambar 18. Tampilan *patch* setelah diberi port

15. Sebelum disimulasikan mengenai bagaimana performa antenna maka geometri ini harus disimpan terlebih dahulu. Setelah itu kita menu **Port** → **Exit Port (X)**. Setelah itu pilih menu **Process** → **Display Meshing**, lalu muncul window **Automatic Meshing Parameters**. Samakan pengisian variabelnya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 19. Lalu klik OK



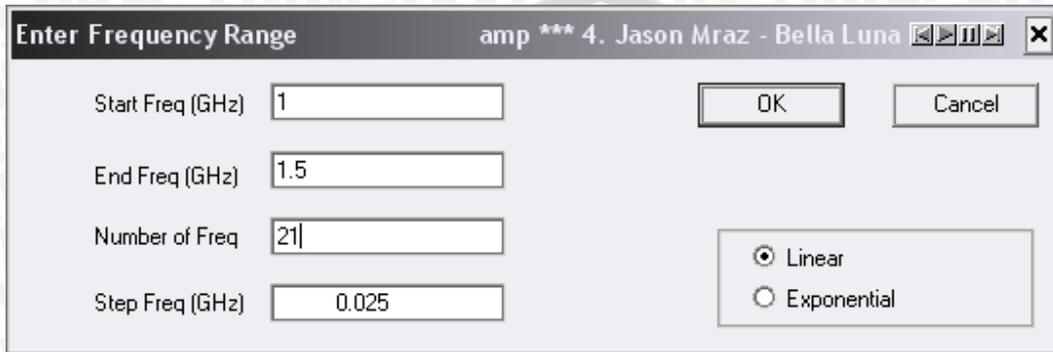
Gambar 19. Tampilan perubahan variabel-variabel *meshing*

16. Lalu muncul tampilan seperti Gambar 20. Klik **Continue**.



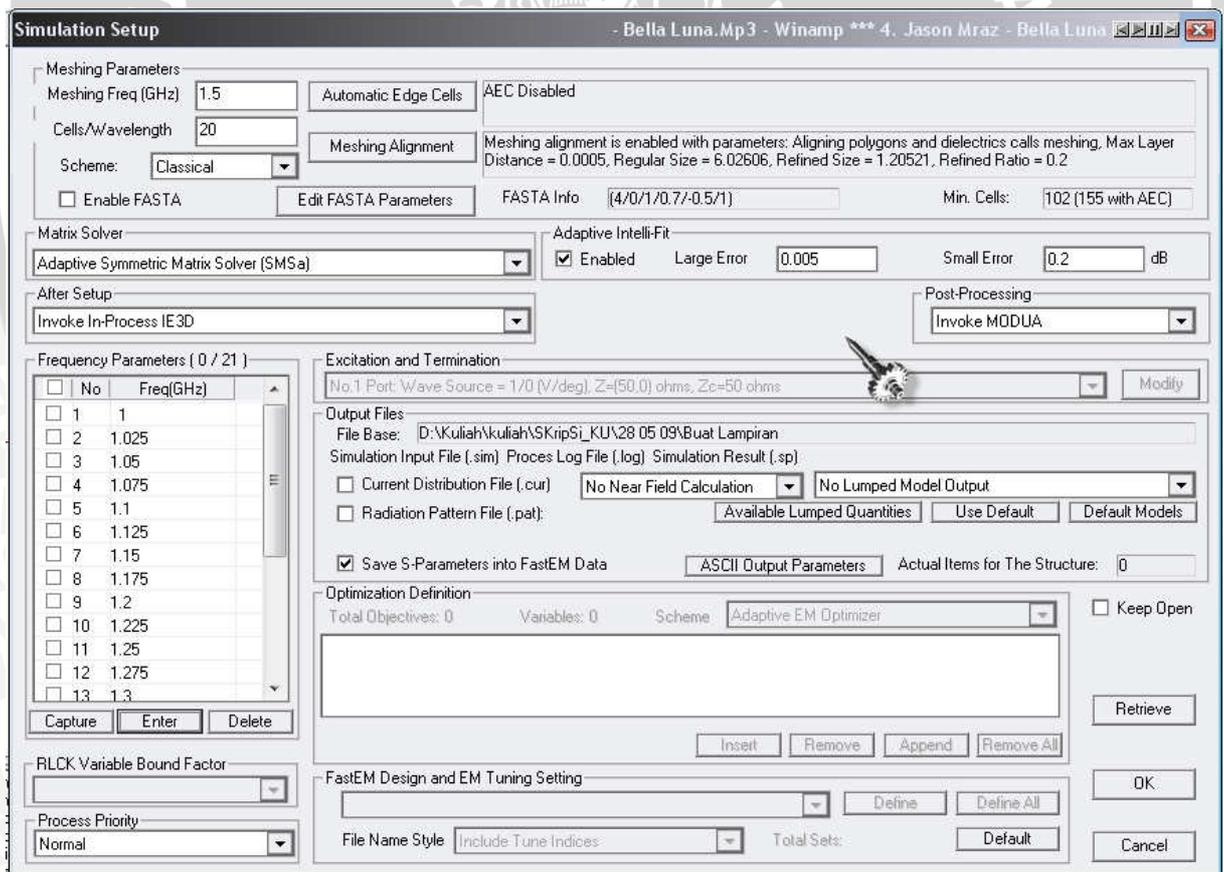
Gambar 20. Variabel-variabel yang berubah setelah *meshing*

17. Pilih menu **Process** → **Simulate**. Setelah muncul window **Simulation Setup** pilihlah icon **Enter** pada kolom **Frequency Parameters** lalu masukkan nilai-nilai berikut pada window **Enter Frequency Range**. Lihat Gambar 21, lalu tekan OK.



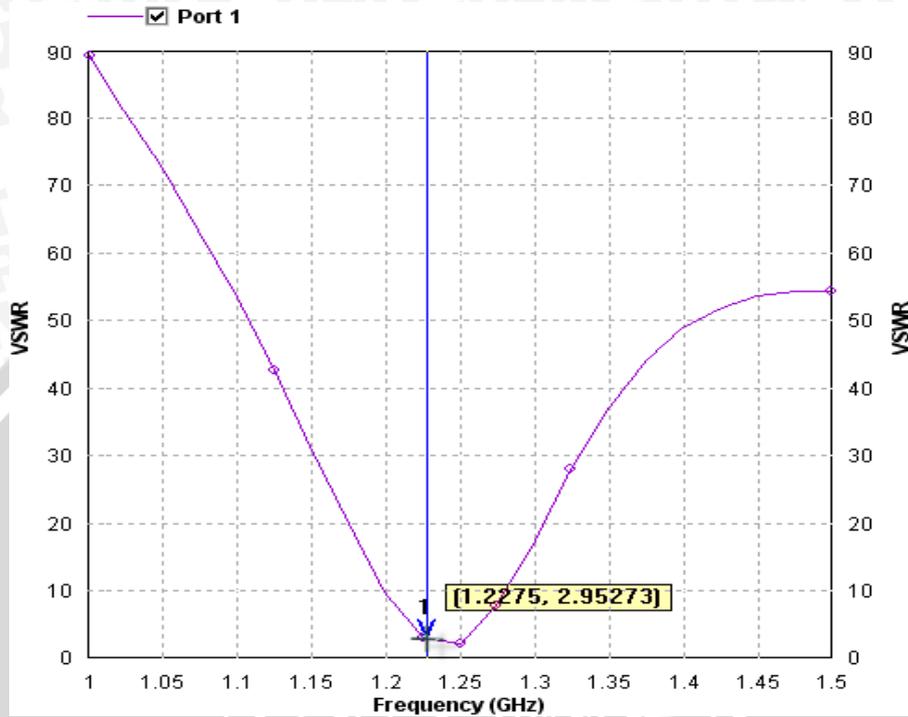
Gambar 21. Tampilan untuk memasukkan rentang frekuensi yang disimulasikan

18. Sehingga window **Simulation Setup** menjadi : (Lihat Gambar 22), dan klik OK.

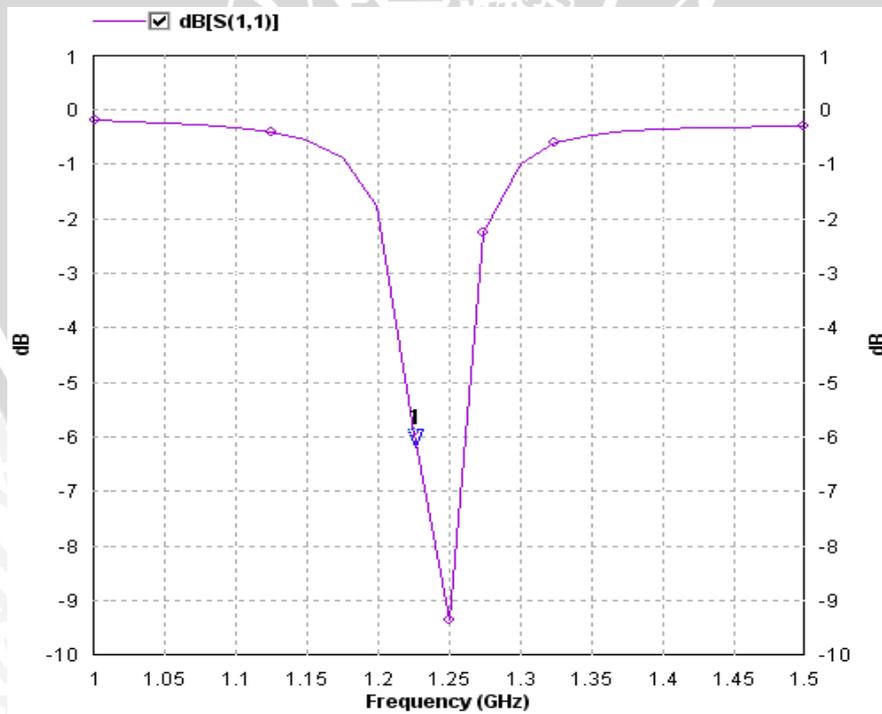


Gambar 22. Tampilan window **Simulation Setup** setelah rentang frekuensi ditentukan

19. Tunggu sebentar hingga simulasi berjalan dan dihasilkan file-file seperti tertera pada Gambar 23 dan 24.



Gambar 23. Grafik VSWR hasil simulasi elemen antenna tunggal



Gambar 24. Grafik Return Loss hasil simulasi elemen antenna tunggal

20. Dari hasil simulasi terlihat bahwa antenna belum memenuhi kriteria yang diinginkan, yakni seharusnya *Return Loss* bernilai < -10 dB, dan *VSWR* bernilai $1 \leq \text{VSWR} < 2$. Oleh karena itu harus dilakukan optimasi pada elemen peradiasi dan atau saluran transmisi.

Tahap 2 – OPTIMASI

21. Buka file *.geo yang tadi telah disimpan pada MGRID window. Pilihlah vertice yang akan dioptimasi. Misal yang kita optimasi kali ini adalah sisi kanan dari elemen (*patch*), maka tandai sisi kanan patch seperti menandai *vertice* pada langkah-langkah sebelumnya kemudian pilih menu *Optim* \rightarrow *Variable for Selected Objects* hingga muncul window *Optimization Variables Definition*. Langsung tekan OK. Setelah itu akan muncul lagi window MGRID yang menampilkan patch yang akan dioptimasi. Disini akan ditentukan varibel *low bound* dan *high bound* yang berarti batas bawah dan batas atas perubahan dimensi vertice yang kita pilih guna mengoptimasi bentuk antenna. Nilai dari *low bound* dan *high bound* ini tergantung pada pihak perancang antenna. Untuk simulasi ini kita gunakan *low bound* = -5 (*low bound* harus bernilai negatif) dan *high bound* = 5. Perhatikan Gambar 25 dan 26.

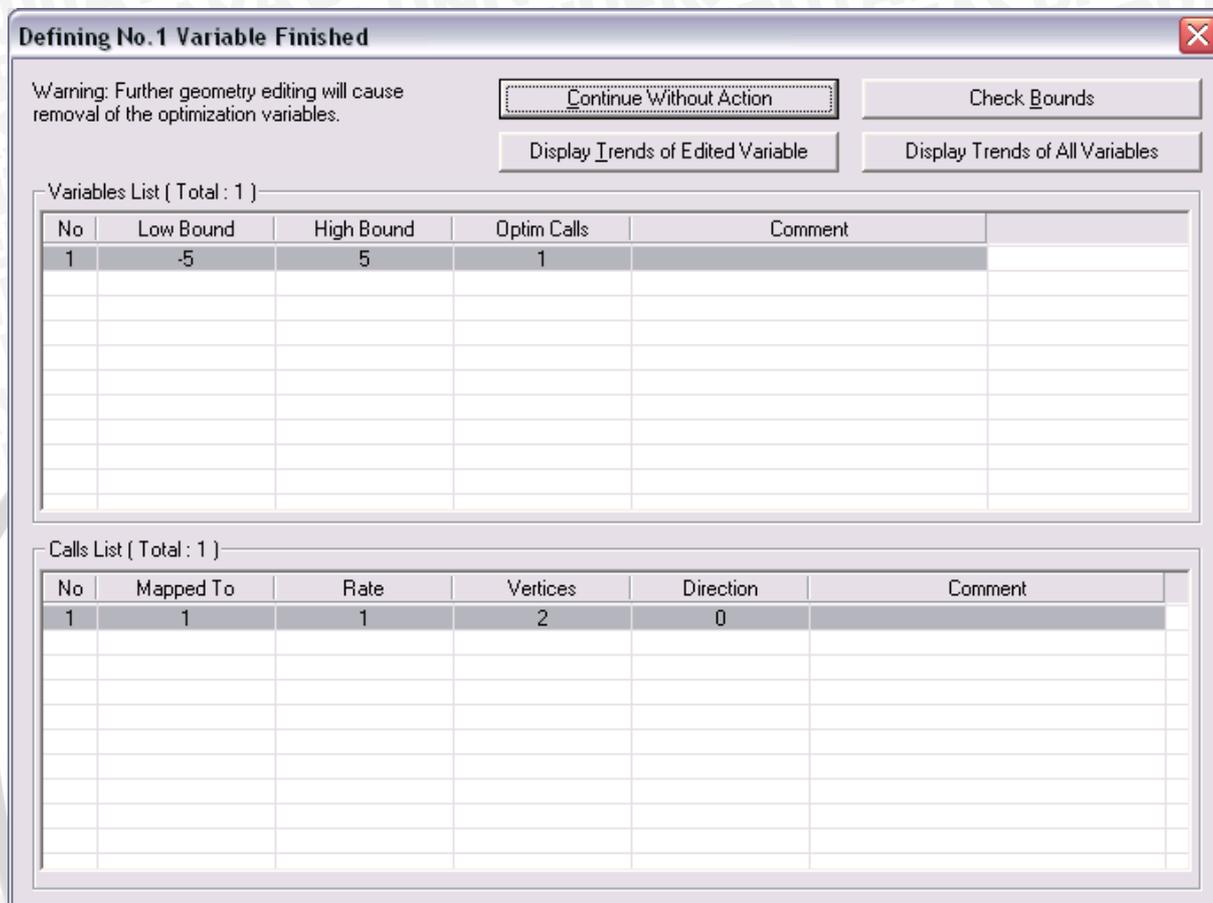


Gambar 25. Tampilan untuk memasukkan nilai *low bound*



Gambar 26. Tampilan untuk memasukkan nilai *low bound*

22. Setelah muncul window seperti ditunjukkan Gambar 27, klik *Continue Without Action*.



Gambar 27. Tampilan nilai-nilai *low bound* dan *high bound* yang telah dimasukkan

23. Setelah itu anda akan di-*redirect* ke window MGRID. Untuk melanjutkan proses optimasi pilih menu *Process* → *Optimize*. Masukkan frekuensi kerja antenna yang akan dioptimasi pada kolom *Frequency Range* (Perhatikan Gambar 28). Kemudian tentukan parameter-parameter yang ingin diukur dengan meng-klik icon *Insert*, kemudian muncul window *Optimization Goal*. Disitu terdapat kolom *Quantity* dimana kita dapat memilih parameter apa saja yang ingin kita ukur (Perhatikan Gambar 29). Selebihnya samakan variabel yang ada dengan Gambar 30. Lalu tekan OK, dan tunggu hingga proses optimasi selesai dan menghasilkan file *.geom dengan bentuk geometri antenna yang baru.

Enter Frequency Range

Start Freq (GHz)

End Freq (GHz)

Number of Freq

Step Freq (GHz)

Linear
 Exponential

OK Cancel

Gambar 28. Penentuan frekuensi kerja antenna yang akan kita optimasi

Optimization Goal erry Corsten And Ramin Djawadi - Prison Break Theme [Breakout Mix] - Winamp...

Frequency Range
 Start Frequency GHz End Frequency GHz

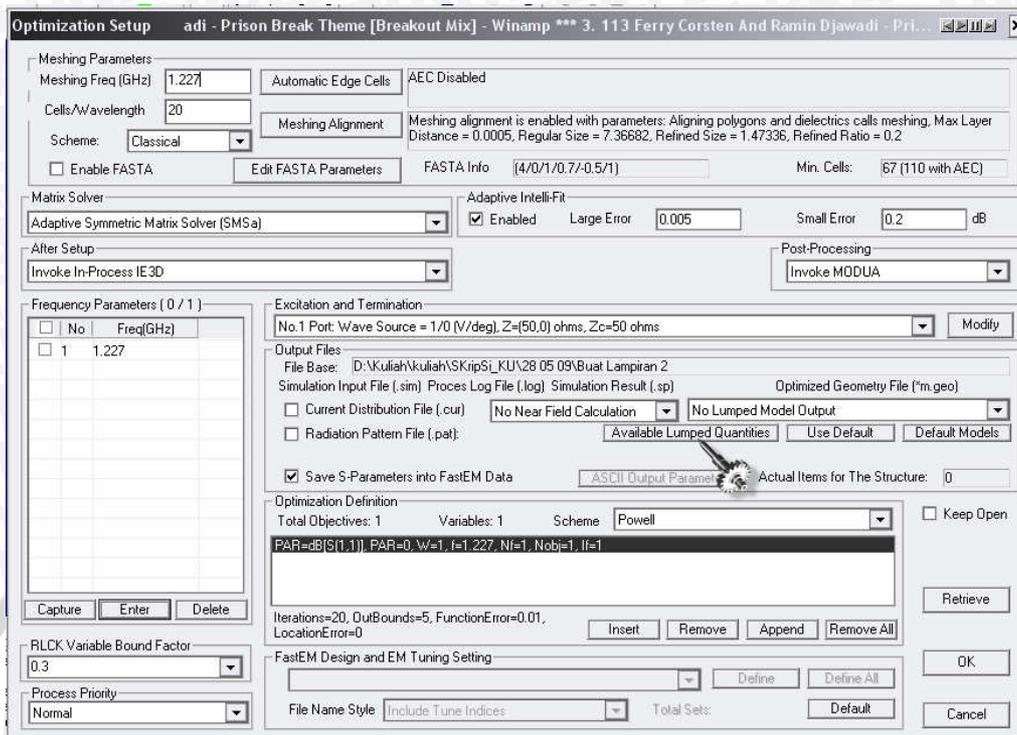
Optimization Objectives

Quantity	Parameter Type	1st Parameter	Operator	2nd Parameter
dB(S)	1	1	By Itself	1

Objective Type	Objective 1	Objective 2	Weight
Optimization Quantity = Objective1	0		1

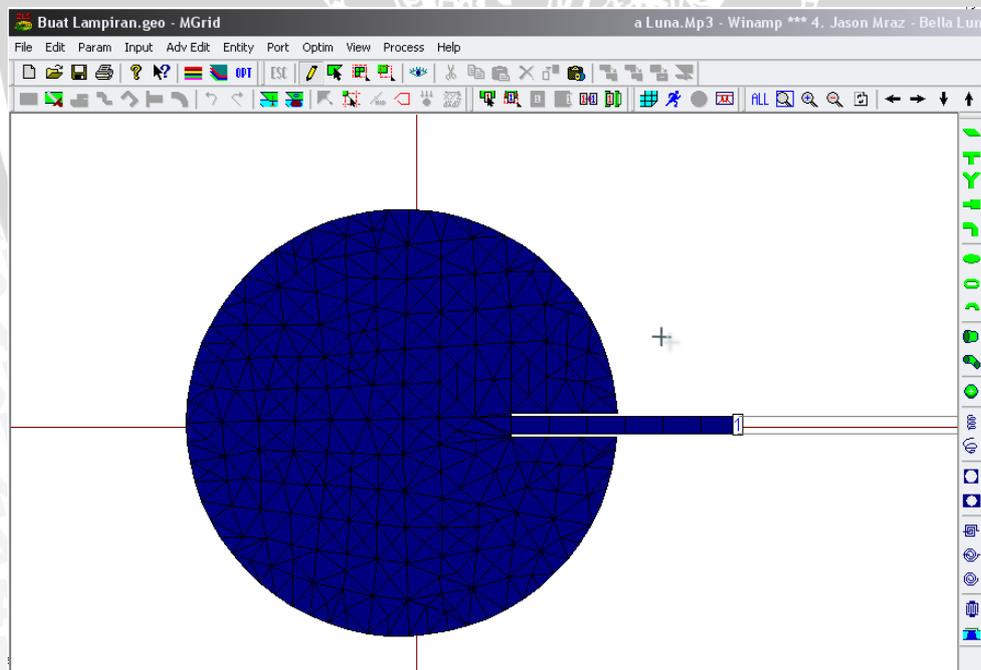
Note: You need to enable pattern calculation before you can define pattern optimization goals.

Gambar 29. Penentuan parameter yang akan kita ukur dan optimasi



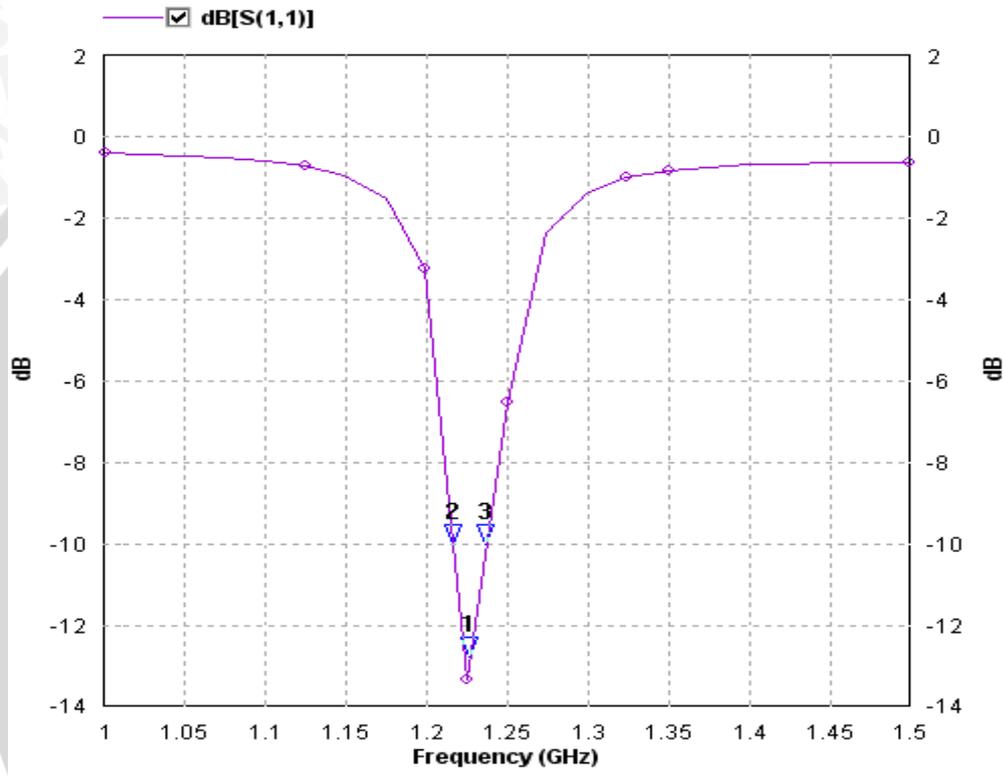
Gambar 30. Tampilan window *Optimization Setup*

24. Setelah simulasi, dihasilkan bentuk antenna seperti yang ditunjukkan Gambar 31.



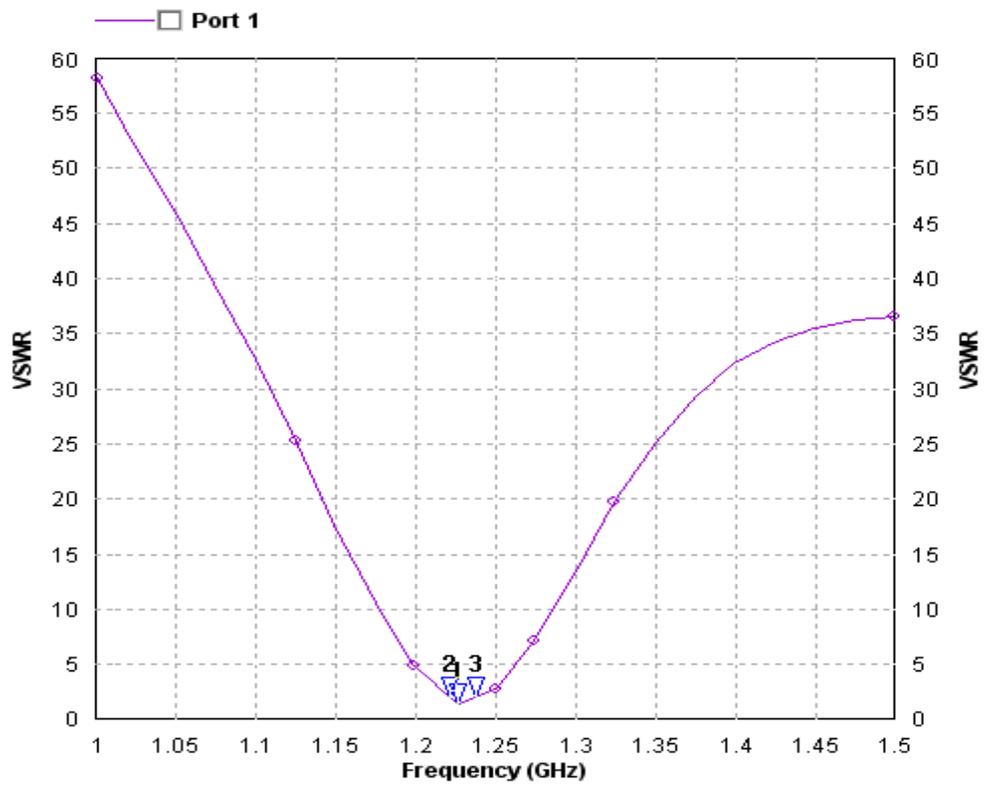
Gambar 31. Bentuk baru antenna hasil optimasi

25. Setelah didapatkan bentuk hasil optimasi, maka bentuk elemen tunggal yang baru ini harus disimulasikan terlebih dahulu untuk mengetahui performansinya. Langkah-langkah simulasi sama seperti langkah simulasi yang dilakukan pada elemen yang belum teroptimasi sebelumnya. Dari proses simulasi didapatkan hasil optimasi berupa Gambar 31 dan 32.



Gambar 31. Grafik *Return Loss* hasil optimasi elemen peradiasi

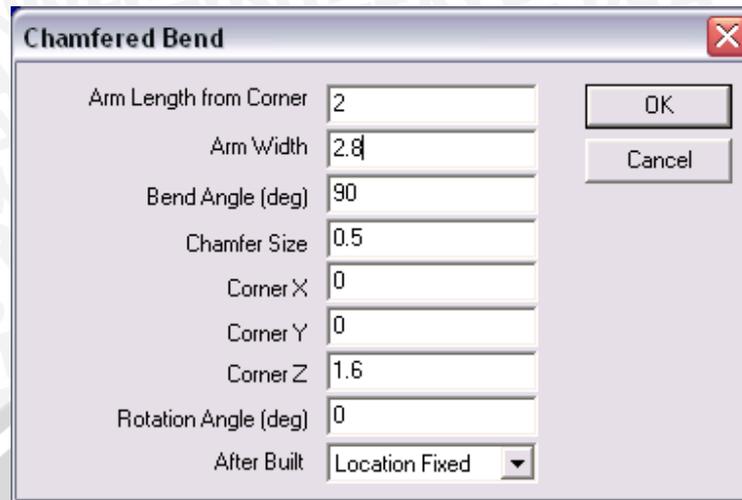
(Sumber: simulasi)



Gambar 32. Grafik VSWR hasil optimasi elemen peradiasi
(Sumber: simulasi)

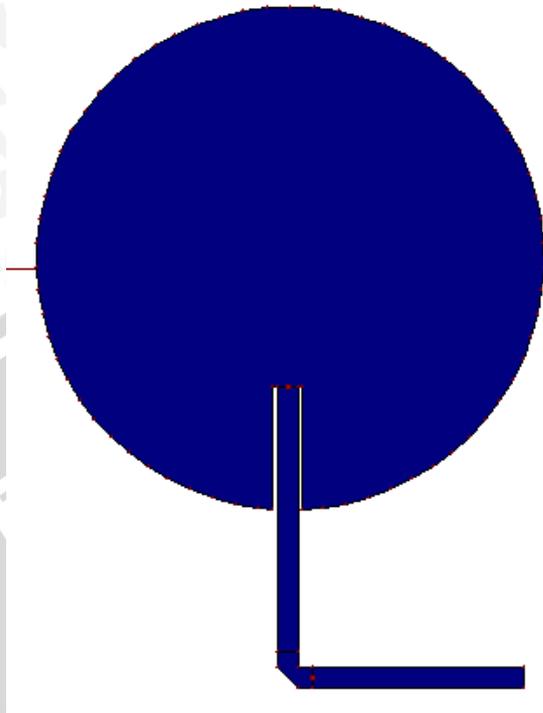
26. Dari kedua Grafik diatas dapat kita lihat bahwa antenna (elemen tunggal) telah memenuhi kriteria sesuai dengan yang kita inginkan, yakni mempunyai nilai return loss $\pm -20\text{dB}$ ($< -10\text{ dB}$) serta VSWR yang sebesar 1,42 pada frekuensi 1227 MHz. Karena elemen tunggal ini telah mempunyai performa yang sesuai dengan yang disyaratkan, maka kita dapat membuat antenna *array*-nya. Caranya adalah dimulai dari langkah 27 berikut.

27. Buatlah bending dengan mengklik icon **Chamfered Bend** pada *Toolbar* sebelah kanan window MGRID. Lalu akan muncul tampilan seperti Gambar 33.



Gambar 33. Memasukkan nilai-nilai variabel untuk membuat *Chamfered Bend*

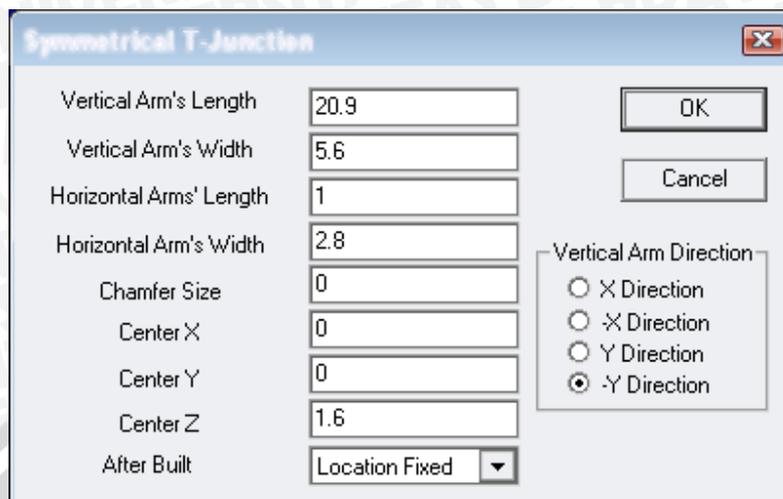
28. Setelah itu akan terbentuk (muncul) chamfered bend pada window MGRID dan kita tinggal menggabungkannya saja dengan saluran transmisi pada elemen peradiasi yang sudah ada. Caranya adalah dengan mengklik icon **Select Polygon** pada toolbar bagian atas window MGRID, lalu klik *chamferd bend*-nya. Kemudian tekan tombol (pada keyboard) **Shift+Tab** secara bersamaan untuk mengubah titik referensi penempelan *chamferd bend* pada saluran transmisi. Kemudian pindah & tempelkanlah *chamferd bend* pada saluran transmisi dengan menekan **Shift+M** secara bersamaan. Untuk membentuk susunan array sesuai dengan bentuk yang direncanakan maka select vertice pada sisi sebelah kanan *chamfered bend* lalu pilih **Adv Edit** → **Continue Straight Path** dengan ukuran sesuai perhitungan hingga titik pertemuan dengan **T-Junction**, sehingga diperoleh bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 34.



Gambar 34. Antena elemen tunggal dengan *chamfered bend*

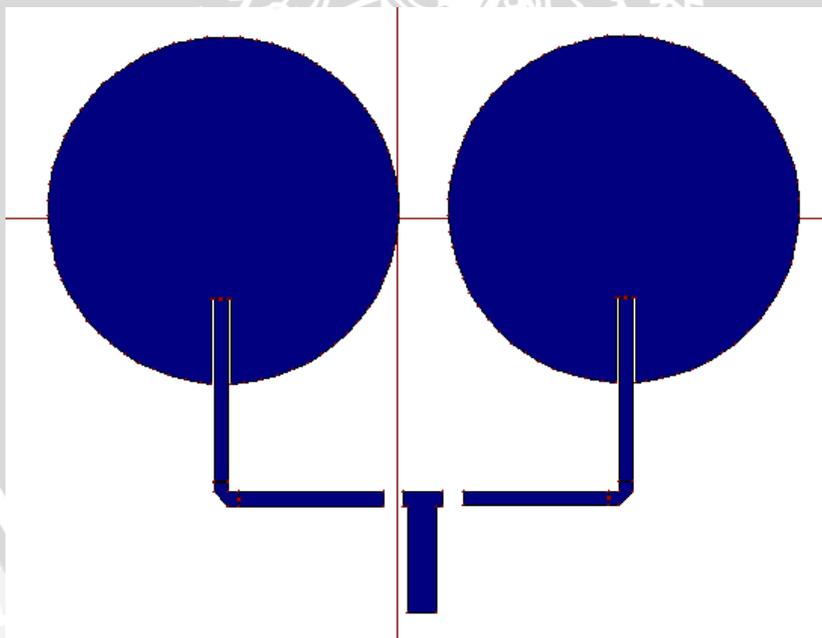
Sumber: Perencanaan

29. Lakukan hal yang sama untuk elemen yang kedua. Untuk membuat elemen kedua kita tinggal men-copy elemen yang pertama, namun *chamfered bend*-nya berbeda arah (ke arah kiri). Untuk hal ini kita tinggal me-rotate saja *chamfered bend*-nya sebesar 90 derajat dengan jalan mengklik Select Polygon → Klik *chamfered bend*-nya → Edit → Rotate → Masukkan nilai 90 → OK.
30. Setelah dua elemen terbentuk, kita tinggal menggabungkan saja keduanya dengan T-Junction. Caranya klik icon **T-Junction** pada toolbar sebelah kanan window M-Grid, lalu masukkan nilai seperti yang tertera pada Gambar 35.

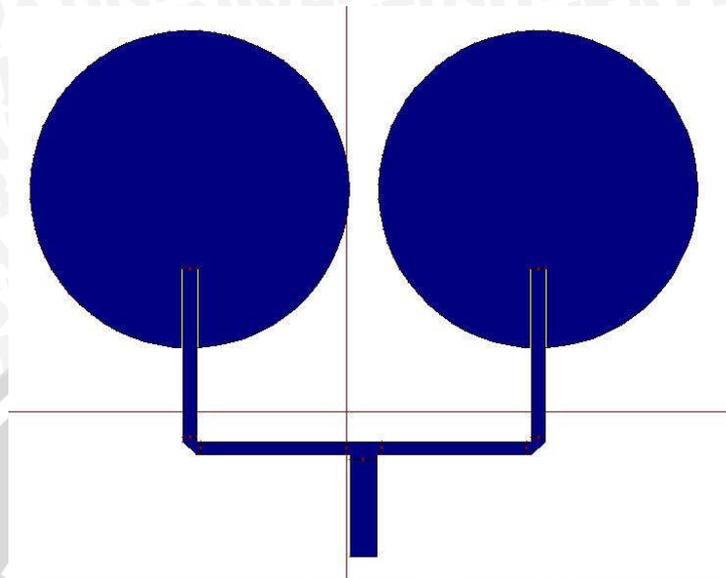


Gambar 35. Tampilan untuk membuat *T-Junction*

31. Setelah diperoleh geometri-geometri seperti Gambar 36, maka kita tinggal menggabungkan saja sehingga diperoleh bentuk seperti Gambar 37.

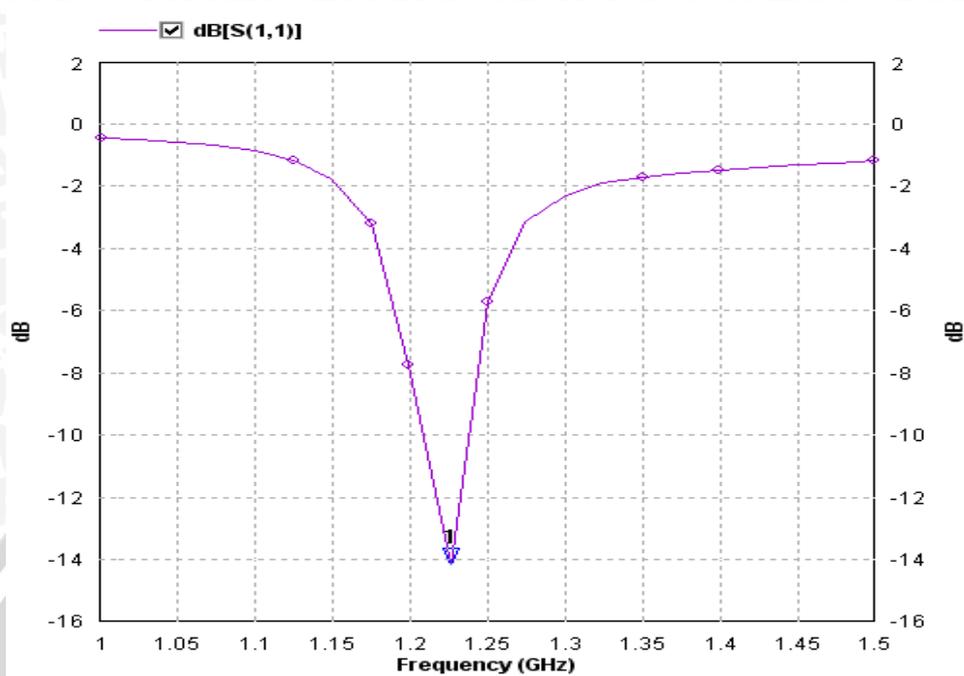


Gambar 36. Tiga bagian antenna yang belum digabungkan



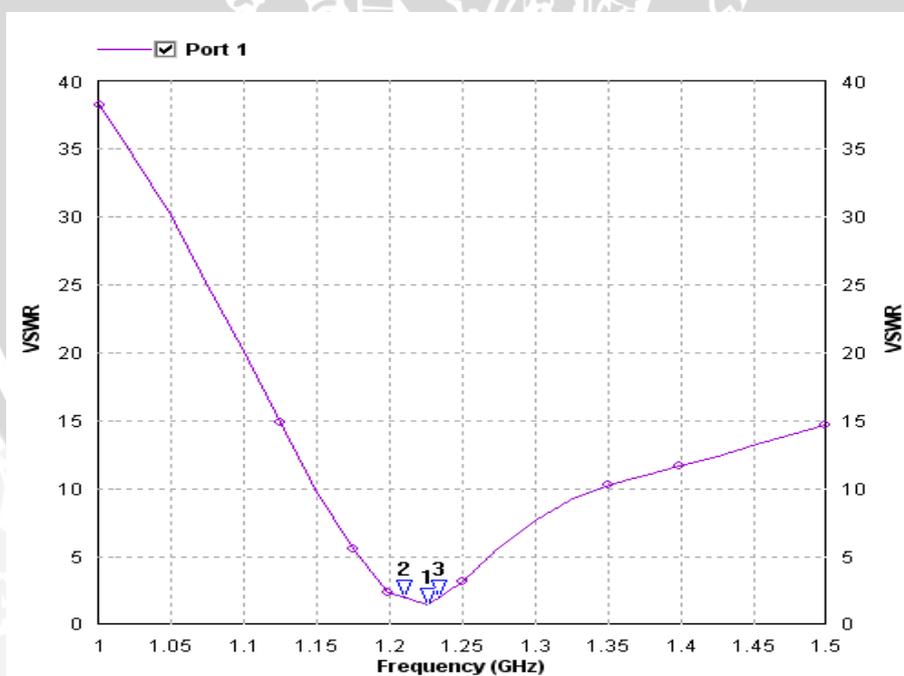
Gambar 37. Antena mikrostrip dual elemen array

32. Setelah diperoleh bentuk seperti bentuk yang diatas, maka kita dapat kemudian mensimulasikannya dengan prosedur simulasi persis seperti yang dilakukan pada elemen tunggal sebelumnya, sehingga diperoleh parameter-parameter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 38, dan 39.



Gambar 38. Hasil simulasi optimasi *Return Loss* terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

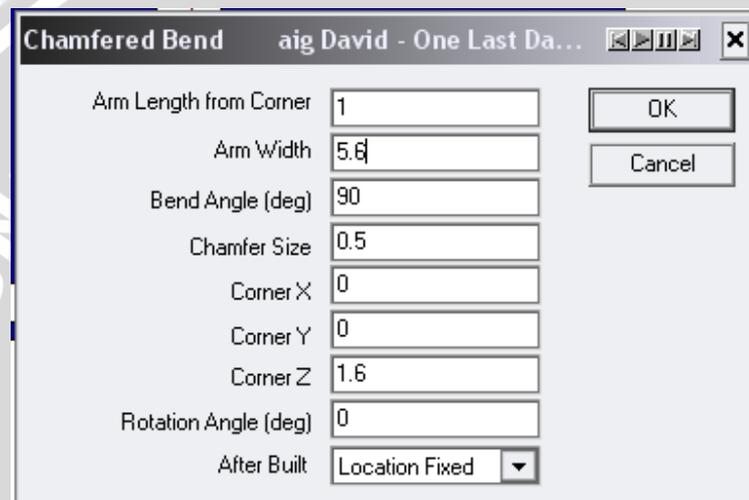


Gambar 39. Grafik VSWR terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi

33. Karena 2 elemen ini telah mempunyai performa yang sesuai dengan yang disyaratkan, maka kita dapat membuat antena *array 4 elemen*-nya. Caranya adalah dimulai dari langkah 34 berikut.

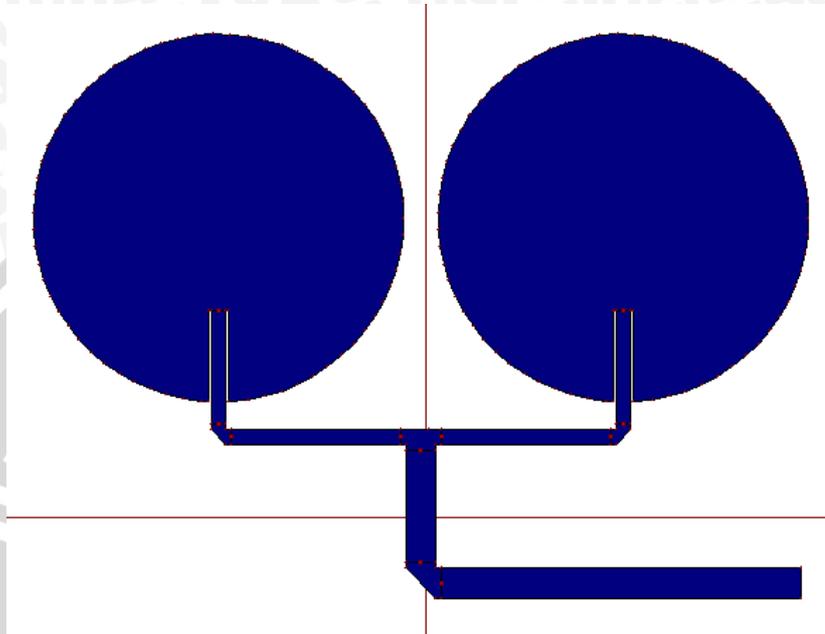
34. Buatlah bending dengan mengklik icon **Chamfered Bend** pada *Toolbar* sebelah kanan window MGRID, dengan lebar 5,6. Lalu akan muncul tampilan seperti Gambar 40.



Gambar 40. Memasukkan nilai-nilai variabel untuk membuat *Chamfered Bend*

35. Setelah itu akan terbentuk (muncul) *chamfered bend* pada window MGRID dan kita tinggal menggabungkannya saja dengan saluran transmisi pada elemen peradiasi yang sudah ada. Caranya adalah dengan mengklik icon **Select Polygon** pada toolbar bagian atas window MGRID, lalu klik *chamfered bend*-nya. Kemudian tekan tombol (pada keyboard) **Shift+Tab** secara bersamaan untuk mengubah titik referensi penempelan *chamfered bend* pada saluran transmisi. Kemudian pindah & tempelkanlah *chamfered bend* pada saluran transmisi dengan menekan **Shift+M** secara bersamaan. Untuk membentuk susunan array sesuai dengan bentuk yang direncanakan maka select vertice pada sisi sebelah kanan *chamfered bend* lalu pilih **Adv Edit** → **Continue Straight Path** dengan ukuran sesuai perhitungan hingga

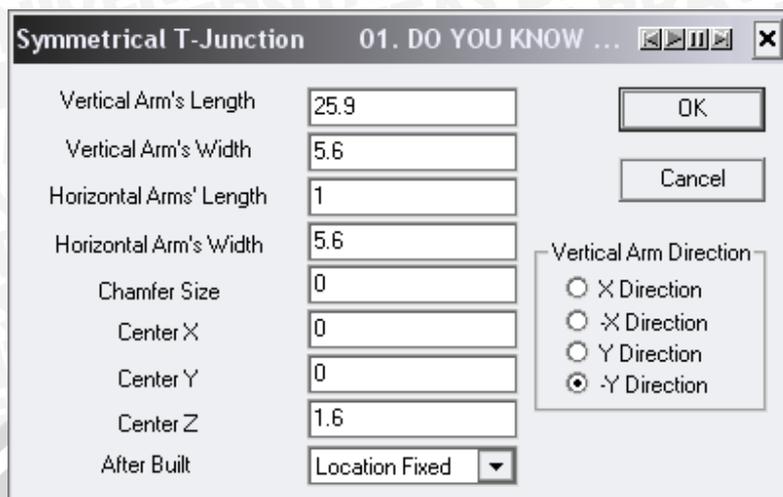
titik pertemuan dengan **T-Junction**, sehingga diperoleh bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 41.



Gambar 41. Antena dual elemen dengan *chamfered bend*

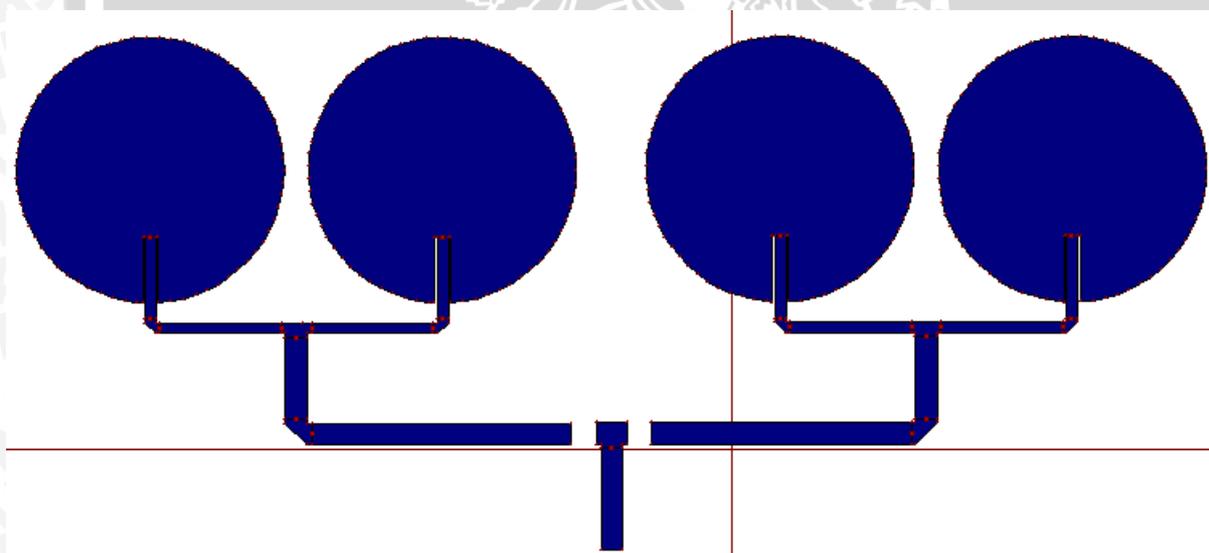
Sumber: Perencanaan

36. Lakukan hal yang sama untuk elemen yang kedua. Untuk membuat elemen kedua kita tinggal men-copy elemen yang pertama, namun *chamfered bend*-nya berbeda arah (ke arah kiri). Untuk hal ini kita tinggal me-rotate saja *chamfered bend*-nya sebesar 90 derajat dengan jalan mengklik Select Polygon → Klik *chamfered bend*-nya → Edit → Rotate → Masukkan nilai 90 → OK.
37. Setelah dua elemen terbentuk, kita tinggal menggabungkan saja keduanya dengan T-Junction. Caranya klik icon **T-Junction** pada toolbar sebelah kanan window M-Grid, lalu masukkan nilai seperti yang tertera pada Gambar 42.

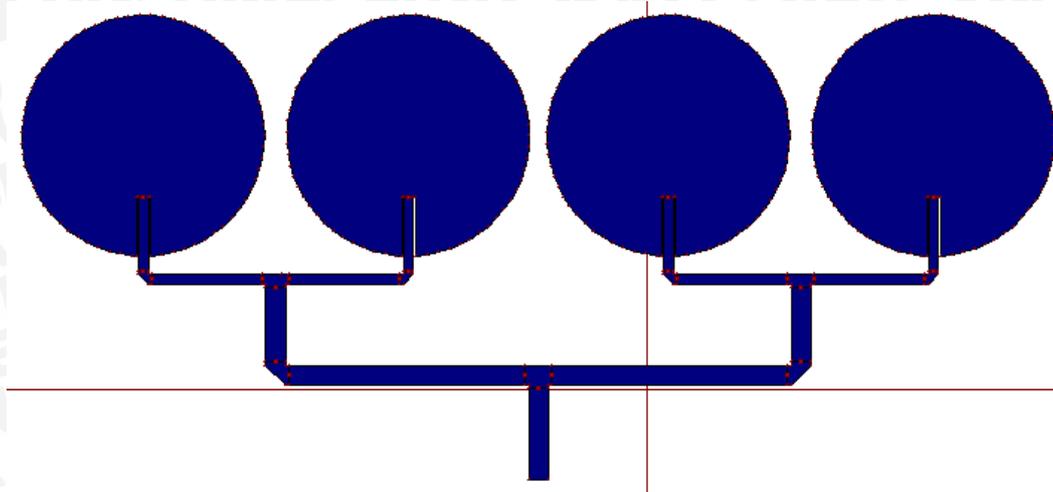


Gambar 42. Tampilan untuk membuat *T-Junction*

38. Setelah diperoleh geometri-geometri seperti Gambar 42, maka kita tinggal menggabungkan saja sehingga diperoleh bentuk seperti Gambar 43.

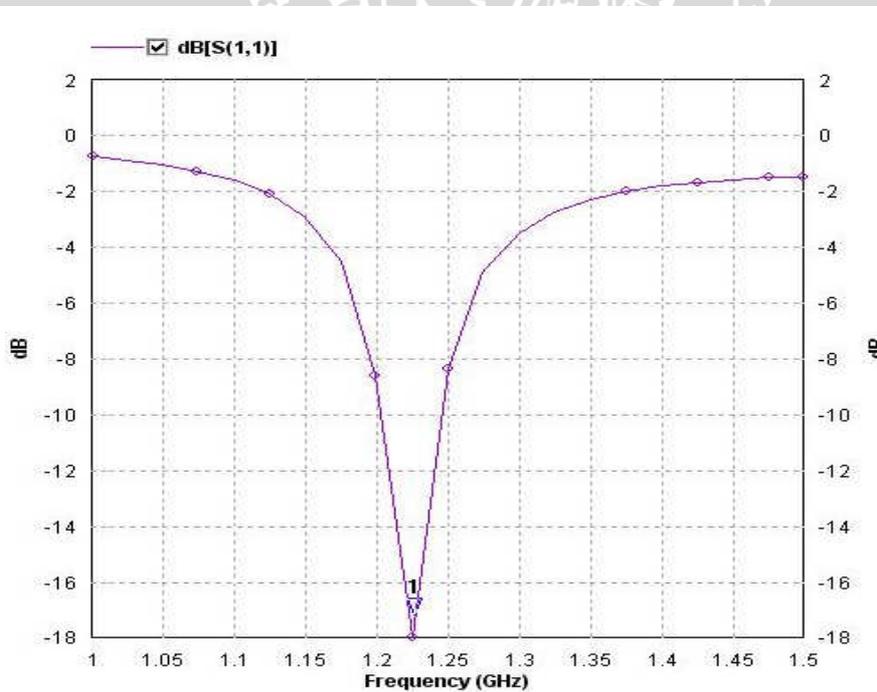


Gambar 42 Tiga bagian antenna yang belum digabungkan



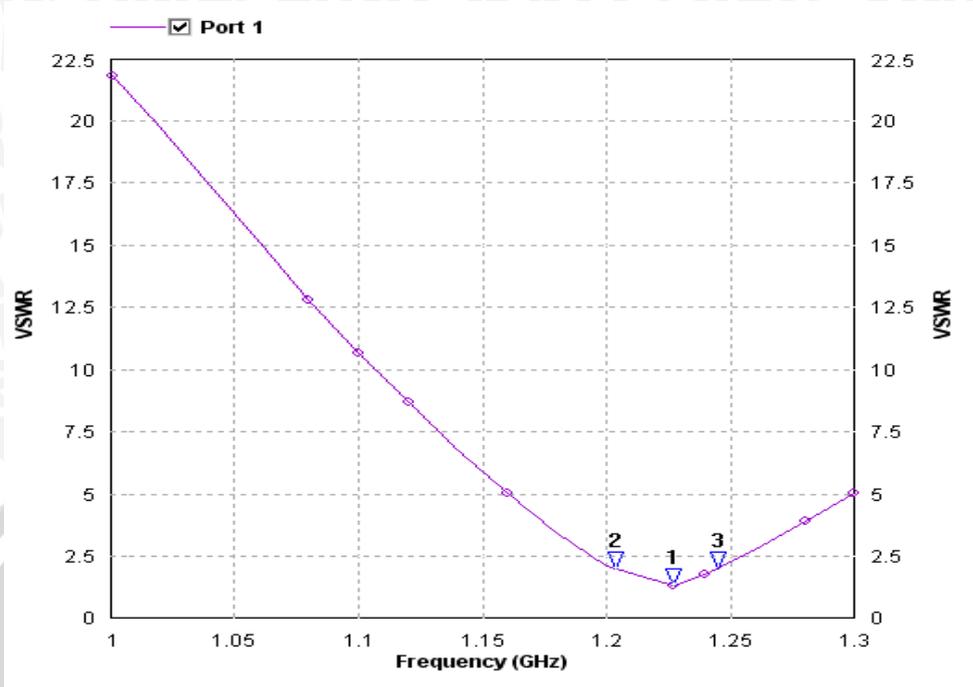
Gambar 43. Antena mikrostrip 4 elemen array

39. Setelah diperoleh bentuk seperti bentuk yang diatas, maka kita dapat kemudian mensimulasikannya dengan prosedur simulasi persis seperti yang dilakukan pada elemen tunggal sebelumnya, sehingga diperoleh parameter-parameter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 44, 45, 46, 47, dan 48.



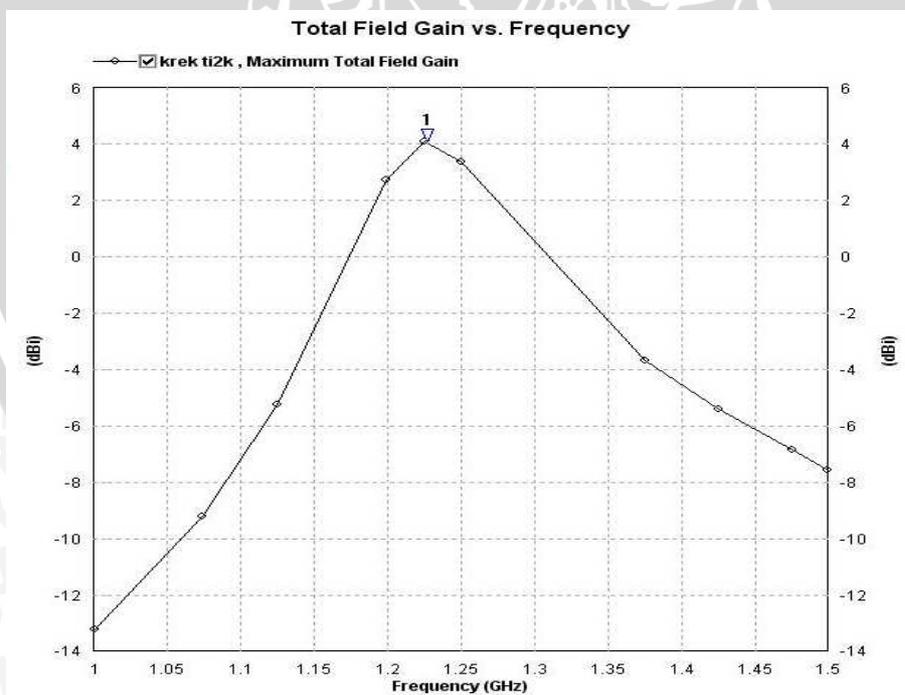
Gambar 44. Hasil simulasi optimasi *Return Loss* terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



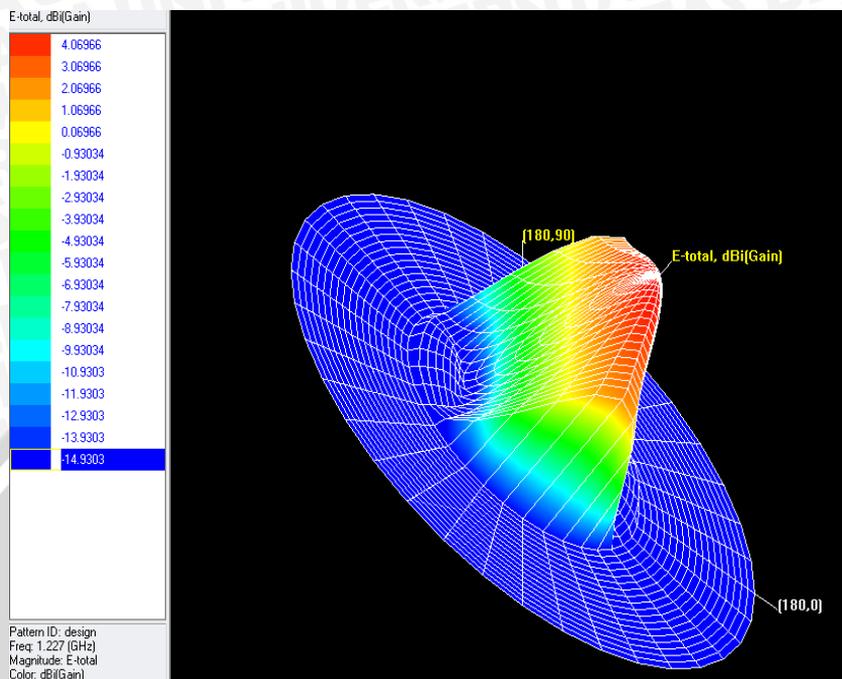
Gambar 45. Grafik VSWR terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



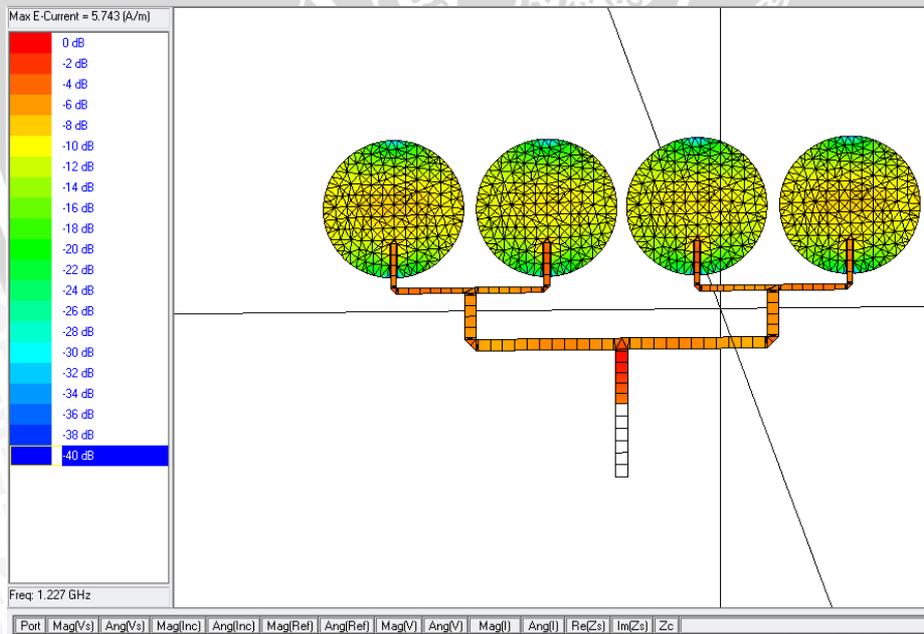
Gambar 46. Grafik Gain terhadap frekuensi

Sumber : Simulasi



Gambar 47. Gain Pattern 3D pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi



Gambar 48. Distribusi arus pada frekuensi 1227 MHz

Sumber : Simulasi

LAMPIRAN TAMBAHAN

Membuat Port dengan Port Hole Pada Path yang Ditentukan

Sebelum kita memulai untuk mensimulasikan patch yang akan kita gunakan pada antenna yang akan kita buat, kita harus menentukan dahulu parameter-parameter spesifik terkait bentuk patch serta bahan yang akan kita gunakan untuk mencetak antenna. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

$$\text{Konstanta dielektrik } (\epsilon_r) = 4,5$$

$$\text{Ketebalan lapisan dielektrik } (h) = 0,0016 \text{ m} = 1,6 \text{ mm}$$

$$\text{Loss tangent} = 0,018$$

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

$$\text{Ketebalan bahan konduktor } (t) = 0,0001 \text{ m}$$

$$\text{Konduktifitas tembaga } (\sigma) = 5,80 \times 10^7 \text{ mho m}^{-1}$$

$$\text{Frekuensi kerja } (f_r) = 1227 \text{ MHz}$$

$$\text{Impedansi karakteristik saluran} = 50 \Omega$$

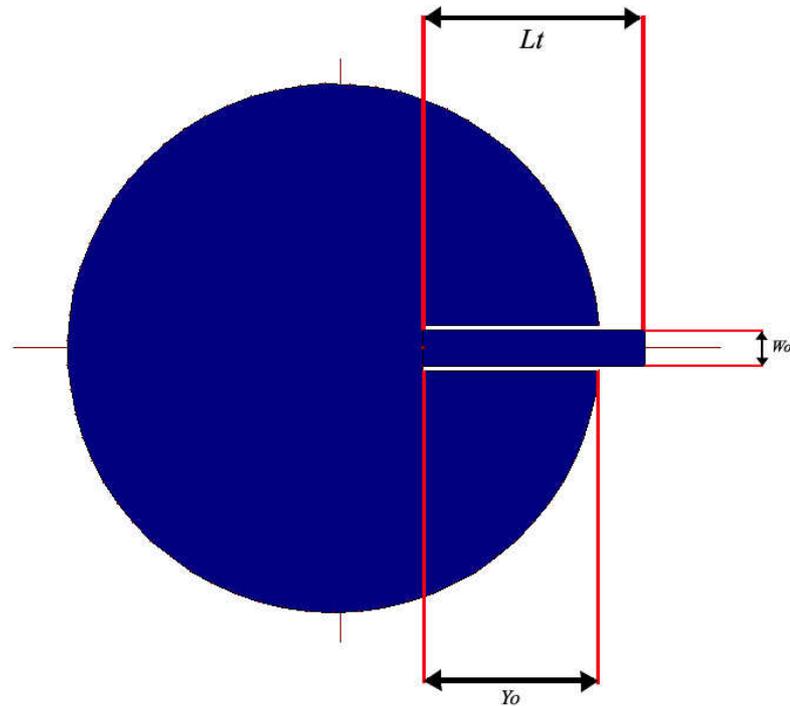
Dengan bentuk *patch* tunggal seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1, maka nilai untuk masing-masing variabel adalah:

$$a = 33,758 \text{ mm}$$

$$L_t = 28,2 \text{ mm}$$

$$y_o = 22,5 \text{ mm}$$

$$W_o = 2,843 \text{ mm}$$



Gambar 1. Elemen peradiasi
(Sumber : Perancangan)

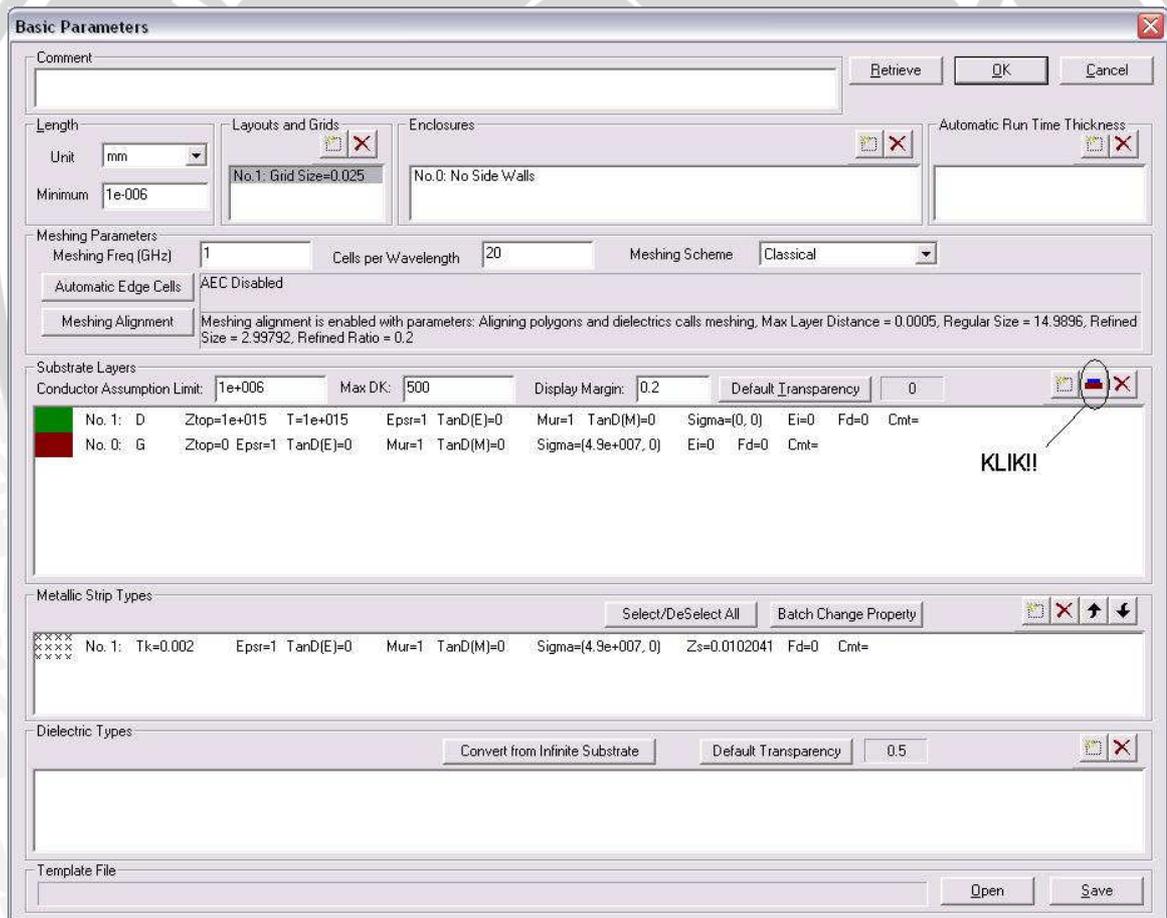
Dengan mengasumsikan bahwa program IE3D telah terinstal pada komputer anda, maka langkah-langkah lanjut yang harus dilakukan adalah:

1. Bukalah (klik)  Zeland Program Manager
2. Klik MGRID pada *window* yang muncul setelah anda membuka *Zeland Program Manager*. Perhatikan Gambar 1



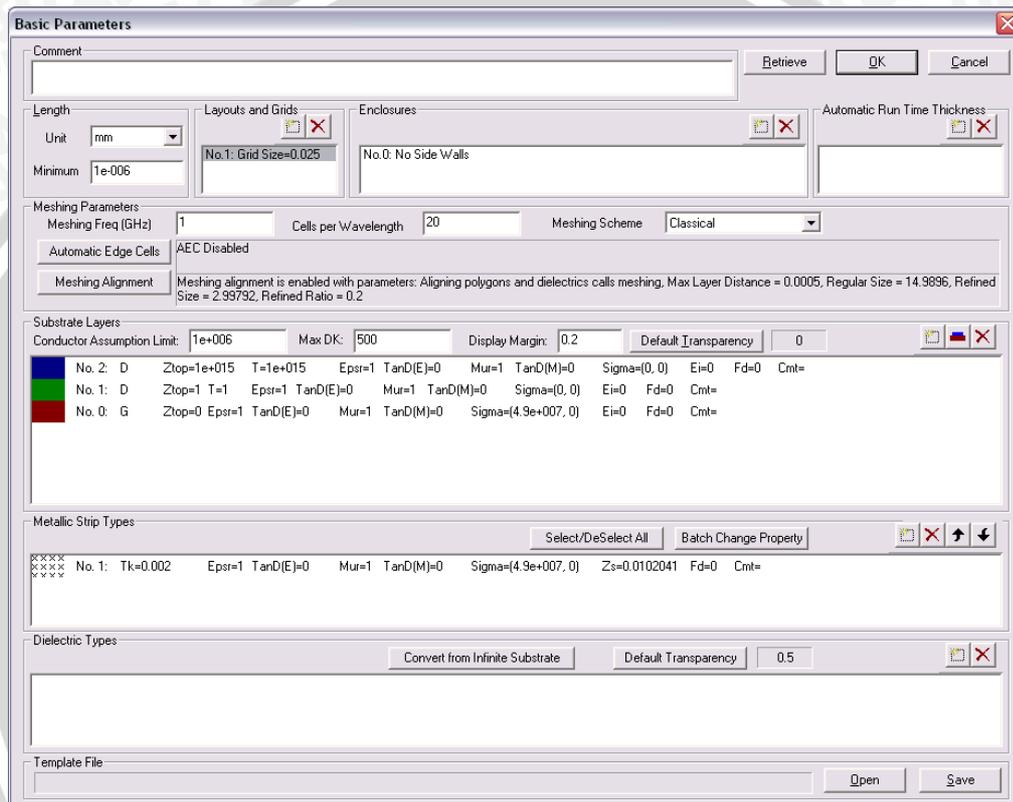
Gambar 1. Tampilan menu pada Zeland Program Manager

- Setelah itu pilih *File* → *New*, lalu muncul tampilan mengenai *Basic Parameters* seperti pada Gambar 2. *Basic Parameters* disini digunakan untuk memasukkan nilai-nilai parameter spesifikasi bahan yang kita gunakan sebagaimana tersebut diatas.



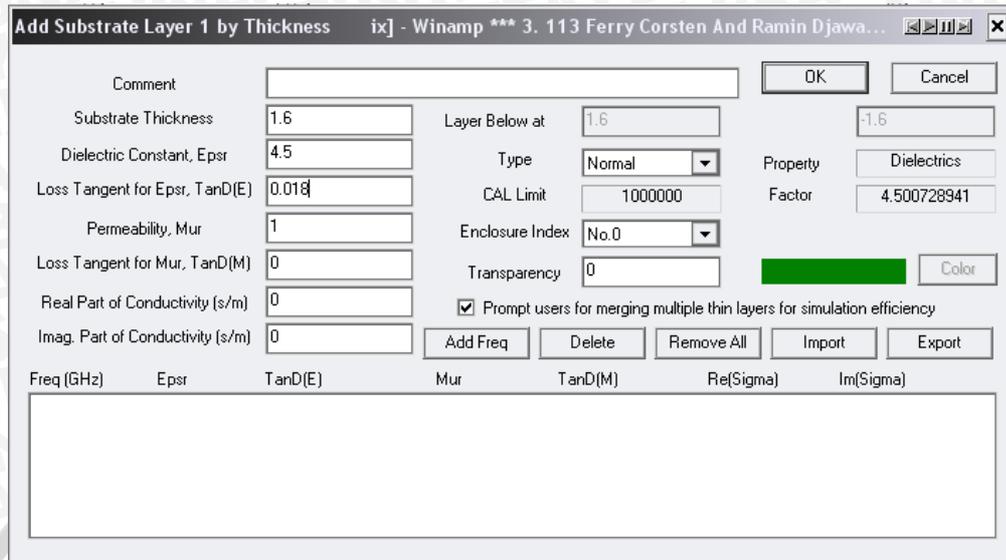
Gambar 2. Tampilan window Basic Parameters

4. Bahan utama FR-4 ada dua (2) lapisan, yakni lapisan konduktor dan *groundplane* (lapisan udara adalah default layer pada *Basic Parameters* ini) . Pada Gambar 2 ada dua lapisan pada kolom *Substrate Layers*, yakni berwarna hijau dan merah. Kedua lapisan itu menyimbolkan masing-masing untuk udara dan *groundplane*. Untuk menambahkan lapisan konduktor, klik icon *Add Substrate Layer by Thickness* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2, tekan OK. Lalu muncul tampilan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



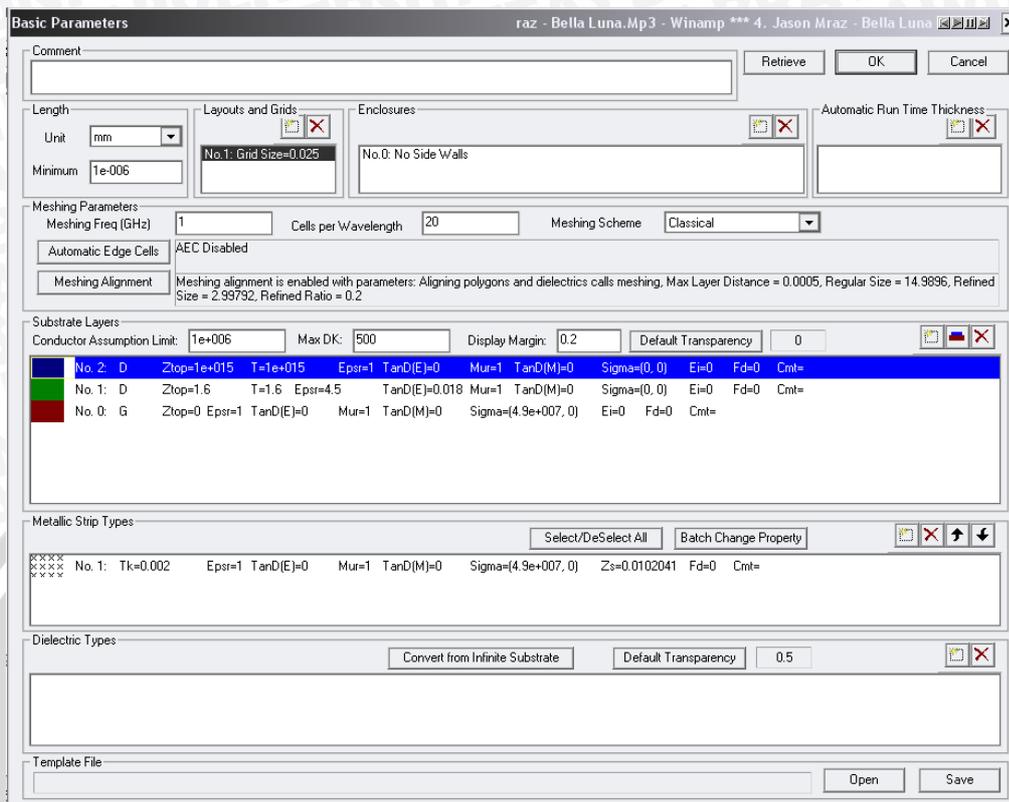
Gambar 3. Tampilan Basic Parameters untuk tiga lapisan bahan FR-4

5. Terlihat ada 3 lapisan diatas. Biru untuk udara (perhatikan Z_{top} -nya bernilai sebesar $1e+015$), hijau untuk lapisan konduktor (tembaga), sedangkan yang merah untuk lapisan *groundplane*-nya. Untuk meng-*edit* nilai-nilai dari parameter spesifikasi bahan pada tiap lapisan, klik 2 kali pada tiap lapisan yang diinginkan. Misalkan untuk lapisan konduktor disini diklik 2 kali, maka kemudian muncul tampilan seperti Gambar 4 di bawah ini.

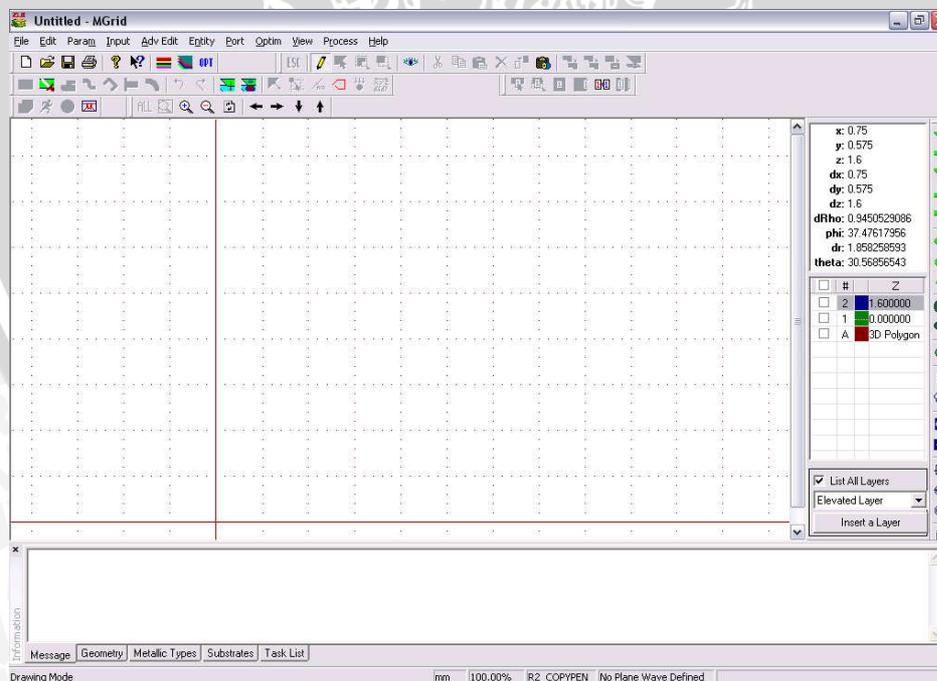


Gambar 4. Tampilan untuk mengedit parameter lapisan konduktor

6. Terlihat ada variabel-variabel seperti *Top Surface*, *Dielectric Constant*, serta *Loss Tangent for Epsr* yang masing-masingnya berarti ketebalan bahan (dalam satuan mm), Konstanta Dielektrik, serta Loss Tangen untuk bahan yang dimaksud. Untuk simulasi kali ini disesuaikan dengan spesifikasi bahan yang tealah tersebut diatas, sehingga setelah semua nilai (untuk lapisan konduktor) dimasukkan maka tampilan akan terlihat seperti Gambar 4. Lalu tekan OK.
7. Lakukan langkah yang sama untuk lapisan *groundplane*, tetapi yang diubah hanyalah *Real Part of Conductivity*-nya. Ubahlah menjadi nilai $5.8e+007$ sehingga diperoleh tampilan seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Lalu tekan OK, dan akan muncul tampilan menu MGRID seperti ditunjukkan oleh Gambar 6.

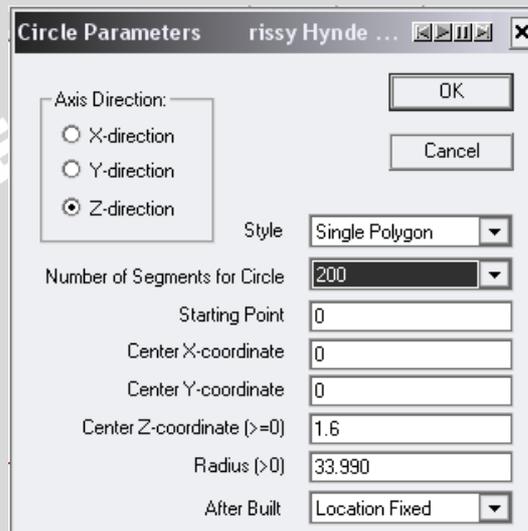


Gambar 5. Tampilan spesifikasi semua layer setelah di-edit



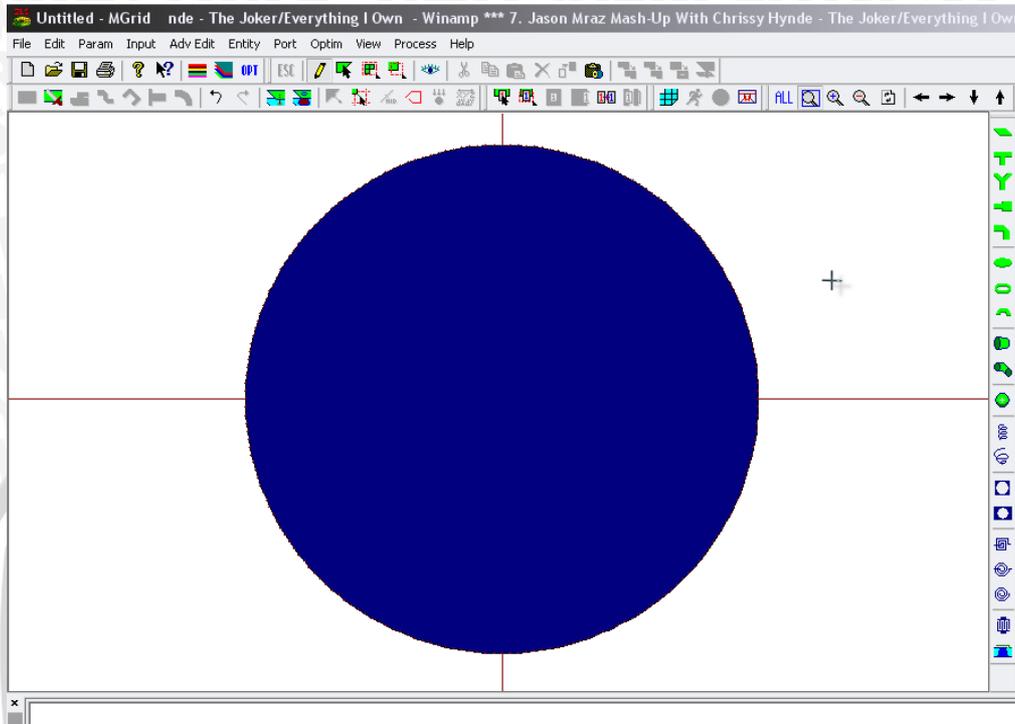
Gambar 6. Tampilan menu MGRID

8. Setelah window seperti diatas muncul, maka mulailah mulailah untuk membuat bentuk antena yang diinginkan. Untuk simulasi kali ini kita menggunakan bentuk *patch* lingkaran (circle). Untuk membuatnya, klik *Entity* → *Circle*, masukkan variabel *Radius* (jari-jari) sesuai spesifikasi bahan, pilih *Style* → *Single Polygon*, dan pilih Number of Segmen for circle masukkan nilai 200 . Lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 7.



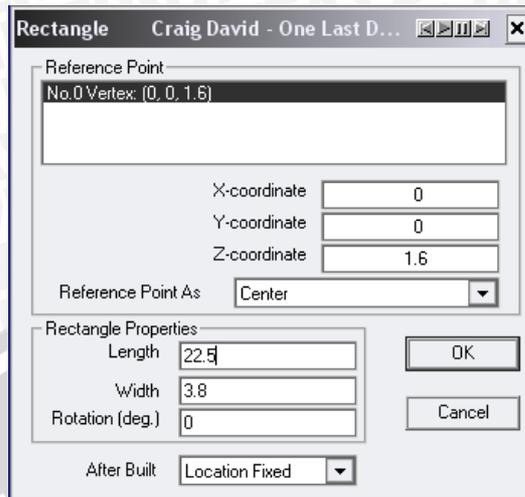
Gambar 7. Tampilan untuk mengubah nilai variabel-variabel *Circle*

9. Klik OK lalu akan muncul sebuah patch yang berbentuk lingkaran (circle) pada window MGRID seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



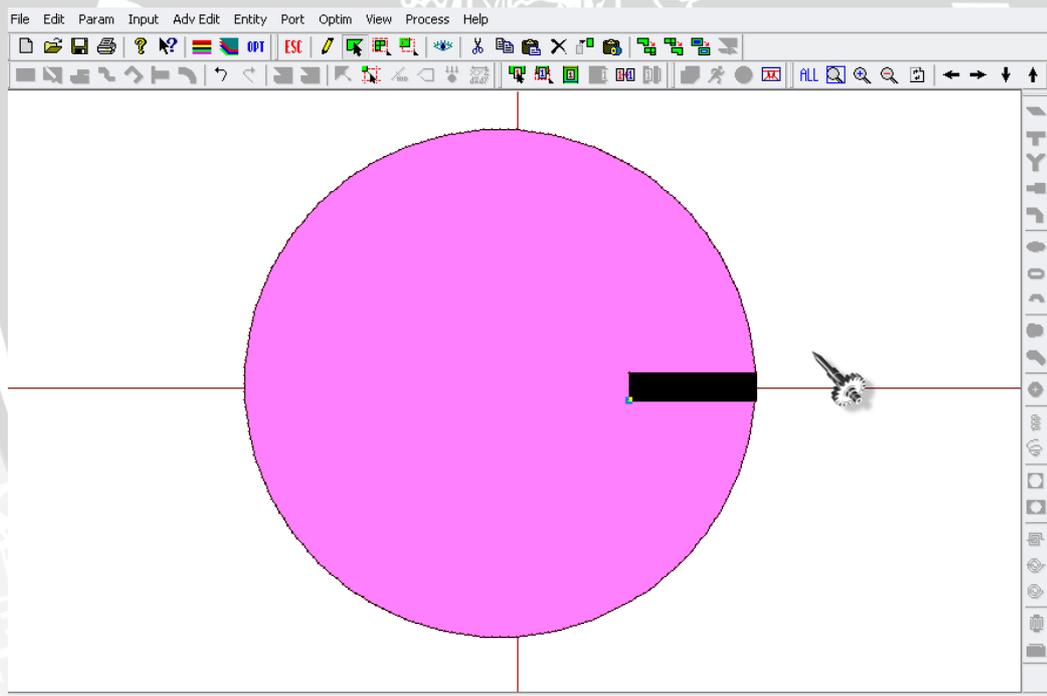
Gambar 8. Tampilan patch lingkaran

10. Untuk membuat *inset feed*, sebelumnya buat sebuah patch persegi untuk membuat “lubang”. Untuk membuatnya, klik *Entity* → *Rectangle*, Lebar pemotongan disini ditambah 1mm sebagai jarak antara saluran transmisi dengan sisi luar pemotongan. Dengan memasukkan nilai $y_o = 22.5$ mm dan W lebar pemotongan sebesar 3,8mm, lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 9.



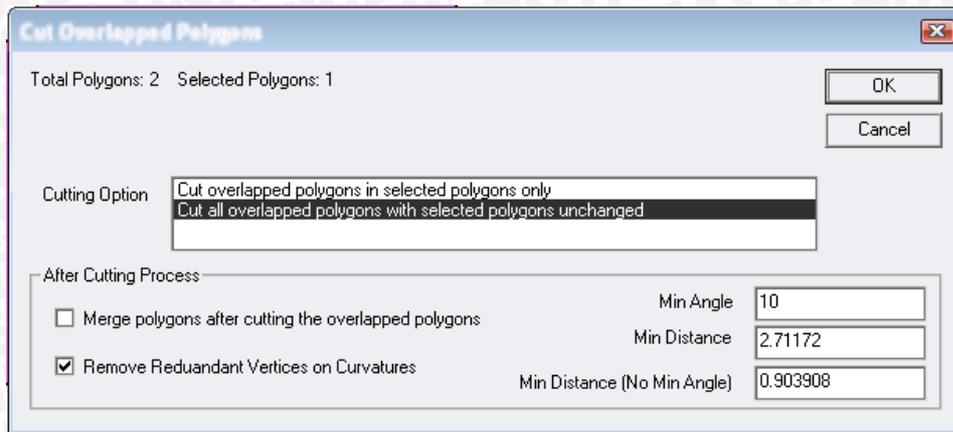
Gambar 9. Tampilan untuk membuat nilai variabel-variabel *Rectangle*

Lalu susun 2 patch seperti pada Gambar 10.

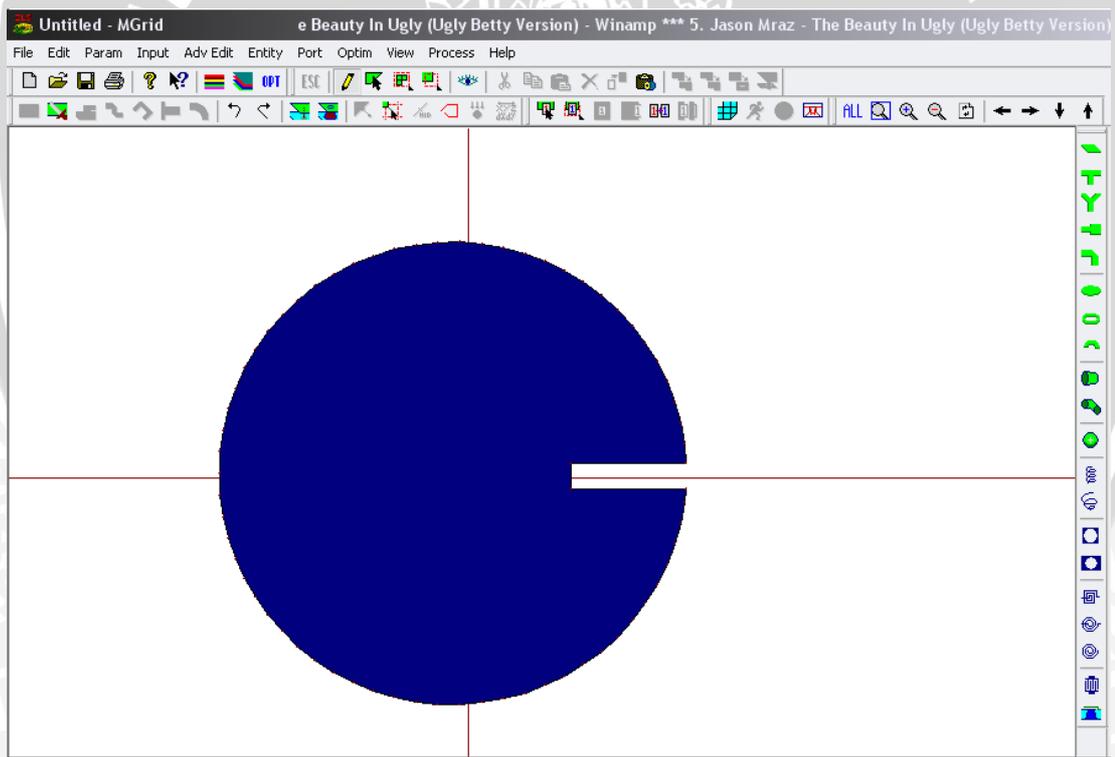


Gambar 10. Tampilan patch lingkaran dan patch rectangle

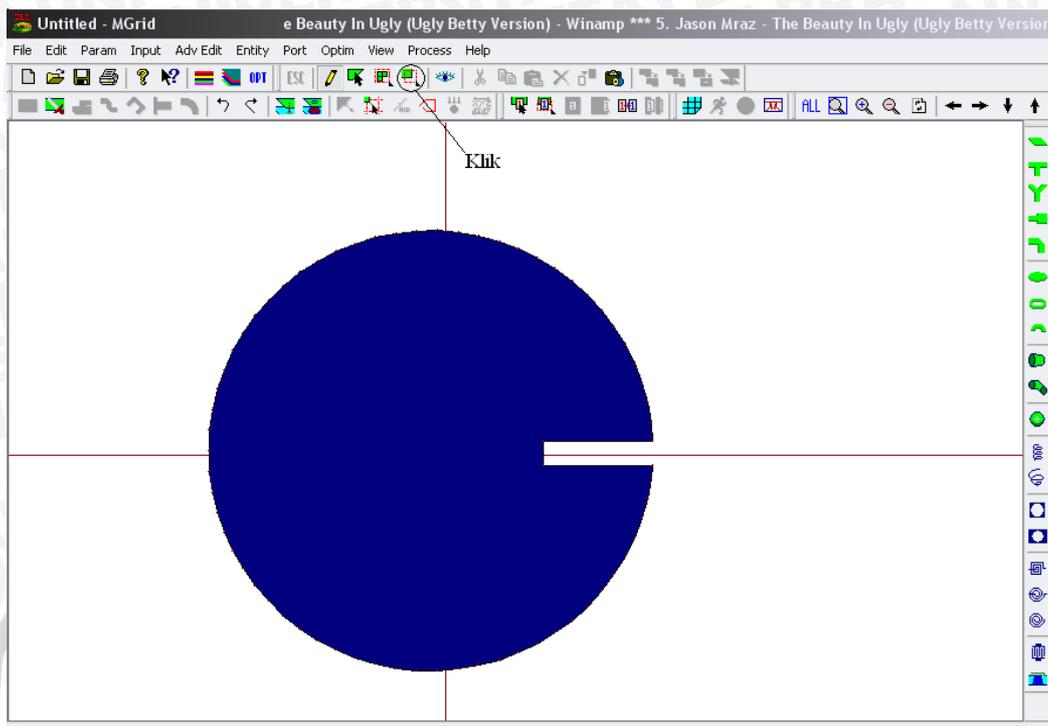
Setelah itu klik *Adv Edit* → *Cut Overlapped Polygons*, pilih option seperti pada Gambar 11. Setelah itu pilih patch persegi dan tekan *Delete*. Lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 12



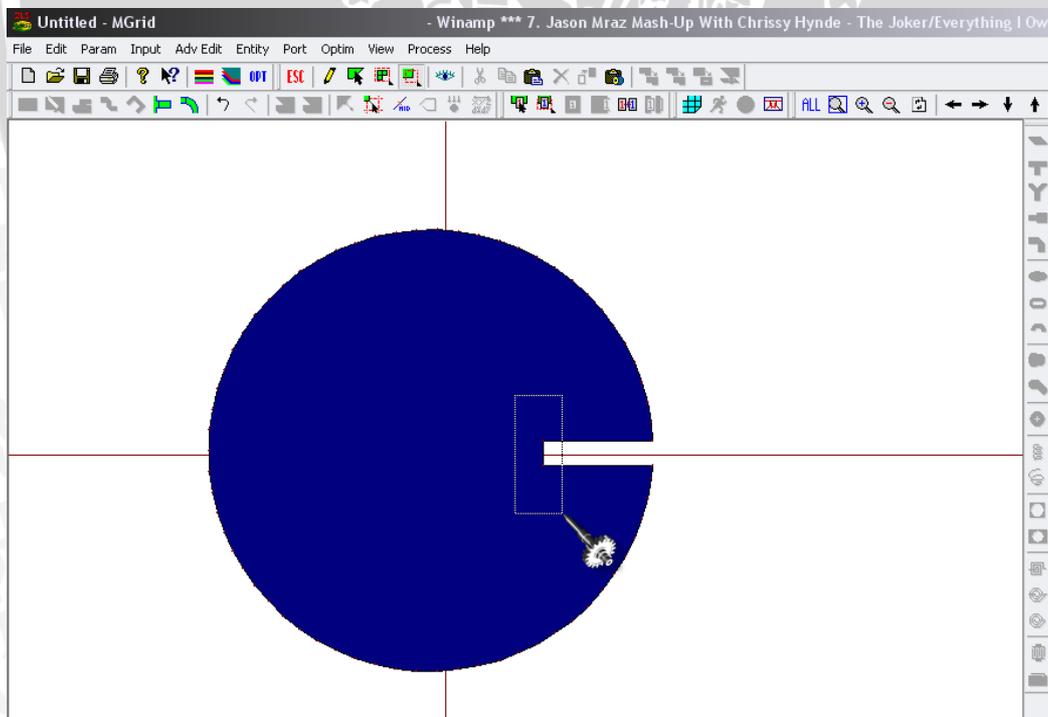
Gambar 11. Tampilan *Cut Overlapped Polygon*



Gambar 12. Tampilan patch lingkaran yang terpotong
 klik icon *Select Vertices* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13, lalu blok-lah *vertice* (sudut) yang diinginkan. Pengeblokan vertice ditunjukkan oleh Gambar 14.

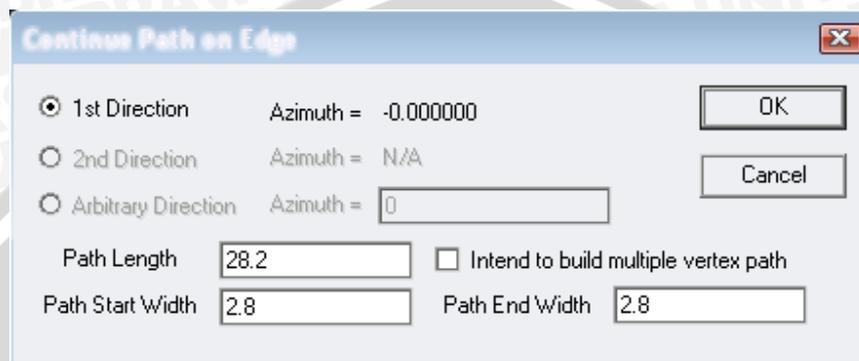


Gambar 13. Tampilan patch lingkaran



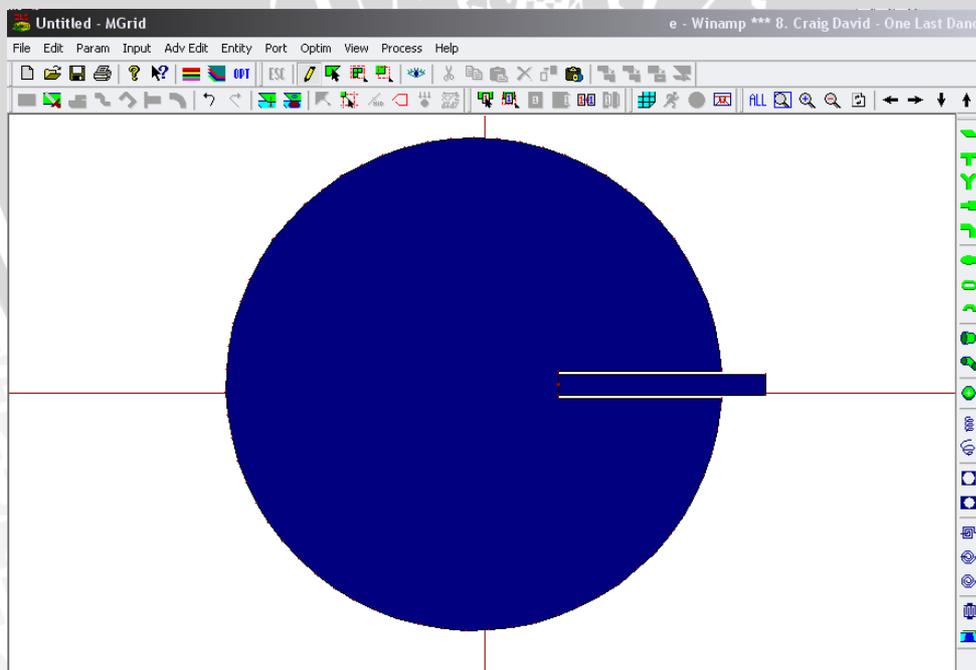
Gambar 14. Cara memblok Vertice

11. Setelah vertice ter-blok, pilihlah menu *Adv Edit* → *Continue Path on Edge*, kemudian akan muncul tampilan untuk memasukkan nilai mengenai kedalaman serta lebar pemotongan. Dengan memasukkan nilai $L_t = 28,2$ mm dan W lebar pemotongan sebesar 2,8 mm maka didapat tampilan Gambar 15.



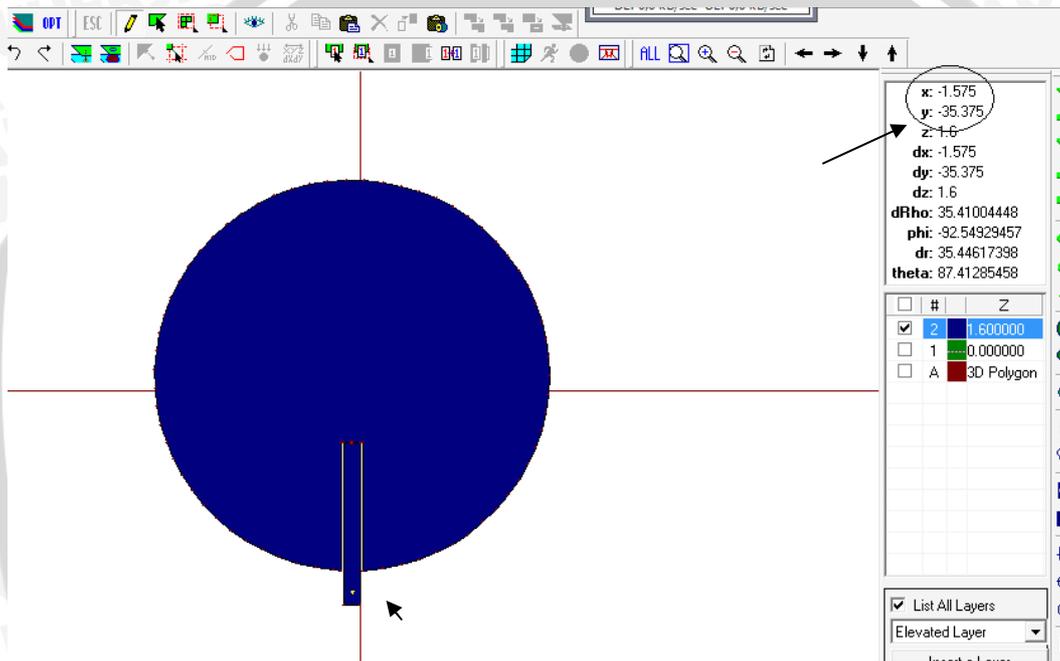
Gambar 15. Tampilan untuk memasukkan nilai panjang dan lebar *path*

12. Kemudian bentuk elemen peradiasi (*patch*) yang telah digabung dengan saluran transmisi (*path*) pun menjadi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 16.



Gambar 16. Bentuk elemen peradiasi setelah digabung dengan saluran transmisi

13. Setelah patch dan path terbentuk, maka kita buat port untuk antenna yang kita buat. Untuk mendefinisikan letak port maka kite tentukan jenis port yang kita gunakan. Untuk simulasi ini kita pilih dulu jenis portnya yaitu dengan menggunakan port hole. Pertama kita tentukan posisi lubang port dgn mencari nilai X dan Y.



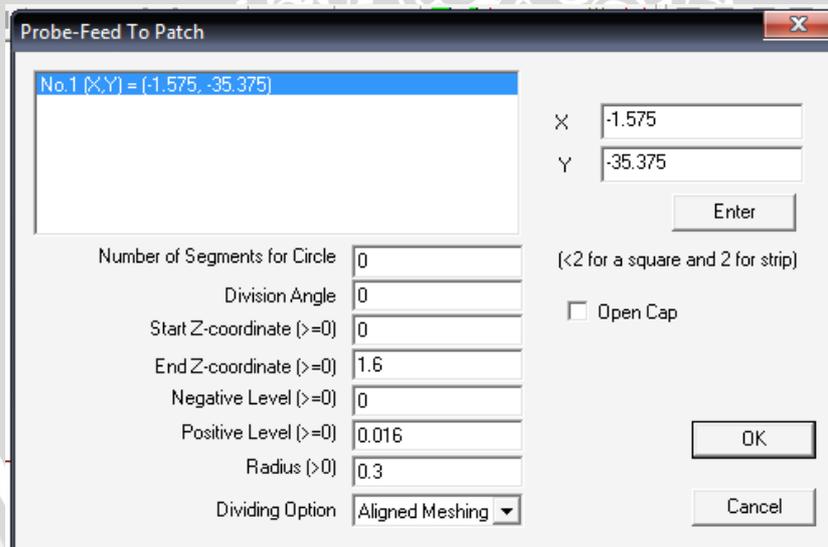
Gambar 17. Bentuk elemen peradiasi dalam menentukan posisi port

14. Setelah itu pilih menu **Input** → **Key In Absolute Location**. Lalu muncul tampilan seperti Gambar 18. Masukkan nilai X dan Y yang telah ditentukan sebelumnya.



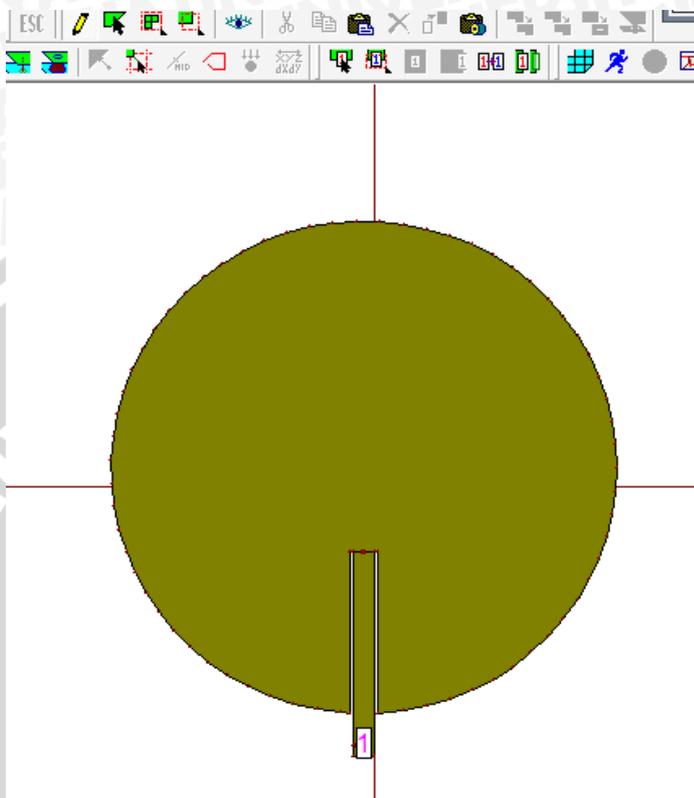
Gambar 18. Tampilan untuk memasukkan nilai X dan Y

15. Setelah posisi telah ditentukan maka langkah selanjutnya membuat port hole. Dengan memilih menu **Entity** → **Probe - Feed to Patch**. Setelah itu muncul tampilan seperti pada Gambar 19. Dengan hanya mengubah nilai Radius dengan ukuran konektor yang telah ada.



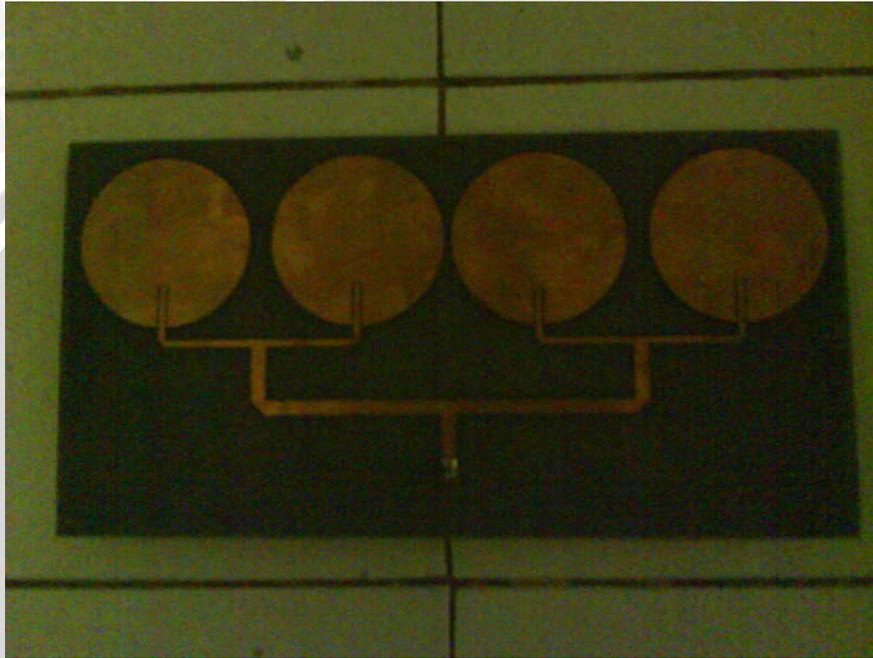
Gambar 18. Tampilan membuat **Port Hole**

16. Maka terbentuklah port hole seperti yang terlihat pada Gambar 20.



Gambar 18. Tampilan *patch* setelah terbentuk *Port Hole*

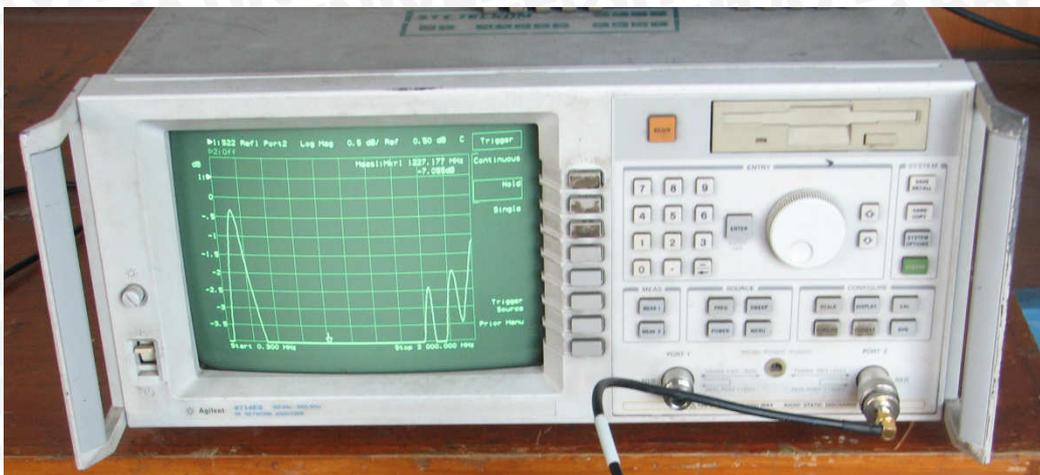
LAMPIRAN 2. DOKUMENTASI PENGUKURAN



Bentuk fisik antenna mikrostrip *circular array* 4 elemen 1227 MHz hasil fabrikasi



Sweep Oscillator 8350B 1 - 26.5 GHz Hewlett Packard



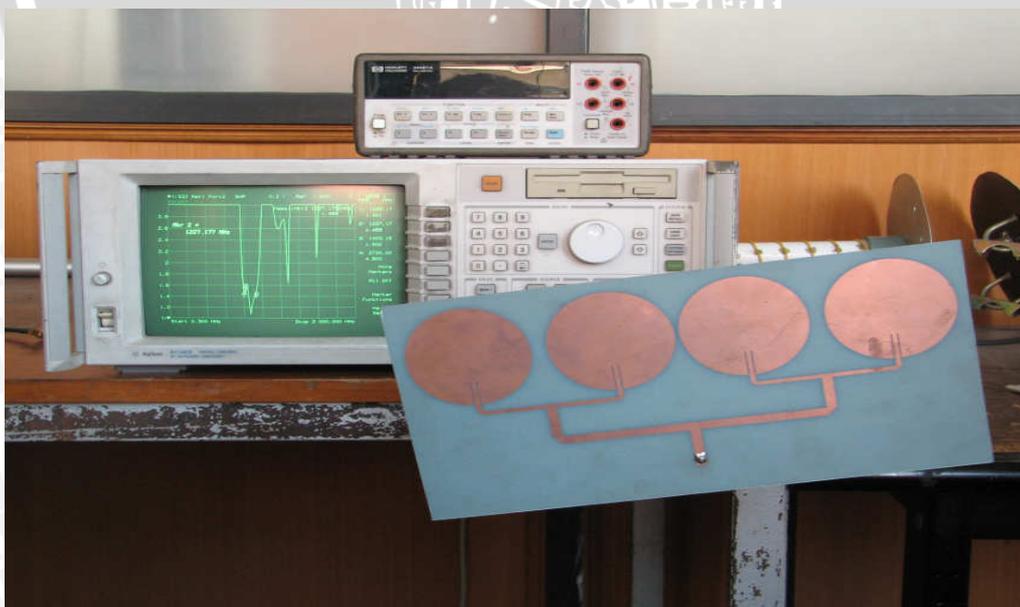
Agilent RF Network Analyzer 300 kHz – 3000 MHz



Spectrum Analyzer 8563E 30 Hz – 26.5 GHz Hewlett Packard



Kabel koaksial RG-58 A/U dengan konektor BNC dan N-Female



Pengukuran *return loss* dan VSWR



Proses pengukuran *gain*, pola radiasi dan polarisasi

