

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP

BI-ELEMENT ARRAY 2680 MHz

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh :

ALDID ASADIL BALAD

NIM. 0410633012

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2009

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP

BI-ELEMENT ARRAY 2680 MHz

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ALDID ASADIL BALAD

NIM. 0410633012

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. H. Erfan Achmad Dahlan, MT.

NIP. 19530714 198203 1 003

Rudy Yuwono, ST., MSc.

NIP. 19710615 199802 1 003

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP
BI-ELEMENT ARRAY 2680 MHz**

Disusun oleh:

ALDID ASADIL BALAD

NIM. 0410633012

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

DOSEN PENGUJI

DWI FADILA K., ST., MT.
NIP. 19720630 200003 1 002

ALI MUSTOFA, ST., MT.
NIP. 19710601 200003 1 001

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

RUDY YUWONO, ST., MSc.
NIP. 19710615 199802 1 003



PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadiran 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 dan merangkap sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah banyak membantu dan memberikan pengarahan serta berbagai saran yang membangun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak M. Azis Muslim, ST, MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
3. Ibu Ir. Endah Budi P, MT selaku KKDK Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro
4. Bapak Ir. H. Erfan Achmad Dahlan, 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. Ibuku tercinta. Terima kasih atas semua pengertian, kesabaran, nasihat, perhatian, kasih sayang, dan do'a yang diberikan selama ini.
7. Kakak-kakakku (Lia dan Selly) dan Keluarga besarku. Terima kasih atas semua dukungan dan perhatiannya.
8. Ranindya Shahastrri. Terima kasih atas waktu, perhatian, dukungan dan suntikan *spirit*-nya.

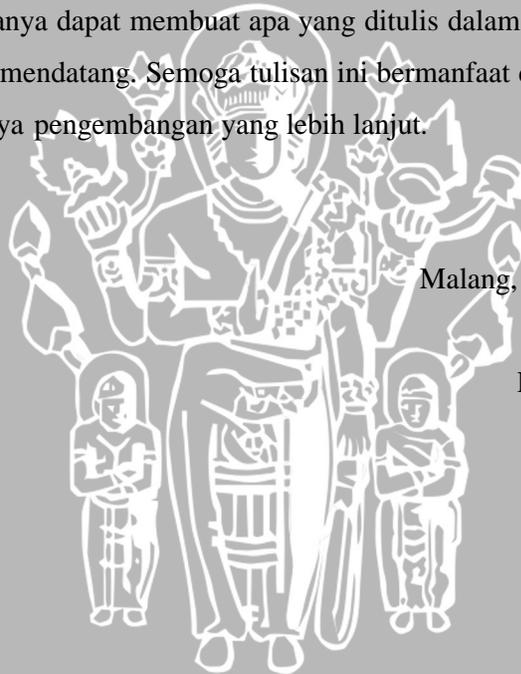
9. Kidnep. Terima kasih atas dukungan, bantuan dan kesediannya berbagi ilmu.

10. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, khususnya angkatan 2004, & Paket C. "63" atas kebersamaannya dan bantuannya.

11. Rekan rekan eat347 Malang/ spydo.

12. 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, Oktober 2009

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR GRAFIK ix

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xi

ABSTRAK xii

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Ruang Lingkup 2

1.3 Tujuan 3

1.5 Sistematika Penulisan 3

II. DASAR TEORI 4

2.1 Gambaran Umum *Wi-Max* 4

2.2 Topologi Jaringan *Wi-Max* 6

2.2.1 Topologi PMP (*Point to Multi Point*) 6

2.2.2 Topologi P2P (*Point to Point*) 6

2.2.3 Topologi Pengembangan 7

2.3 Alokasi Frekuensi *Wi-Max* 8

2.4 Parameter-parameter antena 9

2.4.1 Impedansi Terminal Antena 9

2.4.2 Polarisasi 10

2.4.2.1 Polarisasi Linier 11

2.4.2.2 Polarisasi Circular 12

2.4.2.2 Polarisasi Ellips 12

2.4.3 Daerah Medan Radiasi 13

2.4.4 Pola Radiasi 14

2.4.4.1 Lobe-lobe Pola Radiasi dan <i>Beamwidth</i>	16
2.4.5 Keterarahan (<i>Directivity</i>)	17
2.4.6 Penguatan (<i>Gain</i>) Antena	18
2.4.7 <i>VSWR</i> (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>).....	19
2.4.8 <i>Return Loss</i>	20
2.4.9 Lebar Pita (<i>Bandwidth</i>)	20
2.5 Antena Mikrostrip	21
2.5.1 Bentuk Umum Antena Mikrostrip	21
2.5.2. Mekanisme Radiasi Pada Antena Mikrostrip	22
2.5.3 Dimensi Antena Mikrostrip.....	26
2.5.3.1 Panjang Sisi Elemen Peradiasi Persegi ($W=L$)	29
2.5.3.2 Radius Elemen Peradiasi Lingkaran (a).....	29
2.5.3.3 Impedansi Masukan.....	30
2.5.3.4 Dimensi Saluran Transmisi.....	31
2.5.3.5 Jarak antar elemen.....	31
2.5.4 Saluran Transmisi Mikrostrip	31
2.5.5 Teknik Pencatutan Antena Mikrostrip	32
2.5.5.1 <i>Microstrip Line Feed</i>	32
2.5.5.2 <i>Coaxial Feed</i>	33
2.5.5.3 <i>Aperture Coupling</i>	34
2.5.5.4 <i>Proximity Coupling</i>	34
2.6 <i>Microstrip discontinuities</i>	35
2.7 Antena <i>Array</i>	35
III.METODOLOGI	38
3.1 Studi literatur.....	38
3.2 Pengumpulan Data.....	38
3.3 Perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip	38
3.4 Rancangan pengujian	38
3.4.1 Pengukuran <i>return loss</i> , koefisien pantul dan <i>VSWR</i>	38
3.4.2 Pengukuran <i>gain</i> antena	39
3.4.3 Pengukuran pola radiasi	39
3.4.4 Pengukuran polarisasi	39
3.4.5 Pengukuran Keterarahan (<i>directivity</i>).....	39

3.4.6 Perhitungan <i>Bandwidth</i>	39
3.5 Analisis Antena	40
3.6 Pengambilan kesimpulan dan saran	40

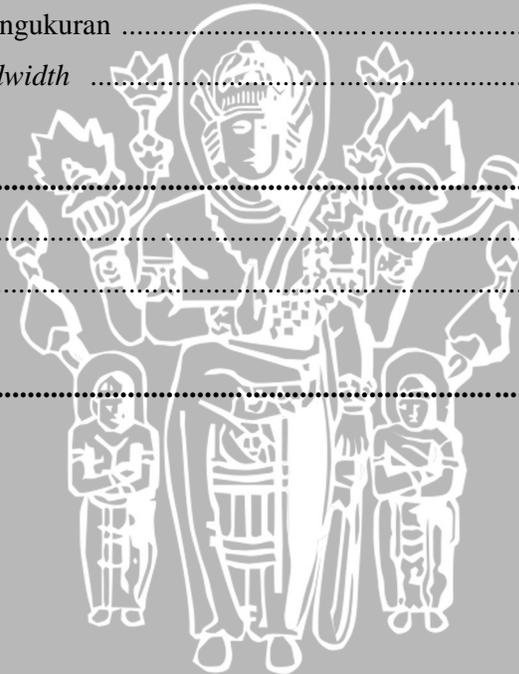
IV. PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA MIKROSTRIP

RECTANGULAR ARRAY DUAL ELEMEN 2510 MHz	41
4.1 Tinjauan Umum	41
4.2 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor	41
4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi	42
4.3.1 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi Persegi	42
4.3.1 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi Lingkaran	44
4.4 Perencanaan Mekanisme Pencatutan	45
4.4.1 Perencanaan Pencatutan Elemen Peradiasi Persegi	45
4.4.1 Perencanaan Pencatutan Elemen Peradiasi Lingkaran	46
4.5 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi	46
4.6 Optimasi Elemen Peradiasi	50
4.6.1 Optimasi Elemen Peradiasi Persegi	50
4.6.1 Optimasi Elemen Peradiasi Lingkaran	52
4.7 Perencanaan Antena <i>Bi-Element Array</i>	55
4.8 Optimasi Antena <i>Bi-Element Array</i>	58

V. PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA

MIKROSTRIP RECTANGULAR ARRAY 2510 MHz	63
5.1 Pendahuluan	63
5.2 Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan Perhitungan <i>VSWR</i> ..	63
5.2.1 Alat-alat yang digunakan	63
5.2.2 Prosedur Pengukuran	63
5.2.3 Hasil Pengukuran	64
5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran	66
5.3 Pengukuran <i>Gain</i> Antena	67
5.3.1 Alat-alat yang Digunakan	67
5.3.2 Prosedur Pengukuran	67
5.3.3 Hasil Pengukuran	68
5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran	69

5.4 Pengukuran Pola Radiasi	69
5.4.1 Alat-alat yang digunakan.....	69
5.4.2 Prosedur Pengukuran.....	69
5.4.3 Hasil Pengukuran	70
5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran	71
5.5 Pengujian Polarisasi	73
5.5.1 Alat-alat yang digunakan.....	73
5.5.2 Prosedur Pengukuran.....	73
5.5.3 Hasil Pengukuran	74
5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran	75
5.6 Perhitungan Keterarahan (<i>Directivity</i>)	76
5.6.1 Cara Perhitungan.....	76
5.6.2 Prosedur Pengukuran	76
5.7 Perhitungan <i>Bandwidth</i>	77
VI. PENUTUP	78
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Topologi PMP Jaringan Wi-Max	6
Gambar 2.2.	Topologi P2P Jaringan Wi-Max	7
Gambar 2.3.	Topologi Mesh Jaringan Wi-Max	7
Gambar 2.4.	Kombinasi Topologi PMP dan P2P	8
Gambar 2.5.	Polarisasi Linier Horisontal dan vertikal	11
Gambar 2.6.	Polarisasi Circular	12
Gambar 2.7.	Pembagian daerah medan radiasi antena	13
Gambar 2.8.	Pola Radiasi	15
Gambar 2.9.	Pola radiasi antena dalam koordinat <i>Rectangular</i> dan skala dB	15
Gambar 2.10.	Struktur antena mikrostrip	21
Gambar 2.11.	Macam-macam bentuk elemen mikrostrip	22
Gambar 2.12.	Distribusi muatan pada sebuah antena mikrostrip	23
Gambar 2.13.	Distribusi medan elektrik untuk mode TM_{100}	24
Gambar 2.14.	Kepadatan arus ekuivalen pada patch mikrostrip persegi	25
Gambar 2.15.	Distribusi kepadatan arus magnetik pada mode TM_{100} pada slot radiasi patch persegi	26
Gambar 2.16.	Antena Mikrostrip & Garis Medan Listrik	27
Gambar 2.17.	Antena Mikrostrip	28
Gambar 2.18.	Penampang antena Mikrostrip	28
Gambar 2.19.	Struktur dasar saluran transmisi mikrostrip	32
Gambar 2.20.	<i>Microstrip Line Feed</i>	35
Gambar 2.21.	Metode <i>Coaxial feed</i>	35
Gambar 2.22.	<i>Aperture Coupling Feed</i>	34
Gambar 2.23.	<i>Proximity Coupling Feed</i>	34
Gambar 2.24.	<i>Microstrip Bend</i>	35
Gambar 2.25.	<i>T Junction</i>	35
Gambar 2.26.	Antena <i>array</i> yang terdiri dari $K \times L$ elemen	36
Gambar 2.27.	Ilustrasi pembentukan antena <i>array</i> kotak	37
Gambar 4.1.	Dimensi elemen peradiasi	47
Gambar 4.2.	Hasil optimasi elemen peradiasi persegi	51
Gambar 4.3.	Hasil optimasi elemen peradiasi lingkaran	53

Gambar 4.4.	Bentuk antena <i>bi-element array</i> yang direncanakan	55
Gambar 4.5.	Bentuk antena <i>bi-element array</i> 2680 MHz	56
Gambar 4.6.	Bentuk akhir antena <i>bi-element array</i> 2680 MHz	59
Gambar 4.7.	<i>Radiation Pattern</i> 3D pada frekuensi 2680 MHz	62
Gambar 4.8.	Distribusi arus antena pada frekuensi 2 680 GHz.....	62
Gambar 5.1.	Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>VSWR</i> , dan koefisien pantul...	64
Gambar 5.2.	Pengukuran <i>VSWR</i>	67
Gambar 5.3	Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena	67
Gambar 5.4	Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena	70
Gambar 5.5	Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip <i>bi-element array</i> frekuensi 2680 MHz	72
Gambar 5.6	Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip <i>bi-element array</i> frekuensi 2680 MHz	73
Gambar 5.7	Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena	74
Gambar 5.8	Bentuk <i>Polarisasi</i> Antena Mikrostrip <i>bi-element array</i> pada frekuensi 2680 MHz	76

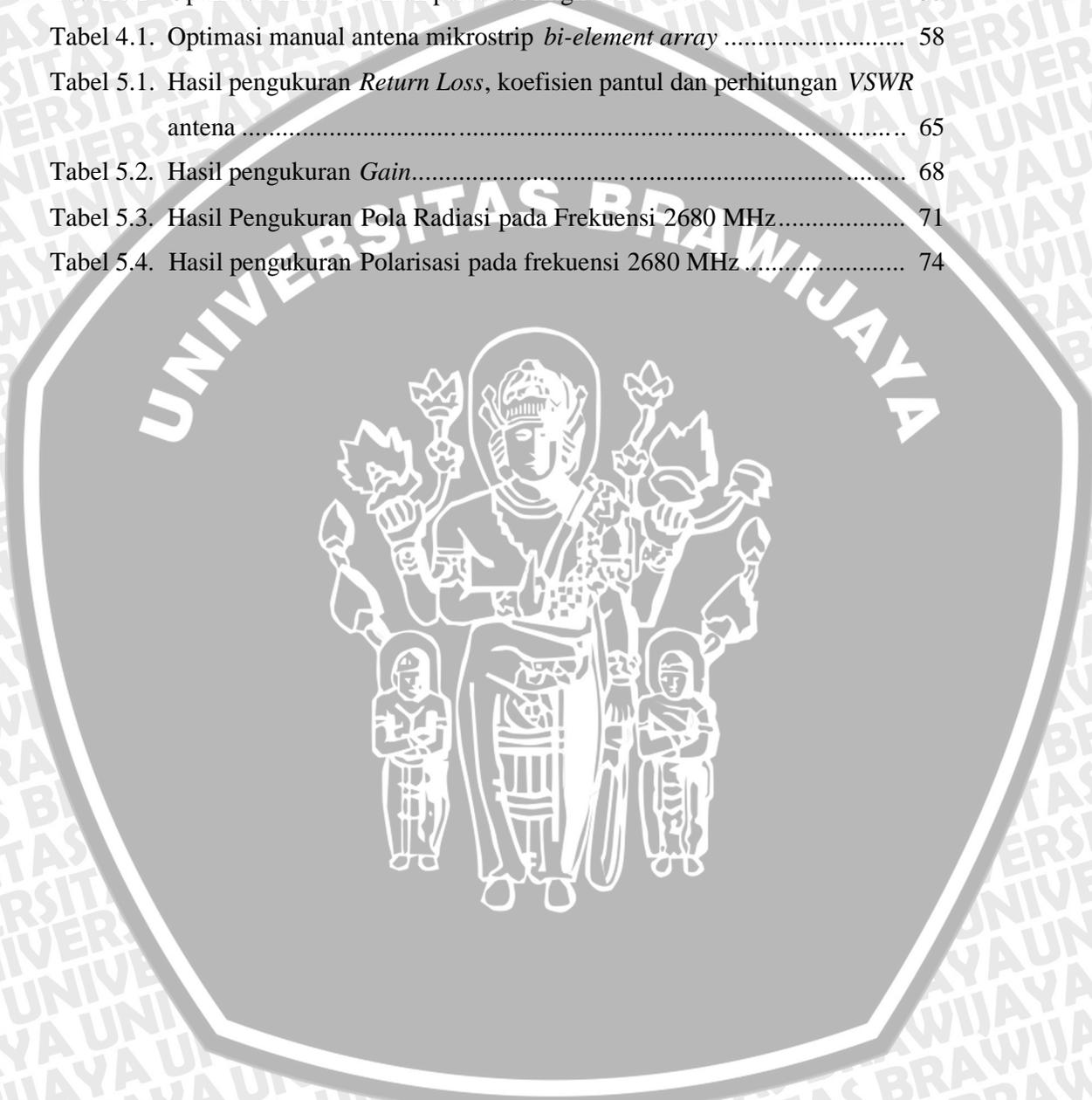


DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Hasil simulasi <i>return loss</i> elemen peradiasi persegi.....	48
Grafik 4.2. Hasil simulasi <i>VSWR</i> elemen peradiasi persegi	48
Grafik 4.3. Hasil simulasi <i>return loss</i> elemen peradiasi lingkaran.....	49
Grafik 4.4. Hasil simulasi <i>VSWR</i> elemen peradiasi lingkaran	49
Grafik 4.5. Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi optimasi elemen peradiasi persegi	51
Grafik 4.6. Nilai <i>VSWR</i> hasil simulasi optimasi elemen peradiasi persegi	52
Grafik 4.7. Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi optimasi elemen peradiasi lingkaran ...	54
Grafik 4.8. Nilai <i>VSWR</i> hasil simulasi optimasi elemen peradiasi lingkaran	54
Grafik 4.9. Hasil simulasi <i>return loss</i> antena mikrostrip <i>bi-element array</i>	57
Grafik 4.10. Hasil simulasi <i>VSWR</i> antena mikrostrip <i>bi-element array</i>	57
Grafik 4.11. Nilai <i>return loss</i> hasil simulasi optimasi antena mikrostrip <i>bi-element array</i>	60
Grafik 4.12. Nilai <i>VSWR</i> hasil simulasi optimasi antena mikrostrip <i>bi-element array</i>	60
Grafik 4.13. Grafik <i>Directivity</i> terhadap frekuensi antena mikrostrip <i>bi-element array</i>	61
Grafik 4.14. Grafik <i>Gain</i> terhadap frekuensi antena mikrostrip <i>bi-element array</i> ...	61
Grafik 5.1. Grafik nilai <i>VSWR</i> terhadap frekuensi.....	65
Grafik 5.1. Grafik nilai <i>return loss</i> terhadap frekuensi.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar Protokol untuk Wi-Max.....	5
Tabel 4.1. Optimasi manual elemen peradiasi persegi	50
Tabel 4.1. Optimasi manual elemen peradiasi lingkaran	53
Tabel 4.1. Optimasi manual antenna mikrostrip <i>bi-element array</i>	58
Tabel 5.1. Hasil pengukuran <i>Return Loss</i> , koefisien pantul dan perhitungan <i>VSWR</i> antenna	65
Tabel 5.2. Hasil pengukuran <i>Gain</i>	68
Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Pola Radiasi pada Frekuensi 2680 MHz.....	71
Tabel 5.4. Hasil pengukuran Polarisasi pada frekuensi 2680 MHz	74



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: LANGKAH-LANGKAH SIMULASI 74

LAMPIRAN 2: SIMULASI ANTENA *CIRCULAR ARRAY* DAN *SQUARE ARRAY*
 120

LAMPIRAN 3: DOKUMENTASI PENGUKURAN 127



ABSTRAK

Aldid Asadil Balad, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2009, *Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Bi-Element Array 2680 MHz*, Dosen Pembimbing : Ir. H. Erfan Achmad Dahlan, MT. dan Rudy Yuwono, ST., MSc.

Pada masa mendatang diperkirakan kebutuhan akan teknologi dengan kecepatan tinggi sangatlah besar, hal ini ditandai dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang sangat pesat. Saat ini, ada teknologi akses *wireless* yang masih sering digunakan untuk pertukaran data, yaitu Wi-Fi atau *Wireless Fidelity*, namun teknologi Wi-Fi ini hanya dapat menjangkau area 100 meter dengan *throughput* maksimum sebesar 54 Mbps. Tetapi kemudian muncul lagi teknologi baru dalam dunia *wireless* yang disebut dengan Wi-Max (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Wi-Max merupakan teknologi akses *wireless* broadband berkecepatan tinggi untuk pertukaran informasi. Dengan Wi-Max (dengan konfigurasi *point-to-point* dan *line of sight*), komunikasi akan dapat dilakukan dengan kecepatan sebesar 70 Mbps dan cakupan layanan sekitar 48 km. Bahkan dalam kondisi bergerak dengan kecepatan 250 km/jam, Wi-Max dapat melayani transfer data dengan kecepatan 1 Mbps

Dalam teknologi komunikasi nirkabel, salah satu perangkat yang sangat vital adalah antena. Antena yang merupakan elemen peradiasi maupun penerima baik pada pemancar atau penerima, adalah komponen yang harus benar-benar ringkas, praktis, minim biaya pembuatan, dan berkinerja baik. Salah satu jenis antena yang dapat diaplikasikan untuk teknologi tersebut adalah antena mikrostrip.

Dengan bahan yang dibuat dari *epoxy fiberglass* (FR4), dan konstanta dielektrik sebesar 4,6 (ϵ_r). Antena hasil perencanaan terdiri dari dua elemen peradiasi (*patch*) yaitu elemen peradiasi berbentuk persegi dan lingkaran. Antena ini direncanakan untuk dapat digunakan sebagai antena yang ringkas, ringan, murah dan dapat berkinerja dengan baik pada frekuensi kerja yang direncanakan.

Berdasarkan hasil pengujian, antena mikrostrip *bi-element array* yang dirancang pada frekuensi 2680 Mhz ini mempunyai return loss sebesar -20,82 dB, VSWR sebesar 1,2 gain 4,41 dBi, directivity 1,82 dB, *bandwidth* sebesar 114 MHz, polarisasi *ellips*, dan pola radiasi *directional*.

Kata kunci : Antena mikrostrip, *bi-element*, FR-4, 2680 MHz, Wi-max.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan akses informasi dan komunikasi, telah menuntut turut berkembangnya pula teknologi yang mendukung komunikasi nirkabel yang tak terbatas waktu, jarak, dan pelaku. Kebutuhan teknologi komunikasi yang kian majemuk dan merata telah menciptakan kecenderungan tersendiri dalam hal komunikasi. Kecepatan, keakuratan, serta biaya yang murah telah menjadi prioritas para pengguna jasa telekomunikasi.

Wi-Max (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) merupakan teknologi akses nirkabel pita lebar (*Broadband Wireless Access* atau disingkat BWA). Dengan Wi-Max, komunikasi akan dapat dilakukan dalam jarak dan kecepatan yang cukup fantastis. Dibanding dengan teknologi wireless pendahulunya (Wi-Fi), kinerja Wi-Max jauh lebih lebih baik dengan radius cakupan layanan sejauh 38 mil (sekitar 48 km), kecepatan sebesar 70 Mbps. Bahkan dengan kondisi bergerak dengan kecepatan 250 km/jam, Wi-Max masih dapat melayani proses transfer data dengan kecepatan 1 Mbps. (Sumber: Wibisono, 2006)

Dalam penerapan komunikasi wireless ini, salah satu perangkat teknologi komunikasi nirkabel yang mempunyai peranan yang sangat vital adalah antena. Antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan/atau menerima gelombang elektromagnetik yang di dalamnya terkandung sinyal informasi. Sejalan dengan perkembangan perangkat telekomunikasi, sang atlah penting untuk memilih antena yang tepat untuk perangkat telekomunikasi tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan antena dengan dimensi yang lebih kecil, fleksibel, murah, praktis namun mempunyai kinerja yang baik.

Berdasarkan uraian di atas, maka di dalam skripsi ini saya akan merencanakan dan membuat antena yang mendukung untuk diimplementasikannya sistem di atas. Salah satu antena yang mungkin untuk digunakan mendukung pada aplikasi Wi-Max adalah antena mikrostrip. Antena ini mempunyai banyak keunggulan, diantaranya adalah mempunyai dimensi yang kecil, serta mudah dan murah dalam pembuatannya. Antena yang mempunyai rentang frekuensi antara frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz) ini dapat mendukung kinerja sistem Wi-

Max yang bekerja pada rentang frekuensi 2300 MHz hingga 5825 MHz. (Sumber: Wibisono, 2006).

Dengan elemen peradiasi berbentuk persegi dan bulat yang disusun secara *array planar*, antena mikrostrip yang akan dirancang pada skripsi ini akan mempunyai frekuensi sebesar 2680 MHz. Penggunaan frekuensi 2680 MHz ini karena disesuaikan dengan regulasi alokasi frekuensi mengenai implementasi akses nirkabel (Wi -Max) yang mungkin di Indonesia. (Sumber: Wibisono, 2006)

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan membuat antena mikrostrip *bi-element array* yang meliputi dimensi elemen peradiasi, dimensi saluran transmisi dan penyesuaian impedansi antena mikrostrip berdasarkan frekuensi dan bahan yang akan digunakan.
2. Bagaimana mensimulasikan antena mikrostrip *bi-element array* dengan menggunakan program IE3D™.
3. Bagaimana cara pengukuran terhadap antena untuk mengetahui performansi antena yang meliputi pola radiasi, polarisasi, *Return Loss*, gain dan VSWR (*Voltage Standing Waves Ratio*).

1.3 Ruang Lingkup

Dalam skripsi ini pembahasan difokuskan pada:

1. Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip *bi-element array* berfrekuensi kerja 2,680 GHz dengan impedansi masukan 50 ohm.
2. Bahan yang digunakan adalah Epoxy Fiberglass (FR 4) dengan konstanta dielektrik sebesar 4,6 F/m, ketebalan dielektrik 1,6 mm, dan *loss tangen* sebesar 0,018. Sedangkan bahan pelapis (konduktor) berupa tembaga dengan ketebalan 0,0001 m, konduktifitas sebesar $5,80 \times 10^7$ mho m^{-1} .
3. Antena yang dirancang memiliki nilai VSWR antara 1 -2.
4. Pengukuran parameter antena meliputi Return Loss, VSWR, koefisien pantul, gain, pola radiasi dan polarisasi.
5. Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik terkait dengan rugi-rugi ruang bebas.

6. Alat-alat ukur yang digunakan antara lain *Sweep Oscillator 8350B* 1 - 26.5 GHz *Hewlett Packard*, *Spectrum Analyzer 8653E* 30 Hz – 26.5 GHz *Hewlett Packard*, Kabel koaksial RG-58A/U, antena standar *dipole sleeve /2*, antena horn, dan konektor tipe N *Female*

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merencanakan dan merealisasikan antena mikrostrip *bi-element array* pada frekuensi 2680 MHz.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi 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 antena serta perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip.
- BAB III Metodologi, menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi.
- BAB IV Menjelaskan proses perencanaan, pembuatan dan simulasi antena mikrostrip *bi-element array* 2680 MHz.
- BAB V Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran antena mikrostrip *bi-element array* 2680 MHz.
- BAB VI Penutup, berisi kesimpulan dan saran skripsi ini.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Gambaran Umum

Dalam penerapan komunikasi wireless, salah satu perangkat teknologi komunikasi nirkabel yang mempunyai peranan yang sangat vital adalah antena. Antena yang berfungsi sebagai perangkat pemancar & penerima, serta sebagai media peralihan antara ruang bebas (*free space*) dengan saluran transmisi, yakni dari gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya ini harus terancang dengan baik baik itu dilihat dari substrat yang digunakan maupun dimensi fisik antena pasca pembuatan.

Antena yang dirancang pada skripsi ini adalah untuk aplikasi Wi-Max (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Wi-Max (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) yang merupakan pengembangan teknologi *fixed wireless* adalah salah satu solusi untuk teknologi komunikasi *broadband wireless access*. Dengan Wi-Max (dengan konfigurasi *point-to-point* dan *line of sight*), komunikasi akan dapat dilakukan dalam jarak dan kecepatan yang cukup fantastis. Dibanding dengan teknologi wireless pendahulunya (Wi-Fi), kinerja Wi-Max jauh lebih baik dengan radius cakupan layanan sejauh 38 mil (sekitar 48 km), kecepatan sebesar 70 Mbps. Bahkan dengan kondisi bergerak dengan kecepatan 250 km/jam, Wi-Max masih dapat melayani proses transfer data dengan kecepatan 1 Mbps.

Melalui adanya Wi-Max, tren telekomunikasi akan semakin berkembang dan merata seiring dengan banyaknya kemudahan-kemudahan serta keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan diimplementasikannya Wi-Max. Keuntungan-keuntungan itu antara lain:

1. Akan adanya peningkatan kualitas, kuantitas konten serta jarak jangkauan layanan teknologi *Broadband Wireless Access*.
2. Dapat mendorong perkembangan industri IT (*Information Technology*) serta mendorong terwujudnya implementasi *e-government*, *e-commerce*, *tele-working*, *tele-conferencing*, *tele-education*, *tele-medicine* serta berbagai layanan hiburan.
3. Adanya pemerataan akses data (lebih cepat, mudah, dan lebih murah)
4. Dapat melayani para pengguna, baik yang berada pada posisi LOS (*Line of Sight*) maupun NLOS (*Non-Line of Sight*) dengan jarak jangkauan yang jauh lebih luas serta kecepatan transfer data yang lebih tinggi dari teknologi Wi-Fi

Pada awalnya standar *IEEE 802.16* beroperasi pada frekuensi 10-66 GHz dan *line of sight* (LOS), tetapi pengembangan *IEEE 802.16a* yang disahkan pada bulan Maret 2004, menggunakan frekuensi yang lebih rendah yaitu sebesar 2-11 GHz, sehingga mudah diatur, dan tidak memerlukan LOS. WiMAX dapat mencakup area sekitar 50 km dan kecepatan pengiriman data sebesar 70 Mbps. WiMAX mampu menangani sampai ribuan pengguna sekaligus. Standar *IEEE 802.16a* kemudian direvisi menjadi *IEEE 802.16b* yang menekankan segala keperluan dan permasalahan dengan *Quality of Service* (QoS) lalu *IEEE 802.16c* yang menekankan pada *interoperability* dengan protokol-protokol lain, *IEEE 802.16e* menekankan pada penggunaan secara *mobile*. Standar protokol untuk aplikasi WiMAX disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Protokol untuk Wi-Max

	IEEE 802.16	IEEE 802.16a	IEEE 802.16e
Terstandarisasi	Januari 2002	Januari 2003 (IEEE 802.16a)	2004
Spektrum	10-66 GHz	2-11 GHz	< 6 GHz
Kondisi Kanal	<i>Line of Sight</i>	<i>Non Line of Sight</i>	<i>Non Line of Sight</i>
<i>Bit Rate</i>	32 sampai 134 Mbps menggunakan frekuensi kanal 28 MHz	Mencapai 70 Mbps menggunakan frekuensi kanal 20 MHz	Mencapai 15 Mbps menggunakan frekuensi kanal 5 MHz
Modulasi	QPSK, 16 QAM dan 64 QAM	OFDM 256 sub-carrier, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256 sub-carrier, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Mobilitas	Perangkat nirkabel tetap	Perangkat nirkabel tetap dan <i>portable</i>	<i>Nomadic Mobility</i>
Frekuensi per Kanal	20, 25 dan 28 MHz	Mulai dari 1,5 hingga 20 MHz	Mulai 1,5 dan 20 MHz
Radius per Cell	2 sampai 5 km	7 – 10 km dengan kemampuan maksimal 50 km (LOS)	2-5 Km

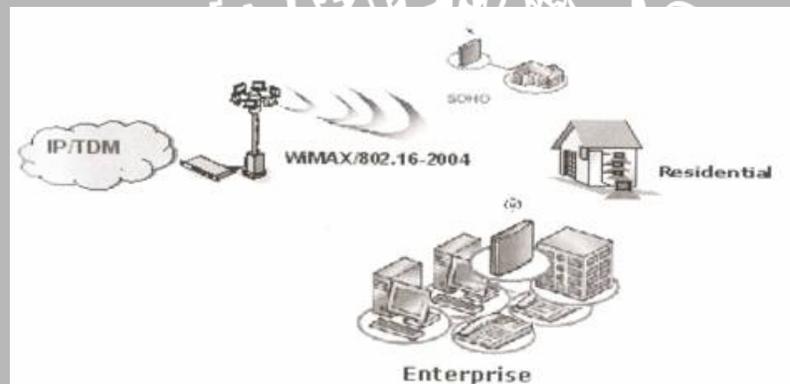
Sumber: [www. http://antzon.wordpress.com/2006/01/28/regulasi-frekuensi-isu-utama-wimax/](http://antzon.wordpress.com/2006/01/28/regulasi-frekuensi-isu-utama-wimax/)

2.2 Topologi Jaringan Wi-Max

Topologi Jaringan WiMAX dapat dibagi dalam 2 kategori besar yaitu *Point to Multi Point* (PMP) dan *Point to Point* (P2P). Kemudian dari dua topologi ini dapat dikembangkan menjadi jaringan berbentuk mesh.

2.2.1 Topologi PMP (*Point to Multi Point*)

Topologi PMP biasanya digunakan untuk melayani akses langsung ke pelanggan. Dalam topologi ini BS WiMAX digunakan untuk handle beberapa SS (*Subscriber Station*). Kemampuan dari jumlah subscriber tergantung dari tipe QoS (*Quality of Service*) yang ditawarkan oleh operator. Bila tiap SS mendapatkan bandwidth yang cukup besar maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas jumlah user juga akan semakin berkurang dan sebaliknya bila bandwidth yang dialokasikan semakin sedikit maka kapasitasnya akan semakin besar. Gambar 2.1 mengilustrasikan WiMAX yang diimplementasikan dengan menggunakan topologi PMP

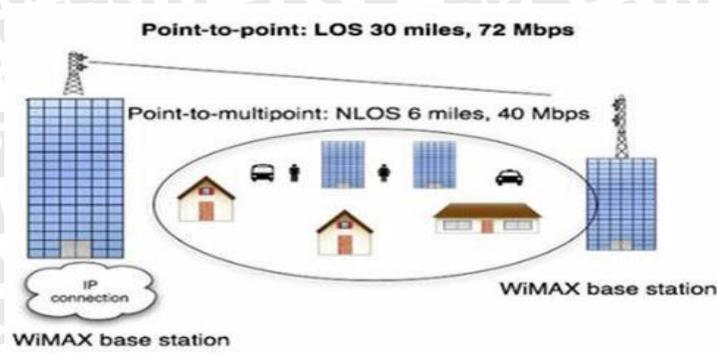


Gambar 2.1. Topologi PMP

Sumber: Wibisono, 2006:11

2.2.2 Topologi P2P (*Point to Point*)

Topologi P2P dapat digunakan untuk *backhaul* maupun dapat juga digunakan untuk komunikasi antara BS WiMAX dengan single SS. Gambar 2.2 mengilustrasikan WiMAX sebagai *backhaul* dan sekaligus untuk mengcover single SS.

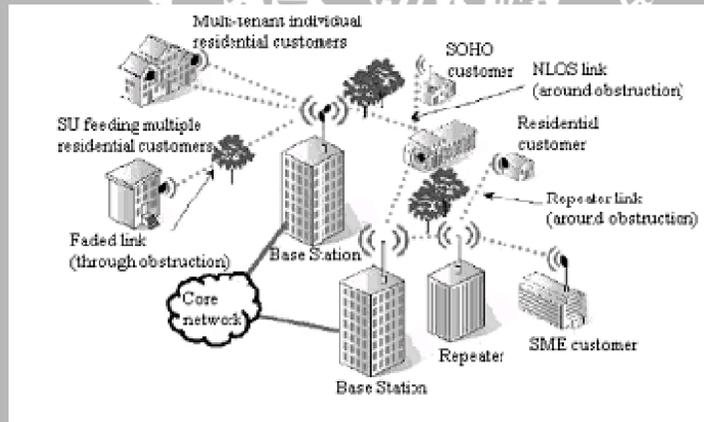


Gambar 2.2 Topologi P2P

Sumber: Wibisono, 2006:12

2.2.3 Topologi Pengembangan

Topologi Pengembangan yang dimaksud di sini, merupakan varian dari topologi dasar point to point dan point to multipoint. Dengan kedua topologi diatas *WiMAX* dapat dimanfaatkan untuk memenuhi berbagai topologi seperti Mesh maupun gabungan atau integrasi antara point to point dan point to multi point. Ilustrasi konfigurasi Mesh dapat dilihat pada Gambar 2.3.



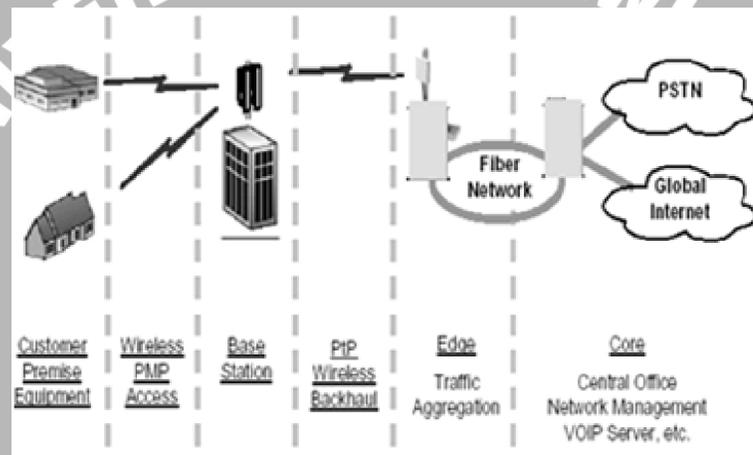
Gambar 2.3 Topologi Mesh (ETSI TR 101 856)

Sumber: Wibisono, 2006:14

Pada topologi mesh, BS (*Base Station*) digunakan sebagai interface ke *core network* sementara untuk menjangkau pelanggan yang berbeda di luar jangkauan suatu BS, terminal pelanggan atau CPE (*Customer Premises Equipment*) dapat bertindak sebagai router atau repeater bagi terminal pelanggan lainnya. Tentunya terminal pelanggan disini akan menjadi lebih kompleks karena harus dilengkapi dengan

kemampuan routing. Melalui cara ini akan diperoleh penambahan *coverage* jaringan secara signifikan. Namun dalam pengembangannya, topologi opsional yang berarti tidak harus diadopsi dalam sistem WiMAX.

Dalam implementasi di lapangan, topologi jaringan PMP adalah yang paling banyak diadopsi karena lebih efisien dibandingkan P2P, karena pada topologi PMP hanya dibutuhkan satu saja transmitter untuk melayani beberapa user dalam waktu yang bersamaan, sedangkan pada P2P satu user dilayani oleh satu transmitter. Gambar 2.4 memperlihatkan konfigurasi jaringan yang menggunakan kombinasi antara topologi P2P digunakan untuk ke CPE. Sementara topologi P2P digunakan untuk menghubungkan BS ke jaringan transport atau *backhaul*.



Gambar 2.4 Kombinasi Topologi PMP dan P2P

Sumber: Wibisono, 2006:16

2.3 Alokasi Frekuensi Wi-Max

Licensed frequency yang dikembangkan untuk Wi-Max pada tahap awal berada pada 2,5 GHz (2500-2690 MHz dan 2700-2900 MHz) dan 3,5 GHz (3400-3600 MHz). Frekuensi 3,5 GHz pada banyak negara berstatus secondary karena bentrok dengan spektrum frekuensi untuk komunikasi satelit Extended C-Band (3400-3700 MHz). Pengembangan tahap berikutnya direncanakan pada spektrum frekuensi 2305-2320 MHz, 2345-2360 MHz, dan 3300-3400 MHz. Di Indonesia, pita frekuensi untuk implementasi teknologi broadband wireless access ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Alokasi Frekuensi untuk Wi-Max

NO	Pita Frekuensi	Layanan Lain (Sharing)
1	2,5 GHz 2500-2520 MHz 2670-2690 MHz	Microwave link Extended 3G (ITU Res.223)
2	3,3 GHz 3300-3400 MHz	Radiolocation (ITU)
3	3,5 GHz 3400-3600 MHz	VSAT DVB Satelit Fixed, Satelit, Mobile, Radiocolocation (ITU)
4	5,8 GHz 5725-5825 GHz	ISM band WLAN Radiocolocation (ITU)
5	10,5 GHz 10150-10300 MHz 10150-10650 MHz	Microwavelink (ITU RF.747)
6	24 GHz 24200-26500 MHz	Fixed, Mobile, Radio Navigasi (ITU)
7	28 GHz 27000-28500MHz	Fixed, Mobile, Satelit (ITU)

Sumber: Wibisono, 2006

2.4 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.

2.4.1 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 antenna pada terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 1982):

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-1)$$

dengan :

- Z_A = Impedansi terminal antenna ()
- R_A = Resistansi terminal antenna ()
- X_A = Reaktansi terminal antenna ()

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

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

Dengan daya yang dipancarkan :

$$P_{rad} = I^2 \cdot R_{rad} \quad (2-3)$$

dengan :

- P_{in} = daya input antenna (watt)
- I = arus rms pada terminal antenna (ampere)
- P_{rad} = daya yang diradiasikan antenna (watt)

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

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2-4)$$

sehingga diperoleh:

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-5)$$

dengan :

- Z_{ant} = impedansi antenna ()
- Z_c = impedansi karakteristik ()

Γ = koefisien pantul

2.4.2 Polarisasi

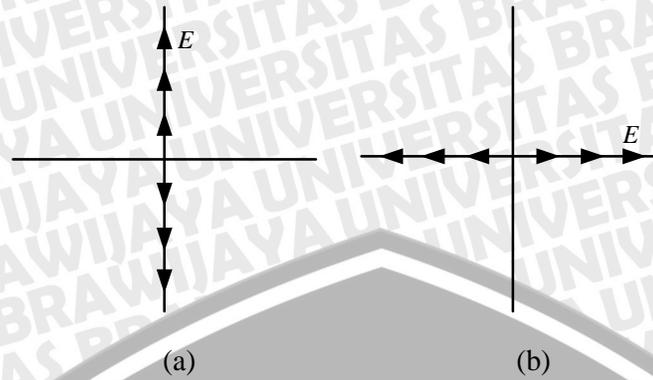
Suatu medan elektromagnetik terdiri atas medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus satu sama lain. Energi dari medan elektromagnetik mengalir bolak-balik dari satu medan ke medan lainnya dengan cara beresilasi. Fenomena ini disebut polarisasi. Polarisasi gelombang teradiasi merupakan sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan vektor medan elektrik yang arahnya berubah terhadap waktu dan besaran relatif dari vektor medan elektrik tersebut.

Polarisasi suatu antena dalam arah tertentu didefinisikan sebagai polarisasi gelombang yang diradiasikan oleh antena. Ketika arahnya tidak diberitahukan, maka polarisasi yang dianggap adalah polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada kenyataannya polarisasi dari energi radiasi bervariasi dengan arah dari pusat antena, sehingga bagian pola yang berbeda mungkin mempunyai polarisasi yang berbeda. 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*.

2.4.2.1 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. 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).



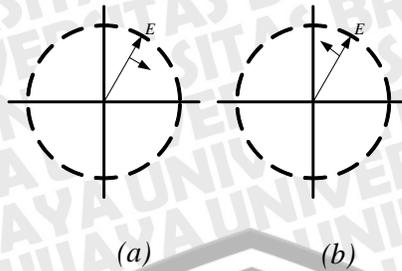
Gambar 2.5 a) Polarisasi Linier Vertikal
 b) Polarisasi Linear Horizontal
 Sumber : Punit, 2004 : 21

2.4.2.2 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. 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 2.6 : a) *Right hand circular polarization.*
 b) *Left hand circular polarization.*
 Sumber : : Punit, 2004 : 21

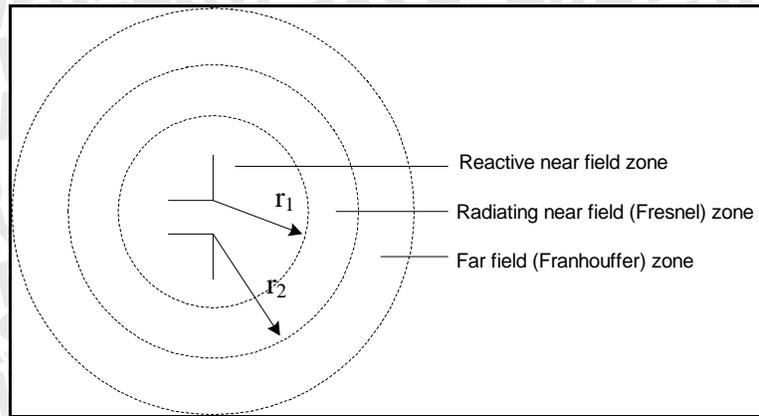
2.4.2.3 Polarisasi Elips

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 *major* terhadap sumbu *minor*nya. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- a. Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- b. 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*).

2.4.3 Daerah Medan Radiasi

Daerah medan radiasi suatu antenna adalah daerah di mana radiasi antenna tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antenna sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. 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:

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

(2-6)

- *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:

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

(2-7)

- *Far-Field (Fraunhofer) Zone*

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

Batas daerah ini :

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

(2-8)

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.

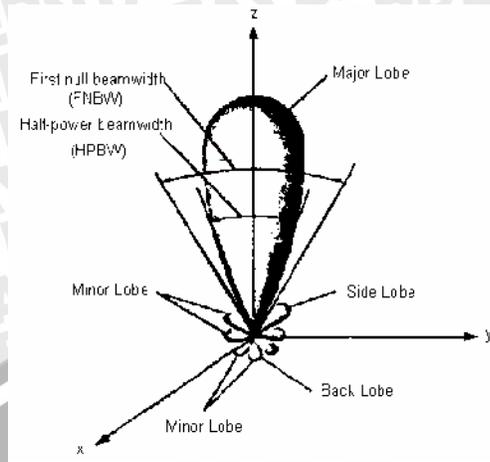
2.4.4 Pola Radiasi

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).

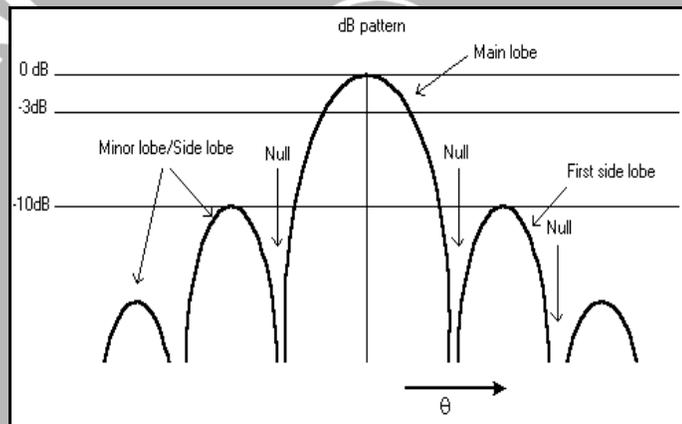
Pengukuran pola radiasi dilakukan dari sudut 0° sampai 360° . Hasil perhitungan dapat diplot pada diagram polar, yang selanjutnya dapat dicari nilai -3 dB *beamwidth* setengah dayanya. Nilai -3 dB *beamwidth* setengah daya yang telah diketahui diplot terhadap fungsi frekuensi kerja, baik untuk pola radiasi 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 2.8 di bawah ini, sedangkan pola radiasi dalam bentuk dua dimensi ditunjukkan oleh Gambar 2.9.



Gambar 2.8. Pola Radiasi
 Sumber: Balanis, 1982: 31



Gambar 2.9. 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 2.9 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):

$$P(dB) = 10 \log \frac{P_o}{P_T} (dB)$$

$$(2-10) \quad P(dB) = 10 \log P_o - 10 \log P_T \quad (2-$$

10)

dengan :

P = intensitas radiasi antena pada sudut tertentu (dB)

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

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

2.4.4.1 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 antena. Sedangkan *Minor Lobe* yang terdiri dari *Side Lobe* dan *Back Lobe* adalah radiasi pada arah lain yang biasanya tidak dikehendaki.

Sebagian besar antena 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 antena, yang terdiri dari *main beam area* dan *minor-lobe beam area* dengan rumusan sebagai berikut (Kraus, 1988):

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

11)

dengan :

Ω_A = *beam area* (steradian) atau (radian²) atau (derajat²)

Ω_M = *main beam area* (steradian) atau (radian²) atau (derajat²)

Ω_m = *minor-lobe beam area* (steradian) atau (radian²) atau (derajat²)

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

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

12)

atau

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

13)

dengan:

θ_{HP} = half-power beam width pada bidang θ (radian)

ϕ_{HP} = half-power beam width pada bidang ϕ (radian)

θ°_{HP} = half-power beam width pada bidang θ (derajat)

ϕ°_{HP} = half-power beam width pada bidang ϕ (derajat)

Ω_A = beam area (steradian) atau (radian²) atau (derajat²)

2.4.5 Keterarahan (*Directivity*)

Directivity sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi antenna pada suatu arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata dari segala arah. Intensitas radiasi rata-rata sebanding dengan total daya yang diradiasikan oleh sebuah antenna dibagi dengan 4π . Dengan kata lain *directivity* adalah kemampuan suatu antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada satu arah tertentu. Secara sederhana, keterarahan sumber *non-isotropic* sebanding dengan rasio intensitas radiasinya pada suatu arah tertentu terhadap intensitas radiasi sumber isotropis.

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2.14)$$

Jika arah tidak ditentukan atau tidak spesifik, maka arah yang dimaksud menyatakan arah dari intensitas radiasi maksimum yang dinyatakan sebagai

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = 10 \log \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2.15)$$

dengan :

D_0 = directivity (dB)

U_{max} = intensitas radiasi maksimum (watt)

P_{rad} = daya radiasi total (watt)

Nilai keterarahan sebuah antenna dapat diketahui dari pola radiasi antenna tersebut, semakin sempit *main lobe* maka keterarahannya semakin baik dibanding *main lobe* yang lebih lebar. Nilai keterarahan jika dilihat dari pola radiasi sebuah antenna adalah sebagai berikut (Balanis, 1982 : 20)

$$D_0 = 10 \log \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2}{\theta_{HP} \phi_{HP}}$$

(2.16)

dengan

 D_{dB} = keterarahan (*directivity*) (dB) θ_{HP} = lebar berkas daya pada polarisasi horisontal (°) ϕ_{HP} = lebar berkas daya pada polarisasi vertikal (°)

2.4.6 Penguatan (*Gain*) Antena

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antena adalah *gain* (penguatan). Meski *gain* antena erat kaitannya dengan *directivity*, *gain* adalah pengukuran yang memperhitungkan efisiensi antena maupun keterarahannya. *Gain* antena dibedakan atas : *absolute gain* dan *relative gain*.

Absolute gain suatu antena (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal input) antena dibagi dengan 4π . Dalam bentuk persamaan, hal ini dapat dinyatakan sebagai

$$G = 4 \frac{\text{radiation intensity}}{\text{total input power}} = 4 \frac{I(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.17)$$

Dalam banyak kasus kita berhubungan dengan *relative gain* yang didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antena referensi dalam arah acuannya (dengan catatan bahwa kedua antena mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antena referensi yang digunakan berupa antena sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga

$$G = \frac{4\pi I(\theta, \phi)}{P_{in} \text{ (lossless isotropic source)}} \quad (2.18)$$

Pada praktiknya pengukuran gain dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antena referensi (biasanya antena *dipole* standar) yang

sudah diketahui nilai *gain*nya (Stutzman, 1981: 39). Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah :

$$G = G_{ref} \times \frac{P_U}{P_R}$$

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R}$$

$$G(dB) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R}$$

$$G = 2,15 + P_U(dBm) - P_R(dBm) \tag{2.19}$$

dengan

G = gain antenna uji (dB)

G_{ref} = gain antenna referensi (dB)

P_U = daya yang diterima antenna uji (dBm)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (dBm)

2.4.7 VSWR (Voltage Standing Wave ratio)

VSWR suatu antenna 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):

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

20) dengan dapat diperoleh dari persamaan:

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

21)

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

22)

dengan :

= koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

2.4.8 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):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-23)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-24)$$

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 $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya akan dipantulkan.

2.4.9 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)

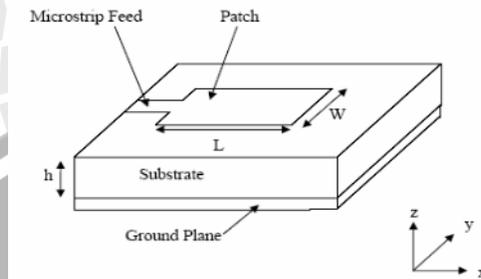
2.5 Antena Mikrostrip

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 frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*) (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz). Karena antena mikrostrip dapat bekerja pada frekuensi UHF, maka dapat digunakan sebagai alternatif antena penerima *broadcast* TV UHF maupun dalam sistem telepon seluler sebagai antena pemancar dan penerima.

2.5.1 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

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

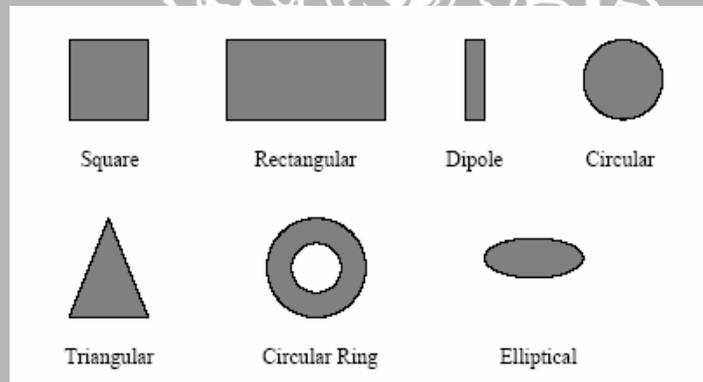
Pada umumnya antena mikrostrip tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground plane*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Struktur antena 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 2.11.



Gambar 2.11. Macam-macam bentuk elemen mikrostrip

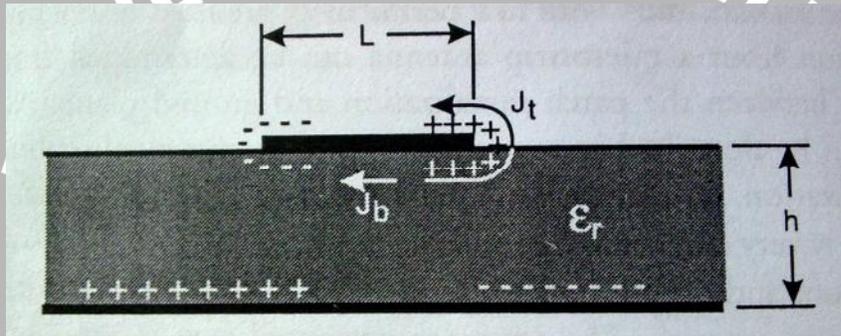
Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 32

Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Untuk performansi antena 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 antena dengan performansinya.

2.5.2 Mekanisme Radiasi Pada Antena Mikrostrip

Radiasi dari sebuah antena mikrostrip bisa ditentukan dari distribusi medan antara patch tembaga dan ground plane. Cara lainnya, radiasi bisa diukur lewat distribusi arus permukaan di atas patch tembaga. Sebuah hitungan akurat dari distribusi medan atau arus di patch bisa jadi sangat rumit. Meski begitu, sebuah perkiraan kasar dan sebuah argumen sederhana bisa digunakan untuk menghasilkan sebuah model yang tepat untuk antena mikrostrip.

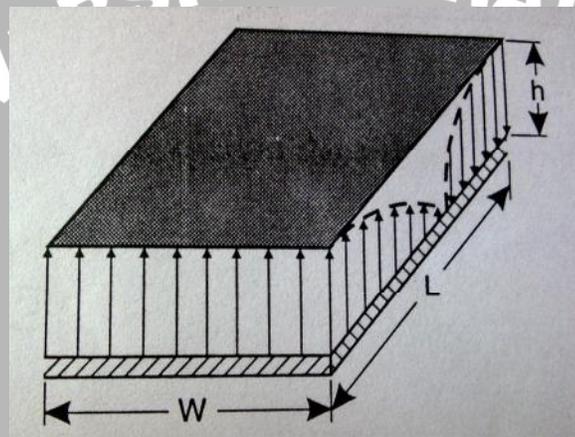
Perhatikan sebuah antena patch mikrostrip yang bisa dihubungkan ke source dari microwave. Energisasi dari patch bisa menetapkan sebuah distribusi muatan pada permukaan atas dan bawah dari patch, atau permukaan ground plane. Ini bisa dilihat pada Gambar 2.12 untuk patch persegi.



Gambar 2.12. Distribusi muatan dan kepadatan arus pada sebuah antena mikrostrip

Sifat $-ve$ dan $+ve$ dari distribusi muatan bisa naik karena patch memiliki panjang setengah-gelombang pada mode dominan. Gaya repulsif antar muatan sama di permukaan bawah patch cenderung mendorong beberapa muatan dari permukaan bawah, memutarinya, menuju permukaan atas. Gerakan muatan ini menciptakan kepadatan arus \vec{J}_b dan \vec{J}_t di permukaan bawah dan atas dari patch seperti yang ditunjukkan di Gambar 1. Di sebagian besar antena mikrostrip, rasio h/W cenderung sangat kecil. Karena itu, gaya tarikan antara muatan cenderung dominan dan sebagian besar konsentrasi muatan dan aliran arus tetap di bawah patch. Sejumlah kecil arus mengalir memutarinya menuju permukaan atas, dan menghasilkan medan magnet yang tangensial dengan tepi. Di sini, kita bisa membuat perkiraan sederhana, yaitu bahwa medan magnetik tangensial adalah nol, dan orang bisa menempatkan dinding magnetik yang memutarinya tepi patch. Asumsi ini berlaku pada substrat tipis dengan tinggi ϵ_r .

Karena substrat yang digunakan adalah sangat tipis dibanding dengan wavelength ($h \ll \lambda$) dalam dielektrik, sehingga variasi medan di sepanjang tingginya bisa dianggap konstan, dan medan elektrik bisa mendekati normal di permukaan patch. Akibatnya, patch bisa dimodelkan sebagai sebuah cavity dengan dinding elektrik (karena medan elektrik mendekati normal di permukaan patch) di bagian atas dan bawah, dan ada empat dinding magnetik di sepanjang tepi patch (karena medan magnetik tangensial-nya sangat lemah). Hanya mode TM yang bisa dimungkinkan dalam cavity. Distribusi medan elektrik untuk mode cavity TM_{100} dominan ditunjukkan di Gambar 2.13



Gambar 2.13 Distribusi medan elektrik untuk mode TM_{100} dalam cavity mikrostrip

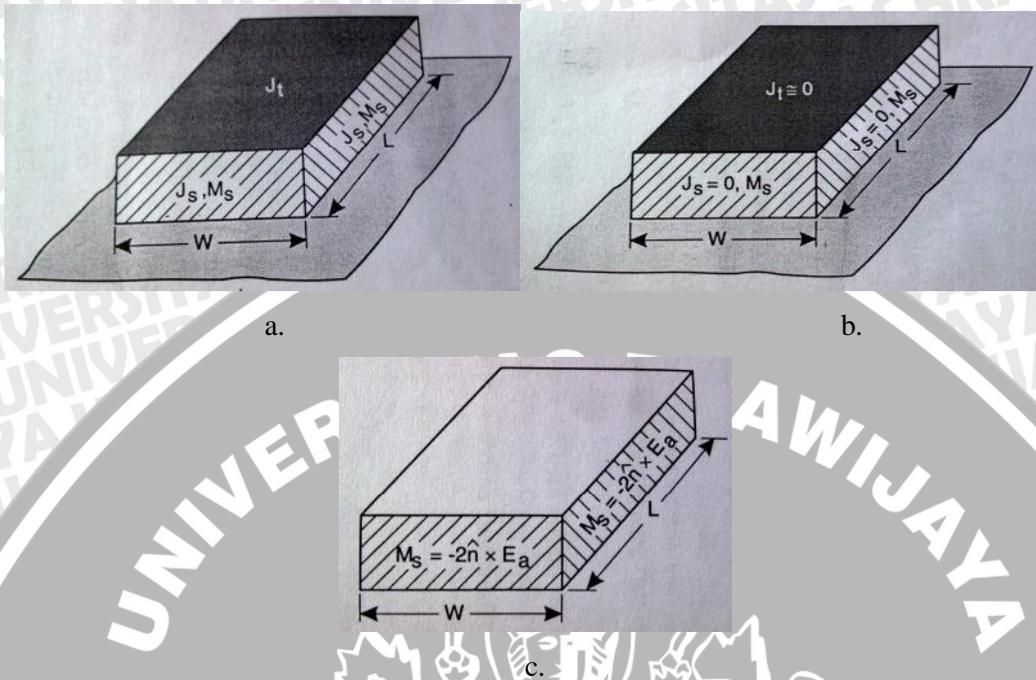
Empat sidewall dari cavity merepresentasikan empat apertur atau slot sempit yang menunjukkan adanya radiasi. Bila menggunakan prinsip ekuivalensi medan Huygen, patch mikrostrip bisa direpresentasikan oleh kepadatan arus ekuivalen \vec{J}_t pada permukaan atas, khususnya bila patch tembaga dipertimbangkan. Empat slot samping ini direpresentasikan oleh kepadatan arus ekuivalen \vec{J}_s dan \vec{M}_s , yang berkorespondensi dengan medan magnetik dan medan elektrik \vec{H}_a dan \vec{E}_a di dalam slot. Arus ekuivalen ditunjukkan dalam Gambar 2.14.

$$\vec{J}_s = \hat{n} \times \vec{H}_a$$

(2.28)

$$\vec{M}_s = -\hat{n} \times \vec{E}_a$$

(2.29)



Gambar 2.14. Kepadatan arus ekuivalen pada sebuah patch mikrostrip persegi. (a) J_s dan M_s dengan ground plane, (b) $J_s = 0$, M_s dengan ground plane, dan (c) M_s dengan no ground plane.

Untuk substrat tipis ini, ditunjukkan bahwa arus patch di bagian atas \vec{J}_t bisa jadi jauh lebih kecil dibanding \vec{J}_b , yaitu arus di bagian bawah. Ini bisa ditetapkan pada nol untuk menunjukkan radiasi dari arus patch. Medan magnetik tangensial di sepanjang tepi patch dan kepadatan arus \vec{J}_s ditetapkan sebagai nol. Karena itu, satu-satunya kepadatan arus bukan-nol adalah kepadatan arus magnetik ekuivalen \vec{M}_s di sepanjang tepi patch. Ini ditunjukkan di Gambar 2.14b. Keberadaan ground plane bisa dijelaskan dengan teori imej, yang melipatgandakan kepadatan arus ekuivalen (2.29). Karena itu, radiasi dari patch bisa dihubungkan ke empat pita arus magnetik (di sekitar periphery) yang menghasilkan radiasi di ruang bebas seperti yang ditunjukkan di Gambar 2.14c. Kepadatan arus baru ditunjukkan oleh:

$$\vec{M}_s = -2\hat{n} \times \vec{E}_a \tag{2.30}$$

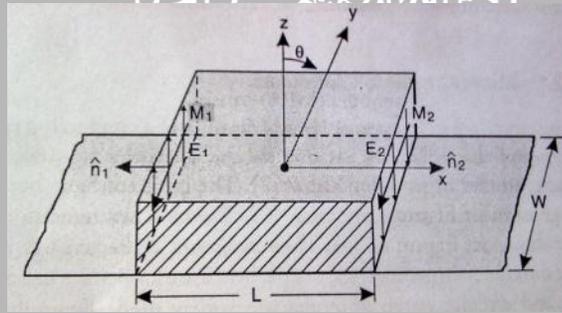
Medan elektrik slot \vec{E}_a untuk mode dominan ditunjukkan dalam Gambar 2 dan didefinisikan sebagai

$$\vec{E}_a = \hat{z} E_0 \quad (2.31)$$

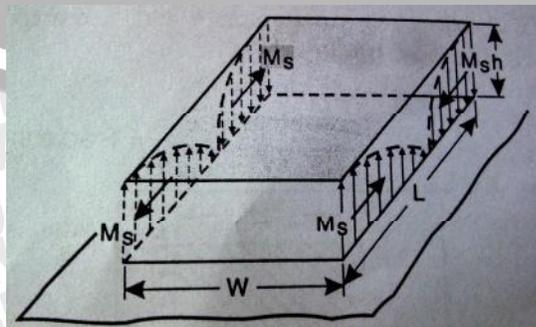
untuk slot panjang W dan tinggi h . Untuk dua slot lainnya dengan panjang L dan tinggi h , maka

$$\vec{E}_a = -\hat{z} E_0 \sin(\pi x / L) \quad (2.32)$$

Kepadatan arus magnetik ekuivalen di dalam slot ditunjukkan di Gambar 4. Dengan menggunakan prinsip ekuivalensi, setiap slot memancarkan medan sama seperti sebuah dipol magnetik dengan kepadatan arus \vec{M}_s . Radiasi yang dihasilkan oleh slot dan yang terletak di sepanjang aksis x hampir sebanyak nol karena distribusi arus yang sama dan berlawanan pada slot. Meski begitu, slot di sepanjang aksis y membentuk sebuah array dua-elemen dengan kepadatan arus yang kadarnya dan fasenya sama, dan dipisahkan oleh L , panjang patch. Karena itu, radiasi dari patch bisa dideskripsikan menurut dua slot vertikal.



a.



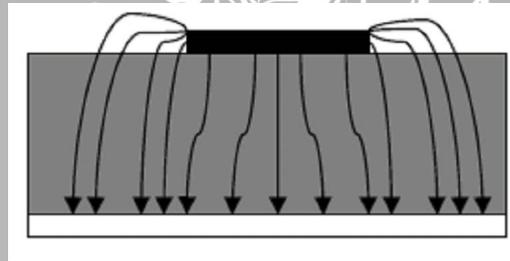
b.

Gambar 2.15. Patch mikrostrip persegi dengan distribusi kepadatan arus magnetik pada mode TM_{100} pada slot radiasi. (a) Distribusi arus pada slot radiasi, dan (b) distribusi arus pada slot non -radiasi.

2.5.3 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 direpresentasikan oleh dua *slot* dengan lebar (W) dan tinggi (h), terpisah oleh saluran transmisi sepanjang (L). Mikrostrip merupakan saluran transmisi yang *nonhomogen* dan terdiri dari 2 dielektrik yaitu substrat dan udara.



Gambar 2.16 Antena Mikrostrip & Garis Medan Listrik

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 39

Sebagaimana dilihat pada Gambar 2.16, sebagian besar garis medan elektrik berpindah sisi kedalam substrat dan sebagian lainnya berada di udara (untuk $L/h \gg 1$ dan $\epsilon_r \gg 1$, sebagian besar garis medan elektrik berada didalam substrat). Akibatnya, saluran transmisi ini tidak dapat mendukung mode penjalaran *TEM* (*transverse-elektromagnetik*) yang murni, sehingga kecepatan fasanya diudara akan mengalami perbedaan dengan kecepatan fasa didalam substrat. Sebaliknya mode dominan akan berupa mode *Quasi-TEM*. Oleh sebab itu dibutuhkan konstanta dielektrik relatif (ϵ_{ref}) untuk propagasi gelombang didalam saluran. Persamaan ϵ_{ref} adalah sebagai berikut (Balanis, 1997 : 728).

Untuk $\frac{W}{h} \geq 1$:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2}$$

dengan:

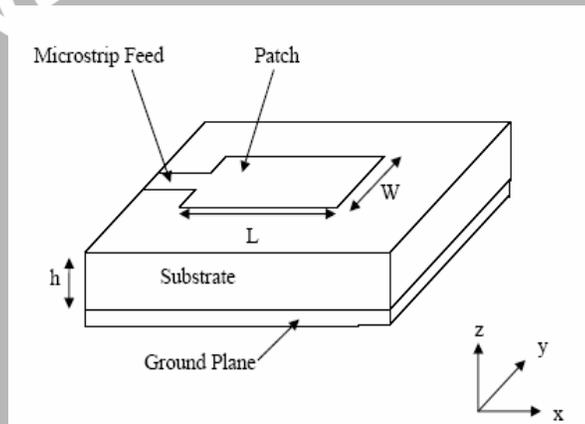
ϵ_{reff} = Konstanta dielektrik relatif

ϵ_r = Konstanta dielektrik bahan

h = Ketebalan bahan (mm)

W = Lebar *patch* (mm)

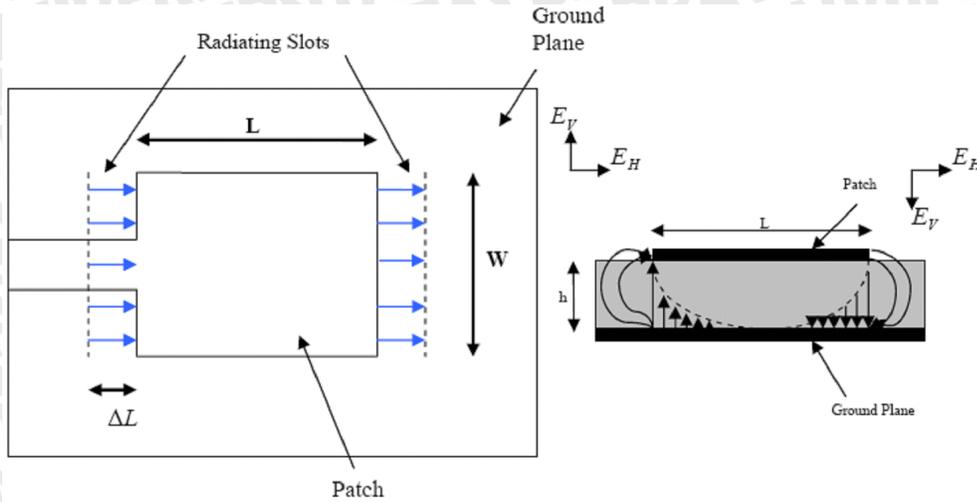
Gambar 2.17 menunjukkan antena mikrostrip persegi dengan panjang L dan lebar W pada suatu substrat dengan ketinggian h . Untuk dapat beroperasi pada mode dasar TM_{10} , panjang *patch* harus sedikit lebih pendek dari setengah panjang gelombang didalam media dielektrik.



Gambar 2.17 Antena Mikrostrip

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 40

Mode TM_{10} menunjukkan bahwa medan bervariasi setiap satu siklus setengah panjang gelombang didalam media, dan tidak ada variasi disepanjang lebar *patch*. Pada gambar dibawah, *patch* antena mikrostrip diwakili oleh dua buah slot yang terpisah oleh saluran transmisi sepanjang L dan rangkaian terbuka pada kedua ujungnya. Disepanjang *patch*, terjadi tegangan maksimum dan arus minimum dikarenakan ujung yang terbuka. Medan pada tepi *patch* dapat dipecahkan dengan komponen normal dan *tangensial* terhadap bidang pentanahan.



Gambar 2.18 Penampang antenna Mikrostrip

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 41

Dapat dilihat dari Gambar 2.18 bahwa komponen normal dari medan elektrik pada kedua tepi lebar adalah berlawanan arah dan berbeda fasa selama panjang patch $\lambda_d/2$ sehingga saling meniadakan satu sama lain dalam arah *broadside*. Komponen *tangensial* yang sefasa menghasilkan kombinasi medan yang memberi medan radiasi maksimum pada arah normal terhadap bidang permukaan. Dengan demikian sepanjang sisi lebar dapat direpresentasikan sebagai dua slot peradiasi, yang terpisah sejauh $\lambda_d/2$ dan mengalami radiasi pada ruang diatas bidang pentanahan. Medan tepi (*fringing*) di sepanjang lebar sisi dapat dimodelkan sebagai slot peradiasi yang secara elektrik terlihat mempunyai dimensi lebih besar dari dimensi fisiknya.

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (m) \quad (2-33)$$

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

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (m) \quad (2-34)$$

2.5.3.1 Panjang Sisi Elemen Peradiasi Persegi (W=L)

Panjang sisi elemen peradiasi persegi dapat diperoleh dengan menggunakan rumus: (Balanis,1997 :755)

$$W = L = \frac{c}{2 \cdot f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (m) \quad (2-35)$$

Dengan:

$W = L =$ Panjang sisi elemen peradiasi persegi (m)

$c =$ cepat rambat cahaya (3×10^8 m/s)

$f_r =$ frekuensi kerja antena (Hz)

$\epsilon_r =$ permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.5.3.2 Radius Elemen Peradiasi Persegi (a)

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

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-36)$$

Dengan:

$a =$ dimensi radius *circular* (cm)

$h =$ ketebalan substrat (mm)

$\epsilon_r =$ permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

$F =$ fungsi logaritmik elemen peradiasi

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

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-37)$$

dengan:

$f_r =$ frekuensi resonansi (MHz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.5.3.3 Impedansi Masukan

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

$$Z_A = 90 \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W} \right)^2 \Omega \quad (2-38)$$

38)

dengan:

Z_A = impedansi masukan (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

$W = L =$ Panjang sisi elemen peradiasi persegi (cm)

Besarnya impedansi masukan dapat dikurangi dengan memperlebar *patch* antena dengan batasan W/L 2 karena efisiensi *aperture* untuk *patch* tunggal mulai turun dengan rasio W/L lebih dari 2 (Balanis, 1997: 734). Besarnya resistansi *input* pada frekuensi resonansi dapat diubah dengan menggunakan *inset feed* pada jarak tertentu dari tepi elemen peradiasi. Nilai resistansi input untuk antena mikrostrip dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$R_{in}(y = y_o) = R_{in}(y = 0) \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} y_o \right) \quad (2-39)$$

39)

2.5.3.4 Dimensi saluran transmisi

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

$$W_0 = \frac{k}{Z_o} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)} \quad (2-40)$$

40)

dengan :

W_0 = lebar saluran transmisi (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas (120 = 377)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_0 = impedansi karakteristik ()

ε_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

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

$$L_o = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (mm)} \quad (2-41)$$

41)

dengan :

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.5.3.5 Jarak antar elemen

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

$$r \geq 0,6\lambda_d \text{ (mm)} \quad (2-42)$$

42)

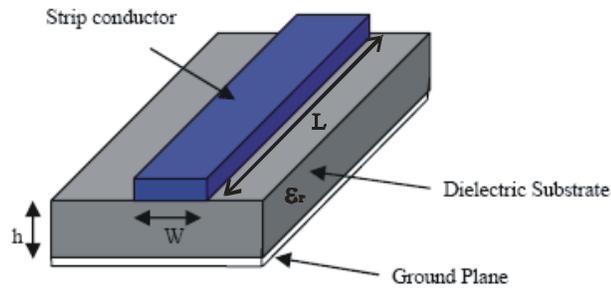
dengan :

r = jarak antar elemen peradiasi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.5.4 Saluran Transmisi Mikrostrip

Saluran transmisi mikrostrip adalah saluran yang digunakan untuk menghubungkan *patch* dengan *feed koaksial*. Antena mikrostrip termasuk jenis antena yang dibentuk dari suatu saluran transmisi. Mikrostrip adalah su atu 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 seba gai 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 2.19.



Gambar 2.19. Struktur dasar saluran transmisi mikrostrip

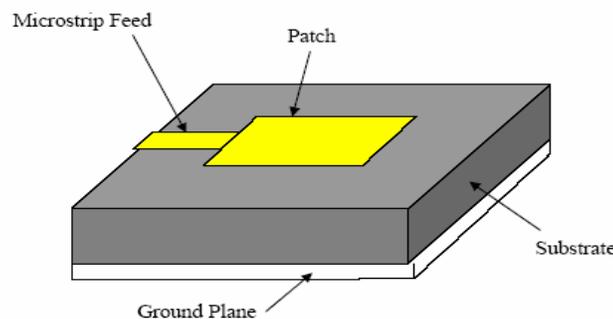
Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 39

2.5.5 Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip

Teknik *feed* atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antara antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena 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 antena mikrostrip yaitu *microstrip line*, *coaxial feed*, *aperture coupling* dan *proximity coupling*.

2.5.5.1 Microstrip Line Feed

Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian samping *patch* mikrostrip. Lebar *strip* konduktor lebih kecil dari pada elemen peradiasi antena mikrostrip, dengan mengatur posisi strip konduktor maka impedansi *matching* antena dapat didapat tanpa tambahan rangkaian impedansi *matching*. Ilustrasi pencatuan antena mikrostrip dengan metode *line feed* ditunjukkan oleh Gambar 2.20.

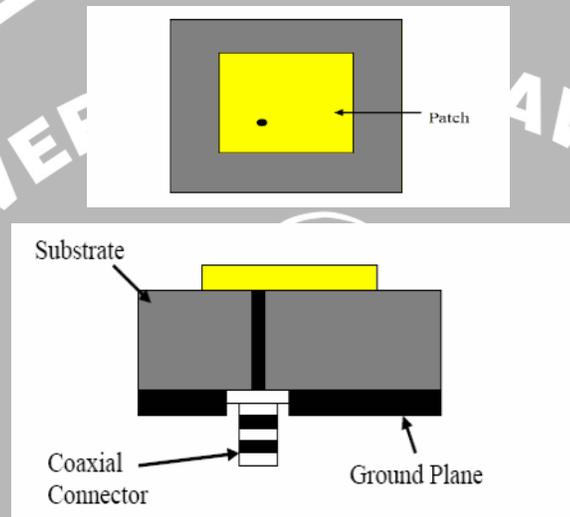


Gambar 2.20 *Microstrip Line Feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 34

2.5.5.2 Coaxial Feed

Coaxial feed atau *probe feed* adalah teknik yang umum digunakan pada pencatutan antenna. Seperti terlihat pada Gambar 2.21 konduktor bagian dalam dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan bidang pentanahan (*ground plane*).

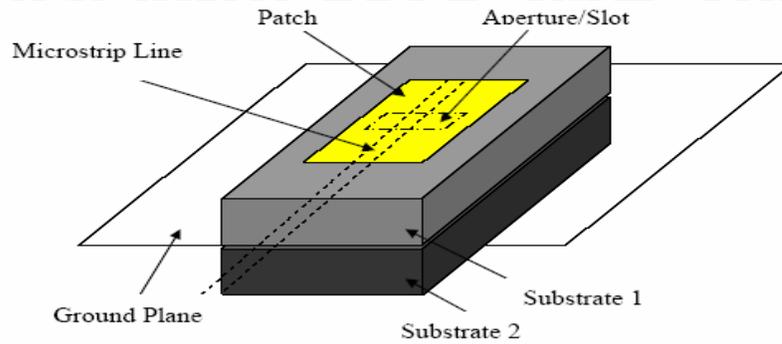
Gambar 2.21 Metode *Coaxial feed*

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 35

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

2.5.5.3 Aperture Coupling

Pada tipe pencatutan ini elemen peradiasi dan bagian pencatu terpisah dengan bidang pentanahan (*ground plane*) seperti pada Gambar 2.22. *Coupling* antara elemen peradiasi antenna (*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.

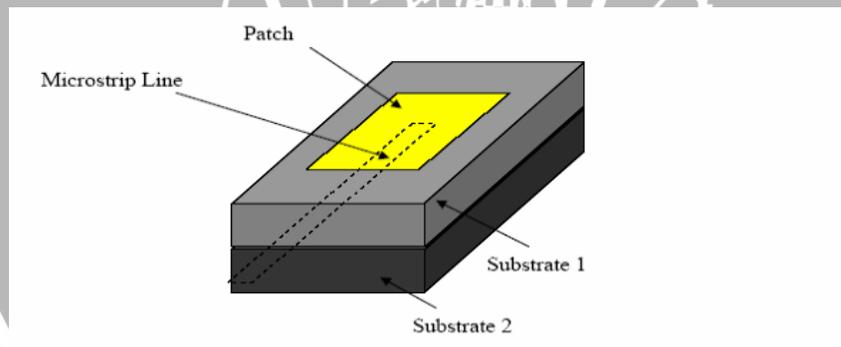


Gambar 2.22 Aperture Coupling Feed

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 36

2.5.5.4 Proximity Coupling

Metode ini disebut juga *coupling* elektromagnetik, seperti pada Gambar 2.23 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 antenna dapat digunakan bahan substrat yang berbeda. *Matching* dapat diperoleh dengan mengatur panjang saluran pencatu dan perbandingan lebar saluran pencatu dengan lebar elemen peradiasi.

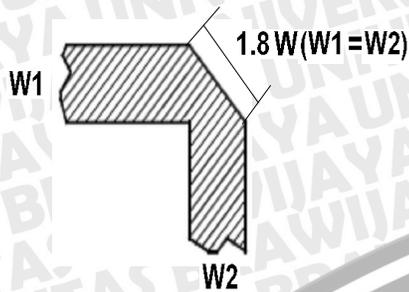


Gambar 2.23 Proximity Coupling Feed

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 37

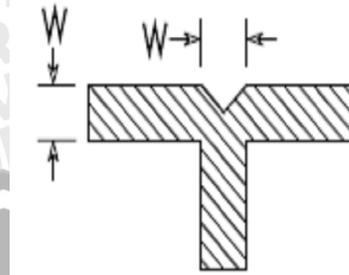
2.6 Microstrip Discontinuities

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*). Gambar 2.24 dan 2.25 menunjukkan bahwa terdapat dua bagian microstrip *discontinuities* yang digunakan yaitu *microstrip bend* dan *T-junction*.



Gambar 2.24 Microstrip Bend

Sumber: (Johan L, 2002 : 16)



Gambar 2.25 T Junction

Sumber: (Johan L, 2002 : 16)

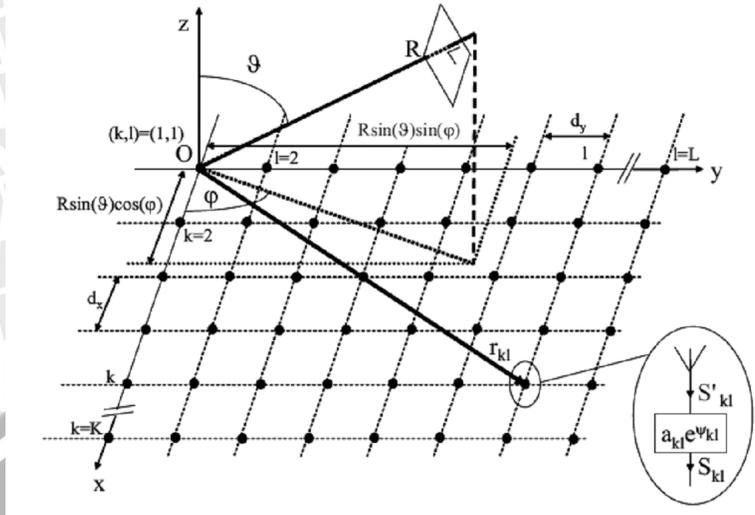
2.7 Antena Array

Desain antena dengan penguatan dan direktivitas yang tinggi sangat diperlukan untuk komunikasi jarak jauh. Untuk mendapatkan antena yang seperti ini, kita bisa memperbesar ukuran dari antena itu sampai melebihi panjang gelombangnya. Tetapi alternatif seperti ini akan memberikan masalah baru, yaitu munculnya side lobe tambahan dengan peredaman yang mengganggu. Makin panjang dan besar antena, maka makin banyak pula *sidelobe*-nya sehingga menyebabkan kerja antena kurang maksimal.

Salah satu cara yang lebih praktis adalah dengan membuat antena yang terdiri dari beberapa elemen peradiasi (*array*) yang disusun menurut konfigurasi geometris dan elektrik tertentu. 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*.

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*. Dasar formasi array planar ditunjukkan oleh Gambar 2.26.

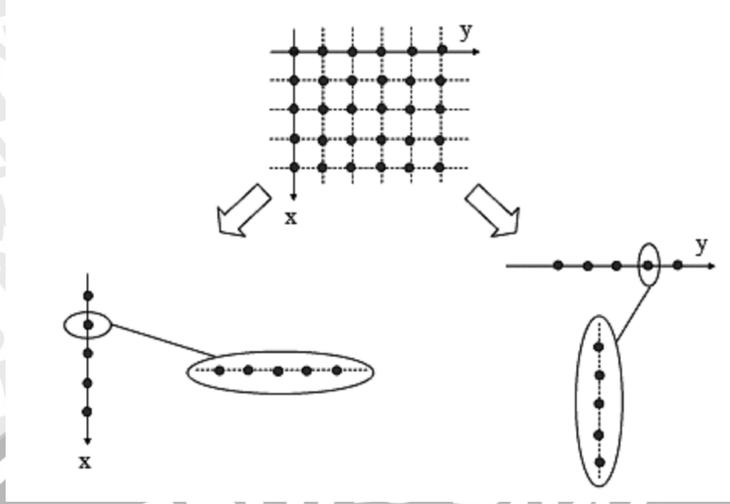


Gambar 2.26. Antena (phased) array yang terdiri dari $K \times L$ elemen, ditempatkan pada bidang rectangular x,y dalam sistem koordinat Cartesian.
 Sumber: Hubreght J Visser, 2005 : 242

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.

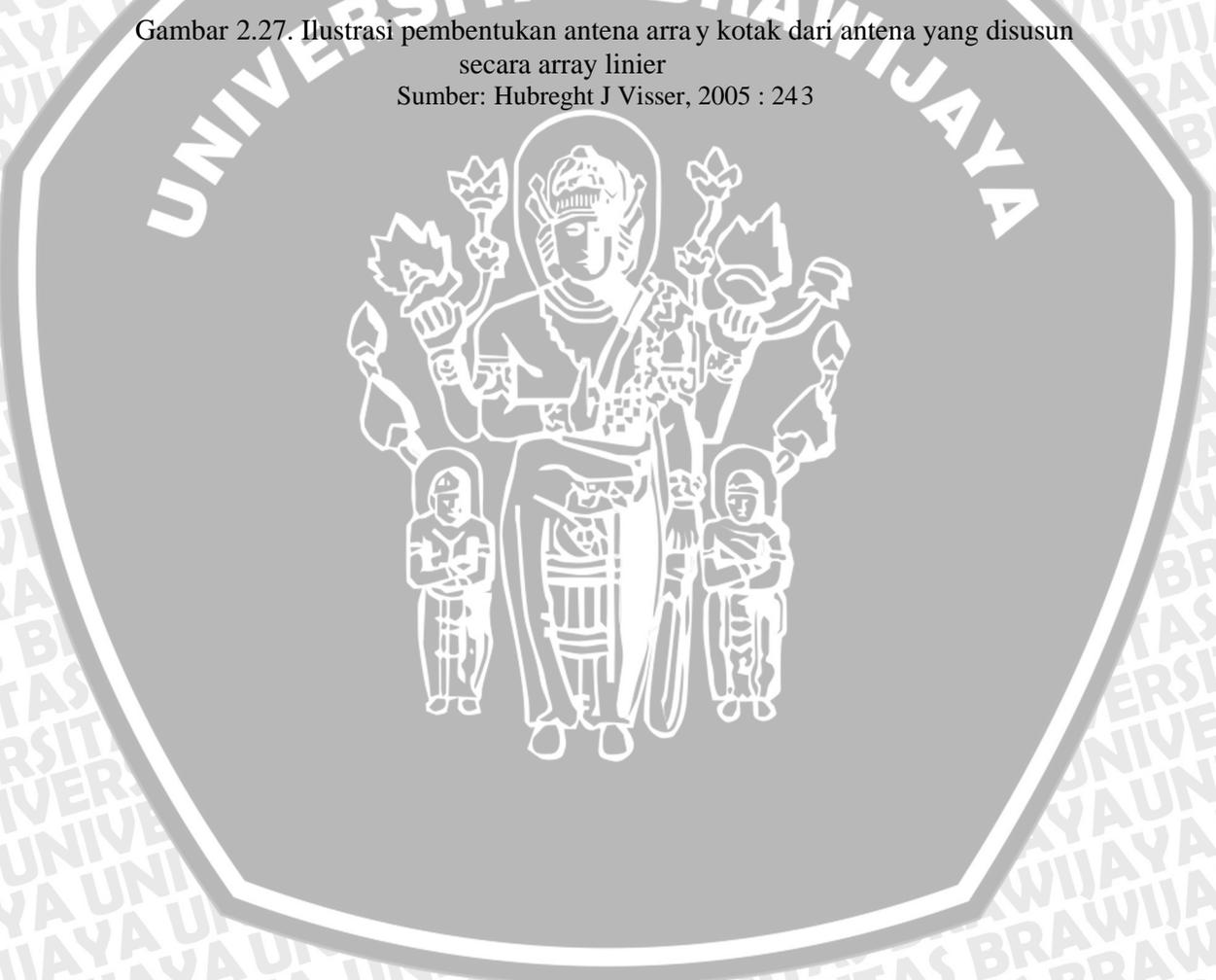
Penguatan antena *array* adalah merupakan penjumlahan dari daya yang dipancarkan dari daya yang dipancarkan dari setiap elemen radiasi pada arah tertentu, sehingga semakin banyak elemen *array* penguatan akan semakin besar.

Dalam skripsi ini, jenis array yang diterapkan adalah array planar. Antena array planar oleh karena itu dapat juga dianggap sebagai baik itu sebuah antenna array linier yang disusun di sepanjang sumbu- y dan mempunyai jarak antar elemen dy , atau dapat juga dianggap sebagai sebuah antenna array linier yang disusun di sepanjang sumbu- x dan mempunyai jarak antar elemen dx . Ilustrasinya dijelaskan pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27. Ilustrasi pembentukan antenna arra y kotak dari antenna yang disusun secara array linier

Sumber: Hubregh J Visser, 2005 : 243



BAB III METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip *bi-element array* pada frekuensi 2680 MHz.

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1.5 Studi literatur

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

1.5 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.

1.5 Perencanaan dan pembuatan antena mikrostrip

Dalam merancang dimensi antena mikrostrip digunakan analisa matematis berdasarkan referensi yang ada. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* perancangan antena sampai didapatkan dimensi antena sesuai dengan parameter yang diinginkan. Setelah dimensi antena didapatkan kemudian dilakukan fabrikasi antena mikrostrip tersebut.

1.5 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. Jangkauan frekuensi yang akan digunakan dalam pengukuran adalah 2500 MHz - 2900MHz. 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*, antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena referensi dan antena horn sebagai pemancar. Antena dipole $\lambda/2$ digunakan sebagai antena standar dengan nilai *gain* yang sudah diketahui sebelumnya. *Gain* antena ini kemudian dibandingkan dengan *gain* 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 dipole $\lambda/2$ 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, sehingga diharapkan diperoleh nilai *gain* yang tinggi.

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

BI-ELEMENT ARRAY 2680 MHZ

4.1 Tinjauan Umum

Antena mikrostrip merupakan antena yang dibuat diatas bahan substrat tertentu dengan elemen peradiasi (*radiating element*) 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. Selain itu pada bab ini akan dijelaskan mekanisme perencanaan dan pembuatan antena *bi-element array* yang pada dasarnya adalah sebuah antena yang mempunyai dua dimensi berbeda yaitu *circular* dan *square* yang di-*array* secara planar.

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) = 4,6

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) = 2680 MHz

Impedansi karakteristik saluran = 50

4.3 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk mencari dimensi elemen peradiasi berbentuk lingkaran dan persegi yang akan disusun secara *array* maka terlebih dahulu ditentukan frekuensi kerja yakni 2680 MHz dengan nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s, sehingga dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

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

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{2680 \times 10^6} = 0,112 \text{ m}$$

Maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

$$\lambda_d = \frac{0,112}{\sqrt{4,6}} = 0,0522 \text{ m}$$

4.3.1 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi Persegi

Selanjutnya adalah menghitung dimensi elemen peradiasi persegi antena *microstrip* dengan menggunakan persamaan (2.35) :

$$W = \frac{c}{2 \cdot f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \cdot (2680 \times 10^6)} \sqrt{\frac{2}{4,6 + 1}} = \frac{3 \times 10^8}{(5360 \times 10^6)} (0,597614) \text{ (m)}$$

$$= 0,0334485 \text{ m}$$

$$= 3,34485 \text{ cm} = 33,4485 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk menentukan panjang elemen peradiasi persegi (L), terlebih dahulu harus ditentukan konstanta dielektrik efektif dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Balanis, 1997 : 728) :

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{\text{reff}} &= \frac{4,6+1}{2} + \frac{4,6-1}{2} \left[1 + 12 \cdot \frac{1,6}{33,4485} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= 2,8 + 1,8(1 + 0,574017)^{\frac{1}{2}} \\ &= 2,8 + 1,8 \cdot \left(\frac{1}{1,254598} \right) \\ &= 4,234722 \approx 4,234\end{aligned}$$

Sehingga dimensi panjang elemen peradiasi persegi (L) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.35) :

$$L = \frac{c}{2 \cdot f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \cdot \Delta L$$

dengan :

$$\begin{aligned}\Delta L &= 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \\ \Delta L &= 0,412 \cdot 1,6 \cdot \frac{(4,234 + 0,3) \left(\frac{33,4485}{1,6} + 0,264 \right)}{(4,234 - 0,258) \left(\frac{33,4485}{1,6} + 0,8 \right)} \\ &= 0,6592 \cdot \frac{(4,534)(21,1693)}{(3,976)(21,7053)} \\ &= 0,6592 \cdot \frac{95,9816062}{86,3003225} \\ &= 0,7331499 \text{ mm}\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}L &= \frac{c}{2 \cdot f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \cdot \Delta L \\ L &= \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,68 \times 10^9 \sqrt{4,234}} - 2 \times 0,7331499 \times 10^{-3} \\ &= \frac{3}{5,36 \times 2,057669} - 1,466298 \times 10^{-3} \\ &= 0,025734461 - 1,466298 \times 10^{-3} \\ &= 0,025734461 \text{ m} \\ &= 25,734461 \text{ mm} \approx 25,734 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dengan panjang (L) dan lebar (W) *patch* berturut-turut adalah 25,734 mm dan 33,4485 mm, maka dapat diketahui impedansi masukannya berdasarkan persamaan (2.38) adalah sebesar :

$$\begin{aligned} Z_A &= 90 \cdot \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W} \right)^2 \\ &= 90 \cdot \frac{4,6^2}{4,6 - 1} \left(\frac{25,734}{33,4485} \right)^2 = 90 \cdot \frac{21,16}{3,6} \cdot 0,591939 \\ &= 313,1356628 \ \Omega \approx 313 \ \Omega \end{aligned}$$

Pada perancangan dimensi antenna ini, dimensi antenna akan coba dioptimalkan dengan memangkas ukuran lebarnya sehingga lebar *patch* akan sama dengan ukuran panjangnya. Namun demikian hal ini akan berdampak pada kenaikan nilai impedansi input antenna menjadi sebesar

$$Z_A = 90 \frac{4,6^2}{4,6 - 1} \left(\frac{25,734}{25,734} \right)^2 = 529 \ \Omega$$

4.3.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi Lingkaran

Besarnya radius (*a*) elemen peradiasi antenna mikrostrip dengan persamaan (2-36) :

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

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan fungsi logaritmik *F*. Dengan $f_r = 2680$ MHz; (ϵ_r) = 4.6, maka nilai fungsi logaritmik *F* dapat dihitung dengan persamaan (2-37):

$$\begin{aligned} F &= \frac{8,791 \times 10^9}{2,680 \times 10^9 \sqrt{4,6}} \\ &= 1,529412 \end{aligned}$$

Maka besar radius elemen peradiasi lingkaran dengan frekuensi 2680 MHz adalah:

$$a = \frac{1,529412}{\left\{ 1 + \frac{2(1,6 \times 10^{-3})}{3,14 \times 4,6 \times 1,529412} \left[\ln \left(\frac{3,14 \times 1,529412}{2(1,6 \times 10^{-3})} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \text{ (cm)}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1,529412}{\left\{1 + \frac{3,2 \times 10^{-3}}{22,09082693} [\ln 1500,735525 + 1,7726]\right\}^{1/2}} \\
 &= \frac{1,529412}{\left\{1 + 1,448565 \cdot 10^{-4} [7,3137106 + 1,7726]\right\}^{1/2}} \\
 &= \frac{1,529412}{\left\{1 + 1,448565 \cdot 10^{-4} \cdot 9,0863106\right\}^{1/2}} \\
 &= \frac{1,529412}{\left\{1 + 1,316211151 \cdot 10^3\right\}^{1/2}} \\
 &= \frac{1,529412}{(1,001316211)^{1/2}} \\
 &= \frac{1,529412}{1,000657889} \\
 &= 1,5284 \text{ cm} \\
 &= 15,284 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.4 Perencanaan Mekanisme Pencatuan Antena Mikrostrip

Dengan mengacu pada dasar teori pada subbab 2.3.3.1 maka pada perancangan antena untuk penyelesaian skripsi ini akan menggunakan tipe pencatuan dengan skema kontak langsung, yaitu *microstrip line feed*. Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian samping *patch* mikrostrip.

4.4.1 Perencanaan Pencatuan Elemen Peradiasi Persegi

Seperti yang diketahui pada bagian sebelumnya nilai impedansi pada tepi *patch* elemen peradiasi persegi bernilai 529 Ohm. Nilai ini dapat diubah (dikurangi) dengan menggunakan *microstrip line feed* yang menjorok ke dalam atau disebut dengan *inset feed*. Dengan menganggap bahwa impedansi antena bernilai *real*, maka impedansi input yang diinginkan (50 ohm) dapat diperoleh melalui pengaturan posisi *inset* pada jarak tertentu dari tepi elemen peradiasi. Adapun jarak *inset* dari tepi diperoleh dengan menggunakan persamaan (2-39) :

$$\begin{aligned}
 R_{in}(y = y_o) &= R_{in}(y = 0) \cos^2\left(\frac{\pi}{L} y_o\right) \\
 529 &= 50 \cos^2\left(\frac{180}{25,734} y_o\right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \left[\cos^{-1} \sqrt{\left(\frac{50}{529} \right)} \right] \left(\frac{25,734}{180} \right) \\
 &= (89,2341127) \cdot (0,142967) \\
 &= 12,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.4.2 Perencanaan Pencatuan Elemen Peradiasi Lingkaran

Sedangkan pada elemen peradiasi lingkaran jarak *inset* dari tepi didapatkan dari persamaan berikut :

$$y_0 = 0,3d$$

dengan *d* adalah diameter elemen peradiasi, maka didapatkan nilai:

$$\begin{aligned}
 y_0 &= 0,3d \\
 &= 0,3 \times 2(1,5284) \text{ cm} \\
 &= 0,91704 \text{ cm} \\
 &= 9,1704 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.5 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk perhitungan lebar dimensi saluran transmisi (baik untuk elemen peradiasi yang berbentuk lingkaran maupun persegi) dapat digunakan persamaan (2-41) di bawah ini:

$$W_o = \frac{k}{Z_o} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Pada perencanaan antena mikrostrip *bi-element* ini, nilai impedansi pada setiap saluran untuk dua elemen yang searah adalah sebesar 100 Ω untuk mendapatkan impedansi total 50 Ω. Dengan nilai *h* = 1,6 mm dan $\epsilon_r = 4,6$ maka diperoleh nilai *W_o* (lebar saluran transmisi) sebesar

$$W_o = \frac{120\pi}{100} \times \frac{1,6}{\sqrt{4,6}} \text{ (mm)}$$

$$W_o \approx 2,811 \text{ mm}$$

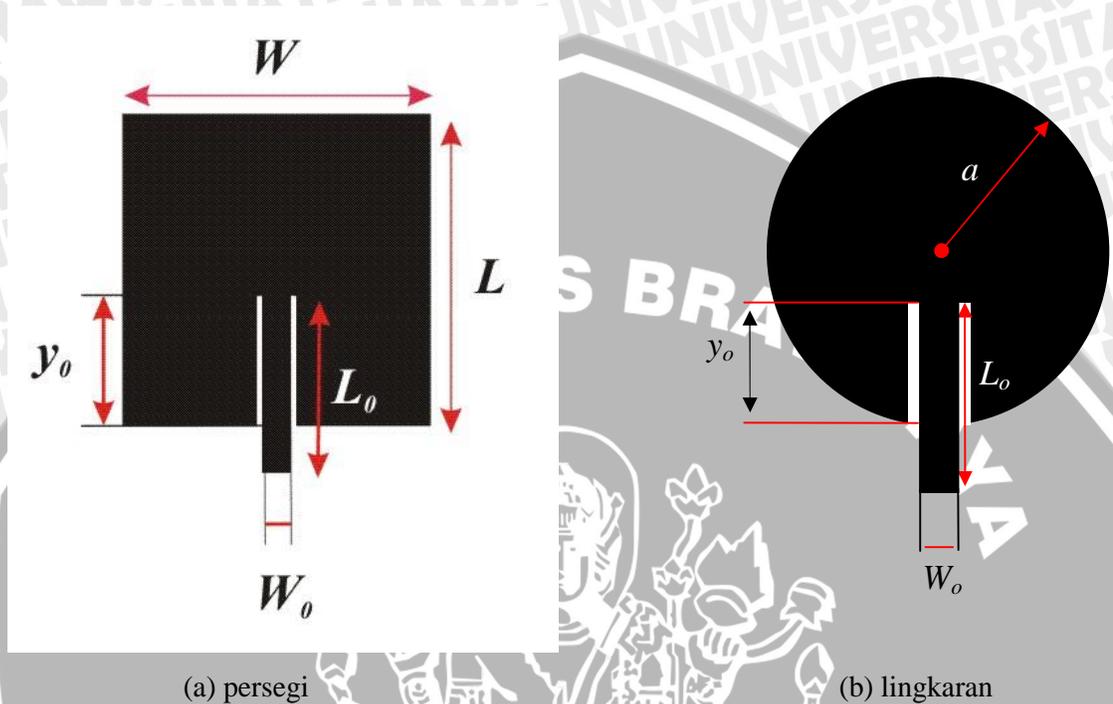
Sedangkan untuk panjang saluran transmisi dapat dicari dengan persamaan (2-42).

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

Dengan $\lambda_d = 0,0522 \text{ m}$, maka panjang saluran transmisi adalah :

$$L_o = \frac{1}{4} \cdot 0,0522 = 0,01305 \text{ m} = 13,05 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi elemen peradiasi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Dimensi elemen peradiasi

Sumber : Perencanaan

Keterangan Gambar 4.1a :

$$W = L = 25,734 \text{ mm} \quad ; \quad W_o = 2,811 \text{ mm}$$

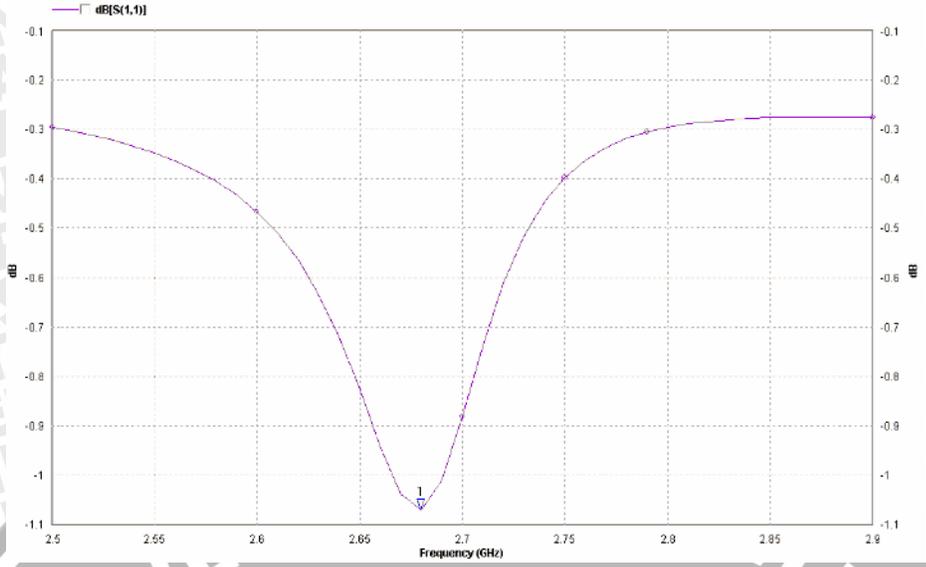
$$L_o = 13,05 \text{ mm} \quad ; \quad y_o = 12,75 \text{ mm}$$

Keterangan gambar b :

$$a = 15,284 \text{ mm} \quad ; \quad W_o = 2,811 \text{ mm}$$

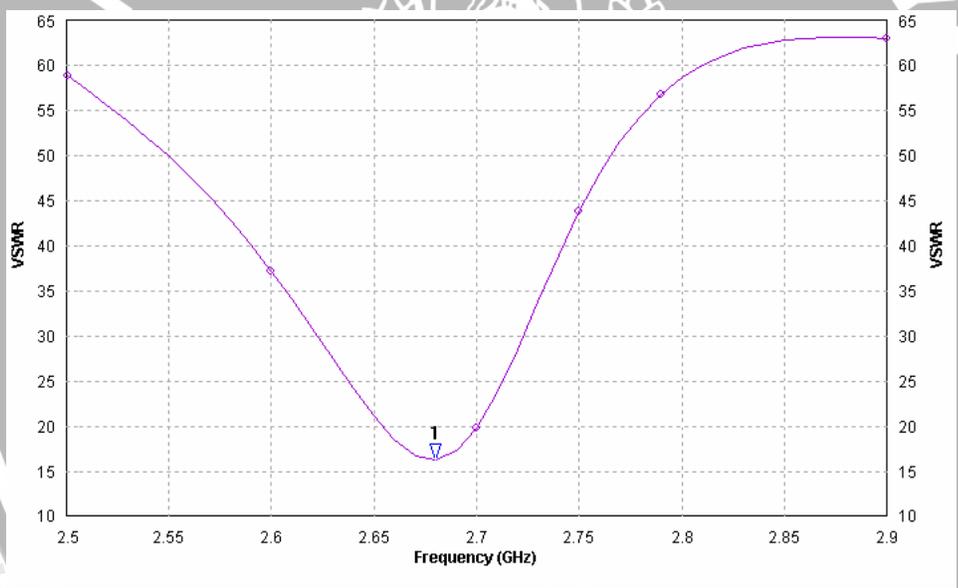
$$L_o = 13,05 \text{ mm} \quad ; \quad y_o = 9,1704 \text{ mm}$$

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator IE3D. Dari simulasi dengan menggunakan program IE3D, didapatkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Grafik 4.1a, 4.1b, 4.2a, dan 4.2b untuk elemen peradiasi (*single element*) yang dimensinya sesuai perhitungan:



Grafik 4.1 Hasil simulasi *return loss* elemen peradisi persegi

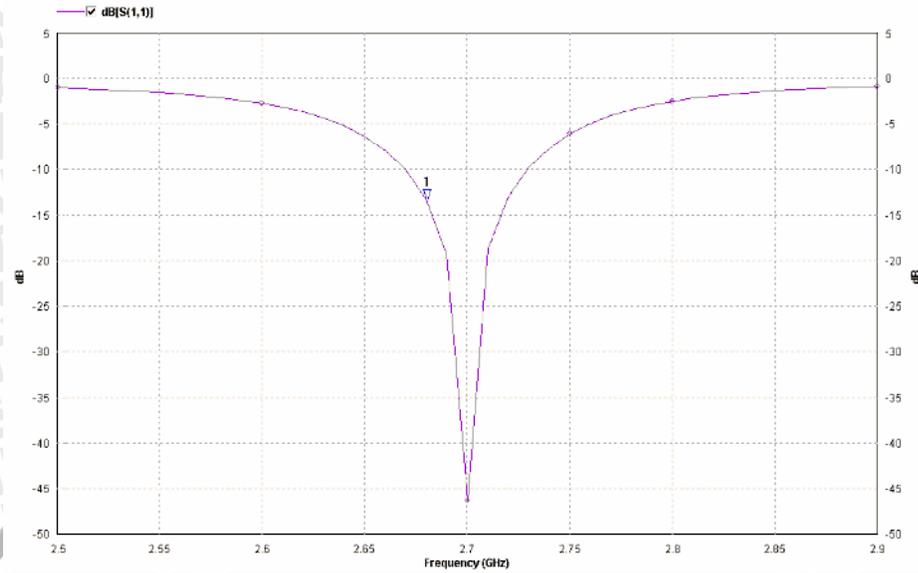
Sumber : Simulasi



Grafik 4.2 Hasil simulasi *VSWR* elemen peradisi persegi

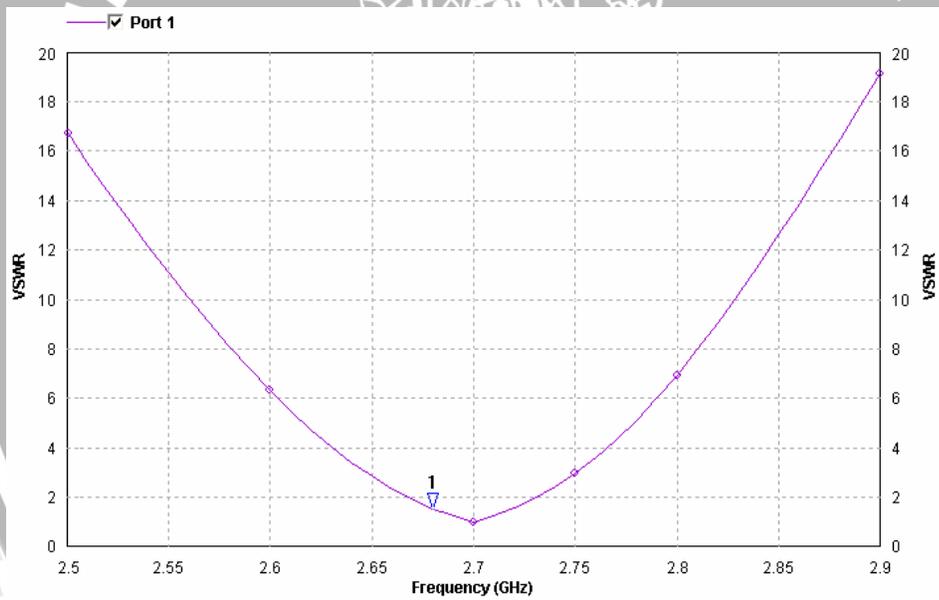
Sumber : Simulasi

Dari hasil simulasi elemen peradisi persegi dapat dilihat bahwa antenna sudah bekerja maksimal pada range frekuensi yang diharapkan yaitu 2 680 MHz, tetapi nilai S_{11} atau nilai *return loss* dari elemen peradisi masih sangat tinggi yaitu sebesar -1,07 dB dan nilai VSWR sebesar 17. Sedangkan antenna dapat bekerja secara maksimal jika mempunyai nilai $1 < VSWR < 2$ dan $S_{11} < -10$. Sehingga harus dilakukan optimasi pada elemen peradisi persegi tersebut.



Grafik 4.3 Hasil simulasi *return loss* elemen peradisi lingkaran

Sumber : Simulasi



Grafik 4.4 Hasil simulasi *VSWR* elemen peradisi lingkaran

Sumber : Simulasi

Dari hasil simulasi elemen peradisi lingkaran dapat dilihat bahwa antenna belum bekerja pada range frekuensi yang diharapkan yaitu 2680 MHz, tetapi maksimal pada frekuensi 2700 MHz. Sehingga harus dilakukan optimasi pada elemen peradisi lingkaran tersebut.

4.6 Optimasi Elemen Peradiasi

Optimasi dilakukan agar antenna dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan yaitu bekerja pada frekuensi 2680 MHz, dengan $bandwidth \geq 20$ MHz.

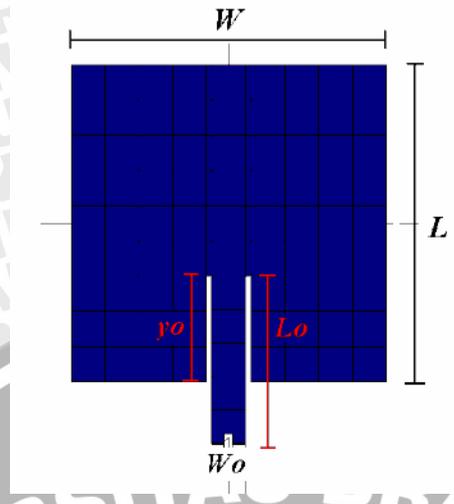
Untuk melakukan optimasi, dapat dilakukan dengan menambah dan mengurangi ukuran dimensi elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang paling optimal. Dalam skripsi ini selain dilakukan perhitungan secara manual dalam mengubah dimensi elemen peradiasi juga menggunakan simulator IE3D yang menyediakan perhitungan untuk optimasi elemen peradiasi antenna mikrostrip. Selain itu optimasi juga dilakukan dengan melakukan perubahan pada *inset feed*.

4.6.1 Optimasi Elemen Peradiasi Persegi

Setelah melakukan proses penambahan dan pengurangan pada dimensi elemen peradiasi, dimensi *inset feed*, dan dimensi saluran transmisi seperti yang rinciannya ditunjukkan pada Tabel 4.1, maka didapatkan hasil akhir optimasi elemen peradiasi persegi yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Optimasi manual elemen peradiasi persegi

Optimasi ke-	$L(mm)$	$y_o(mm)$	$L_o(mm)$	$W_o(mm)$	$Return Loss$	VSWR	Frekuensi Puncak (MHz)
1	25,4	12,8	13,05	2,811	-0,8	20,75	2680
2	25,0	12,8	13,05	2,811	-0,6	27,17	2680
3	24,6	12,8	13,05	2,811	-0,1	29,71	2680
4	25,8	12,8	13,05	2,811	-1,4	28,66	2680
5	260	12,8	13,05	2,811	-1,4	23,96	2680
6	26,3	12,8	13,05	2,811	-1,4	23,34	2680
7	26,7	12,8	13,05	2,811	-0,4	40,29	2680
8	26,3	12,8	13,1	2,811	-1,8	20,21	2670
9	26,3	12,8	13,1	2,811	-3,8	18,07	2670
10	26,3	12,8	13,1	2,811	-4,87	6,61	2670
11	26,3	12,5	13,2	2,811	-5,91	3,73	2670
12	26,3	120	13,3	2,811	-7,18	2,55	2670
13	26,3	11,5	13,4	2,811	-10,49	1,85	2670
14	26,3	10,5	13,5	2,811	-15,18	1,42	2680
15	26,3	9,5	13,6	2,811	-17,59	1,29	2680
16	26,3	9,3	13,7	2,811	-19,31	1,24	2680
17	26,3	9,2	13,8	2,811	-21,72	1,22	2680
18	26,3	90	13,9	2,811	-27,42	1,08	2680
19	26,3	8,8	13,9	2,811	-28,25	1,08	2680



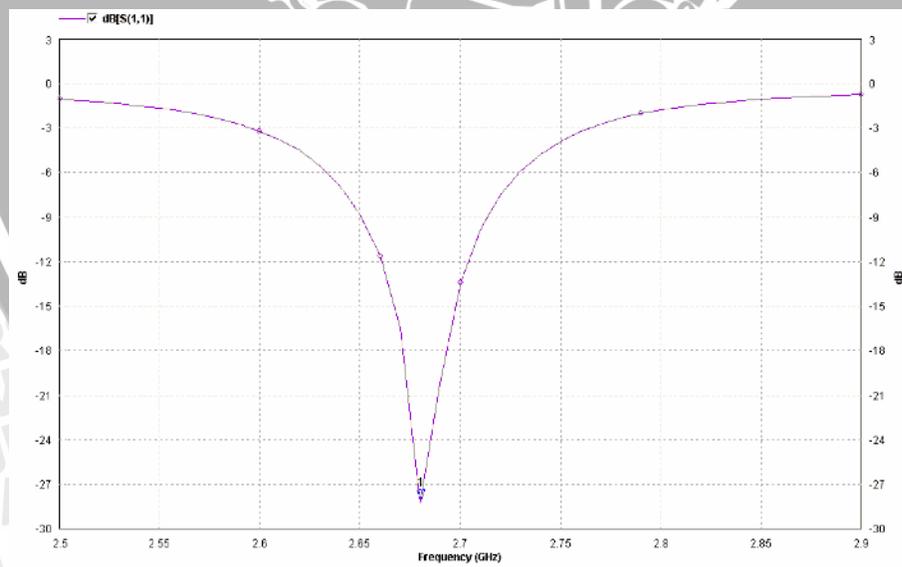
Gambar 4.2 Hasil optimasi elemen peradiasi

Sumber : Simulasi

Keterangan Gambar (4.2) :

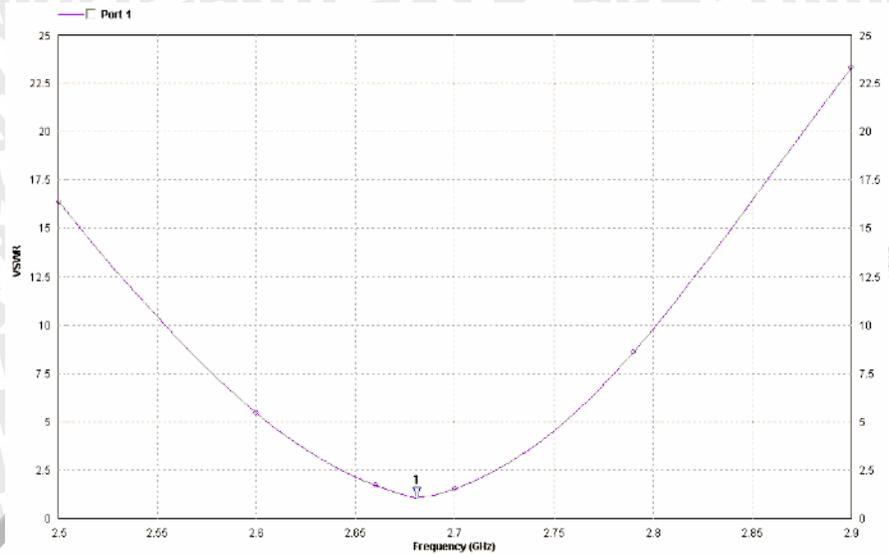
$W = 26.3 \text{ mm}$; $L = 26.3 \text{ mm}$; $y_0 = 8,8 \text{ mm}$
 $W_0 = 2.811 \text{ mm}$; $L_0 = 13,9 \text{ mm}$

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator IE3D, yang menghasilkan hasil simulasi sebagai berikut :



Grafik 4.5 Nilai return loss hasil simulasi optimasi elemen peradiasi persegi

Sumber : Simulasi



Grafik 4.6 Nilai VSWR hasil simulasi optimasi elemen peradiasi persegi

Sumber : Simulasi

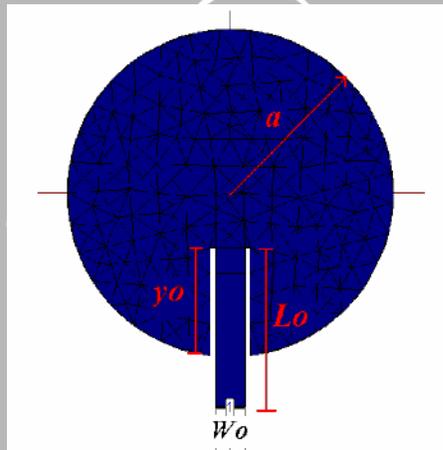
Dari hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 2 680 MHz. Dengan nilai VSWR 1,08 dan nilai return loss -28 dB. Hal ini berarti elemen peradiasi persegi sudah bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 < VSWR < 2$ dan $S_{11} < -10$. *Bandwidth* yang diperoleh sebesar ± 50 MHz juga telah memenuhi syarat dari sistem aplikasi Wi-Max yang hanya membutuhkan *bandwidth* sebesar 20 MHz.

4.6.2 Optimasi Elemen Peradiasi lingkaran

Setelah melakukan proses penambahan dan pengurangan pada dimensi elemen peradiasi, dimensi *inset feed*, dan dimensi saluran transmisi seperti yang rinciannya ditunjukkan pada Tabel 4.2, maka didapatkan hasil akhir optimasi elemen peradiasi lingkaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Tabel 4.2 Optimasi manual elemen peradiasi lingkaran

Optimasi ke-	$a(mm)$	$Y_o(mm)$	$L_o(mm)$	$W_o(mm)$	Return Loss	VSWR	Frekuensi Puncak (MHz)
1	15,3	10,2	13,1	2,811	-13,22	1,54	2680
2	15,4	10,2	13,1	2,811	-30,19	1,06	2680
3	15,4	10,3	13,2	2,811	-32,76	1,06	2680
4	15,4	10,3	13,3	2,811	-33,51	1,05	2680
5	15,4	10,3	13,5	2,811	-34,72	1,05	2680
6	15,4	10,3	14	2,811	36,8	1,04	2680
7	15,4	10,3	14,5	2,811	39,22	1,03	2680
8	15,4	10,3	14,6	2,811	40,41	1,02	2680
9	15,4	10,3	14,7	2,811	40,68	1,02	2680
10	15,4	10,3	14,8	2,811	40,72	1,02	2680
11	15,4	10,3	14,9	2,811	40,88	1,02	2680
12	15,4	10,3	15	2,811	41,05	1,02	2680
13	15,4	10,3	15,1	2,811	41,57	1,01	2680



Gambar 4.3 Hasil optimasi elemen peradiasi lingkaran

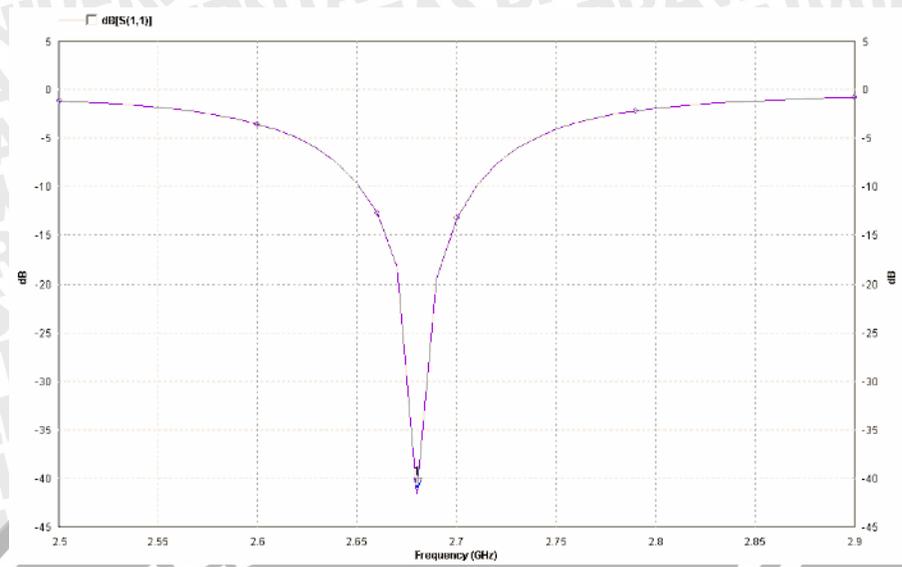
Sumber : Simulasi

Keterangan Gambar (4.2) :

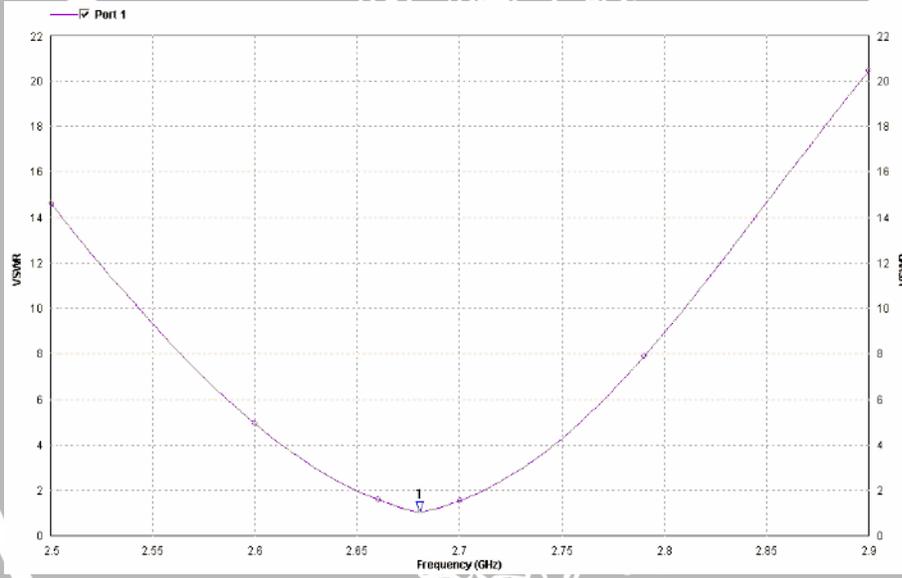
$a = 15,4 \text{ mm}$; $y_o = 10,3 \text{ mm}$

$W_o = 2.811 \text{ mm}$; $L_o = 15,1 \text{ mm}$

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator IE3D, yang menghasilkan hasil simulasi sebagai berikut :



Graphik 4.7 Nilai *return loss* hasil simulasi optimasi elemen peradiasi lingkaran
 Sumber : Simulasi

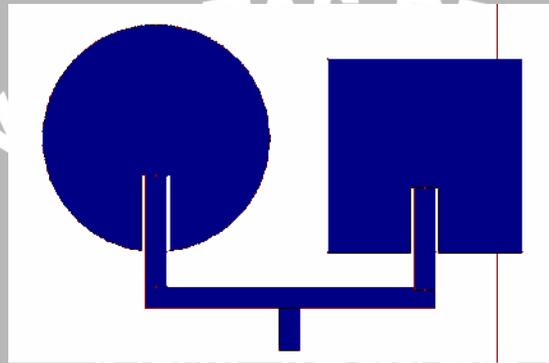


Graphik 4.8 Nilai *VSWR* hasil simulasi optimasi elemen peradiasi lingkaran
 Sumber : Simulasi

Dari hasil optimasi diatas dapat dilihat bahwa elemen peradiasi sudah bekerja paling maksimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 2 680 MHz. Dengan nilai *VSWR* 1,04 dan nilai *return loss* -40 dB. Hal ini berarti elemen peradiasi lingkaran sudah bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 < VSWR < 2$ dan $S_{11} < -10$. *Bandwidth* yang diperoleh sebesar ± 60 MHz juga telah memenuhi syarat dari sistem aplikasi Wi-Max yang hanya membutuhkan *bandwidth* sebesar 20 MHz.

4.7 Perencanaan Antena *Bi-Element Array*

Setelah dilakukan perhitungan serta simulasi secara berulang sehingga didapatkan elemen peradiasi persegi maupun lingkaran yang bekerja maksimal pada frekuensi 2680 MHz, maka elemen peradiasi persegi dan lingkaran disusun 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:



Gambar 4.4 Bentuk antena mikrostrip *bi-element array* 2,68 GHz yang direncanakan.

Sumber : Perencanaan

Untuk perhitungan dimensi saluran transmisi dapat digunakan persamaan (2.36) seperti berikut:

$$W_o = \frac{k}{Z_o} x \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)}$$

Pada perencanaan antena mikrostrip ini, nilai impedansi pada setiap saluran untuk dua elemen yang searah adalah sebesar 100 Ω untuk mendapatkan impedansi total 50 Ω . Dengan nilai $h = 1.6$ mm dan $\epsilon_r = 4.6$ maka diperoleh nilai W_T (lebar saluran transmisi) untuk nilai impedansi masing-masing elemen. Karena elemen ke-1 dan elemen ke-2 mempunyai frekuensi yang sam, maka nilai W_T baik untuk elemen ke-1 dan elemen ke-2 adalah sebesar

$$\begin{aligned} W_{T_1} = W_{T_2} &= \frac{120\pi}{100} x \frac{1.6}{\sqrt{4.6}} \text{ (mm)} \\ &= 2,811 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk panjang saluran transmisi dapat dicari dengan persamaan (2-37)

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

Dengan $\lambda_d = 0,0522$ m, maka panjang saluran transmisi baik untuk elemen ke-1 maupun elemen ke-2 adalah sebesar:

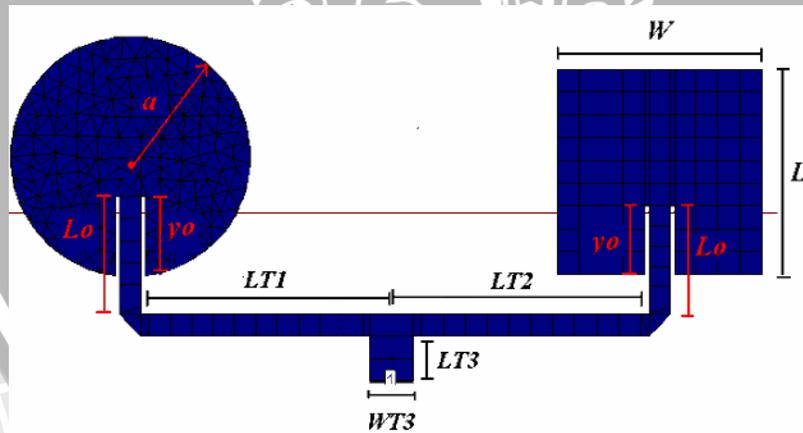
$$L_{T_1} = L_{T_2} = \frac{1}{4} \cdot 0,0522 = 0,01305 \text{ m} = 13,05 \text{ mm}$$

Pada antenna mikrostrip, agar diperoleh distribusi arus yang maksimal, maka jarak antara elemen dengan titik catu harus kelipatan ganjil dari $\frac{1}{4}$ (kelipatan ganjil dari nilai L_T yang diperoleh). Oleh karena itu titik catu diletakkan pada ujung perpanjangan T - $junction$ agar diperoleh posisi $3 \times \frac{1}{4}$ (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:

$$W_{T_3} = \frac{120\pi}{50} \times \frac{1.6}{\sqrt{4.6}} \text{ (mm)}$$

$$= 5,62 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh antenna dengan dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bentuk antenna mikrostrip *bi-element array* 2,68 GHz

Sumber : Perencanaan

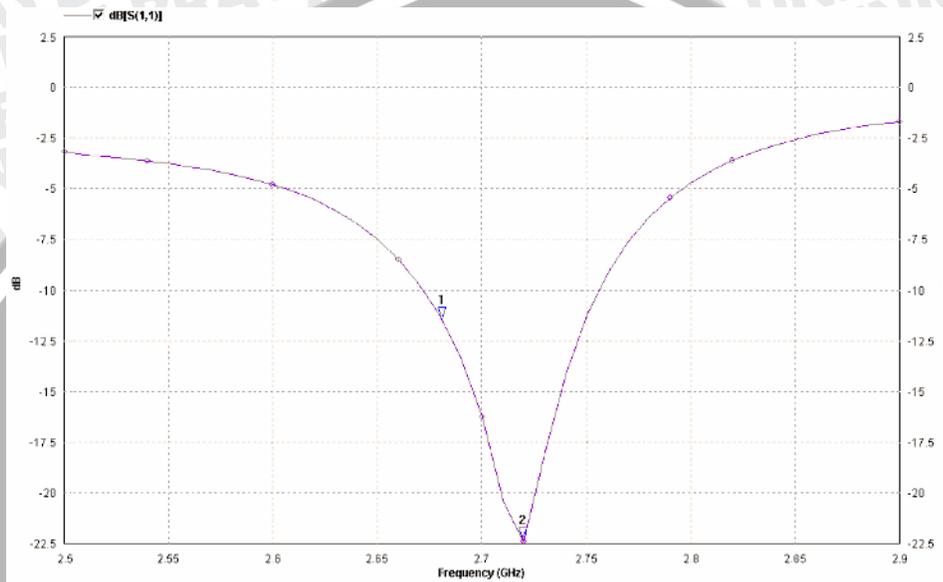
Keterangan gambar 4.6 :

- $a = 15,4$ mm ; $L = W = 26,3$ mm
- $y_{o1} = 10,3$ mm ; $y_{o2} = 8,8$ mm
- $L_{o1} = 15,1$ mm ; $L_{o2} = 13,9$ mm

$$L_{T1} = 30,2 \text{ mm} \quad ; \quad L_{T2} = 27,8 \text{ mm} \quad ; \quad L_{T3} = 5 \text{ mm}$$

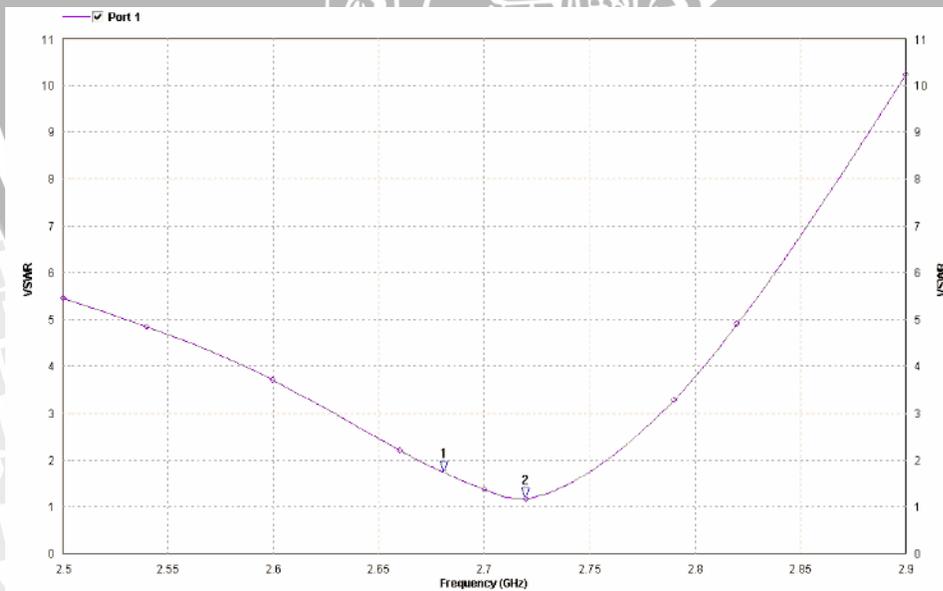
$$W_o = 2,811 \text{ mm} \quad ; \quad W_{T1} = 2,811 \text{ mm} \quad ; \quad W_{T2} = 2,811 \text{ mm} \quad ; \quad W_{T3} = 5,62 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, selanjutnya kita buat antenna dengan susunan seperti yang sudah direncanakan dengan menggunakan program IE3D, lalu kita simulasikan. Hasil simulasi dari antenna *bi-element array* adalah sebagai berikut:



Grafik 4.9 Hasil simulasi *return loss* antenna mikrostrip *bi-element array*

Sumber : Simulasi



Grafik 4.10 Hasil simulasi *VSWR* antenna mikrostrip *bi-element array*

Sumber : Simulasi

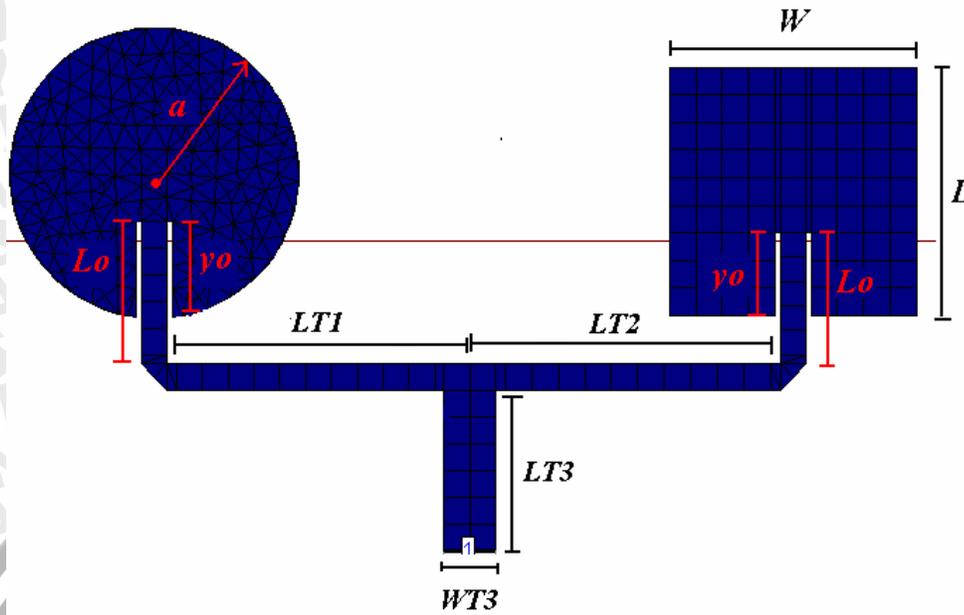
Dari hasil simulasi antenna *bi-element array* di atas dapat dilihat bahwa antenna belum bekerja pada range frekuensi yang diharapkan yaitu 2680 MHz, tetapi maksimal pada frekuensi 2710 MHz. Sehingga harus dilakukan optimasi pada antenna mikrostrip *bi-element array* tersebut.

4.8 Optimasi Antena *Bi-Element Array*

Proses optimasi dilakukan dengan hanya mengubah-ubah panjang saluran transmisi, tanpa mengubah nilai dari dimensi elemen peradiasi dan nilai *inset feed*. Rincian penambahan dan pengurangan saluran transmisi antenna *bi-element array* ditunjukkan pada Tabel 4.3. Hasil akhir dimensi elemen peradiasi dan saluran transmisi antenna *bi-element array* setelah optimasi ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Tabel 4.3 Optimasi manual antenna mikrostrip *bi-element array*

Optimasi ke-	$L_{T1}(mm)$	$L_{T2}(mm)$	$L_{T3}(mm)$	$W_{T3}(mm)$	Return Loss	VSWR	Frekuensi Puncak
1	30,20	27,80	5	5,62	-11,01	1,92	2680
2	30,51	28,31	5	5,62	-11,37	1,74	2680
3	30,81	28,81	5	5,62	-10,89	1,79	2680
4	31,31	29,31	5	5,62	-10,70	1,82	2680
5	31,31	29,31	6	5,62	-10,98	1,78	2680
6	31,31	29,31	7	5,62	-11,32	1,74	2680
7	31,31	29,31	8	5,62	-11,64	1,73	2680
8	31,31	29,31	10	5,62	-13,08	1,57	2680
9	31,31	29,31	12	5,62	-15,10	1,42	2680
10	31,31	29,31	14	5,62	-17,89	1,32	2680
11	31,31	29,31	15	5,62	-20,35	1,21	2680
12	31,31	29,31	16	5,62	-22,87	1,15	2680
13	31,31	29,31	17	5,62	-25,13	1,12	2680
14	31,31	29,31	18	5,62	-24,96	1,12	2680
15	31,31	29,31	19	5,62	-24,12	1,13	2680
16	31,41	29,81	17	5,62	-26,14	1,104	2680
17	31,51	31,31	17	5,62	-29,7	1,07	2680
18	31,71	31,81	17	5,62	-32,54	1,048	2680
19	31,81	32,21	17	5,62	-34,01	1,46	2680
20	31,91	32,51	17	5,62	-34,77	1,04	2680
21	32,01	32,81	17	5,62	-35,48	1,039	2680
22	32,11	32,91	17	5,62	-36,22	1,31	2680
23	32,21	33,01	17	5,62	-37,78	1,028	2680
24	32,16	32,96	17	5,52	-39,00	1,025	2680



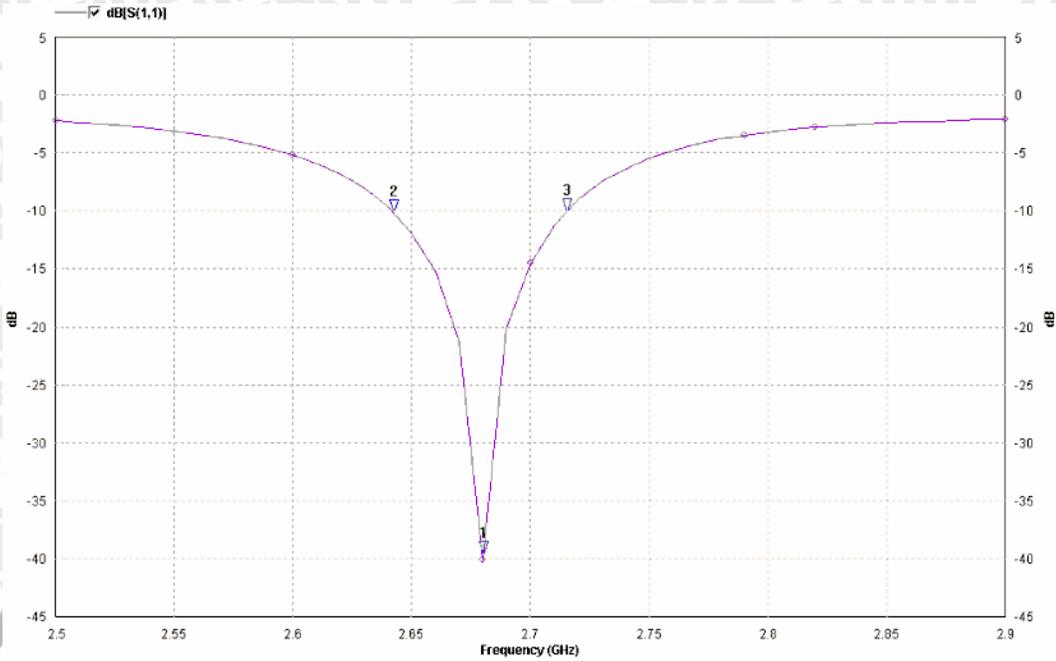
Gambar 4.6 Bentuk akhir antenna mikrostrip *bi-element array* 2,68 GHz setelah dilakukan optimasi

Sumber : Perencanaan

Keterangan gambar 4.6 :

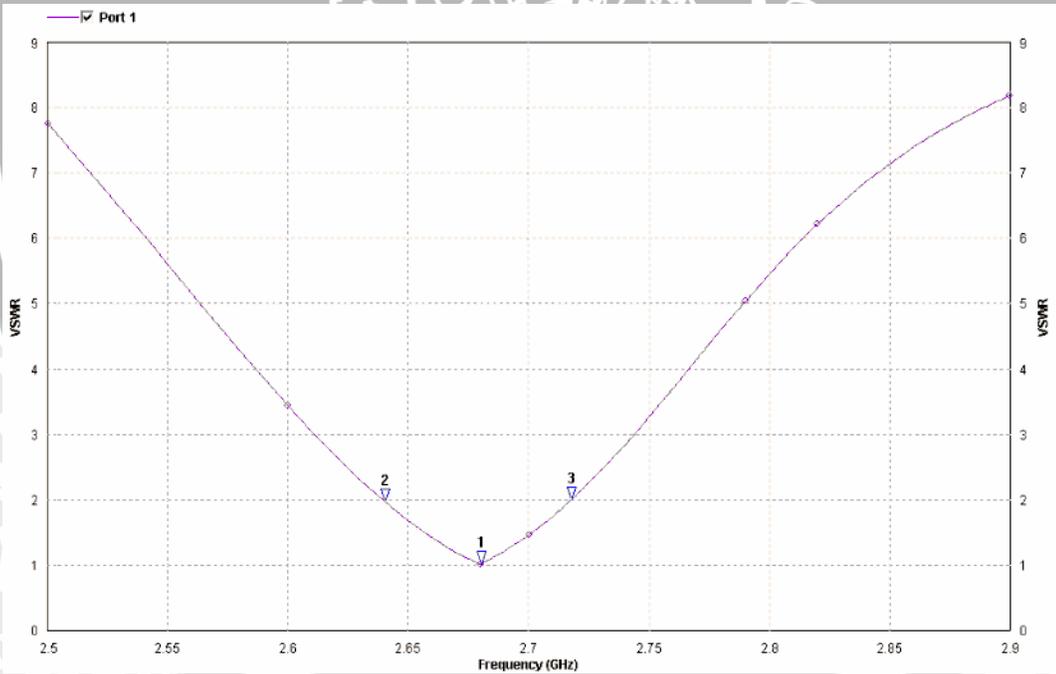
- $a = 15,4 \text{ mm}$; $L=W= 26,3 \text{ mm}$
- $y_{o1} = 10,3 \text{ mm}$; $y_{o2} = 8,8 \text{ mm}$
- $L_{o1} = 15,1 \text{ mm}$; $L_{o2} = 13,9 \text{ mm}$
- $L_{T1} = 32,16 \text{ mm}$; $L_{T2} = 32,96 \text{ mm}$; $L_{T3} = 17 \text{ mm}$
- $W_o = 2.811 \text{ mm}$; $W_{T1} = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T2} = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T3} = 5,52 \text{ mm}$

Hasil simulasi dari antenna mikrostrip *bi-element array* setelah optimasi adalah sebagai berikut :



Grafik 4.11 Nilai *return loss* hasil optimasi antenna mikrostrip *bi-element array*

Sumber : Simulasi

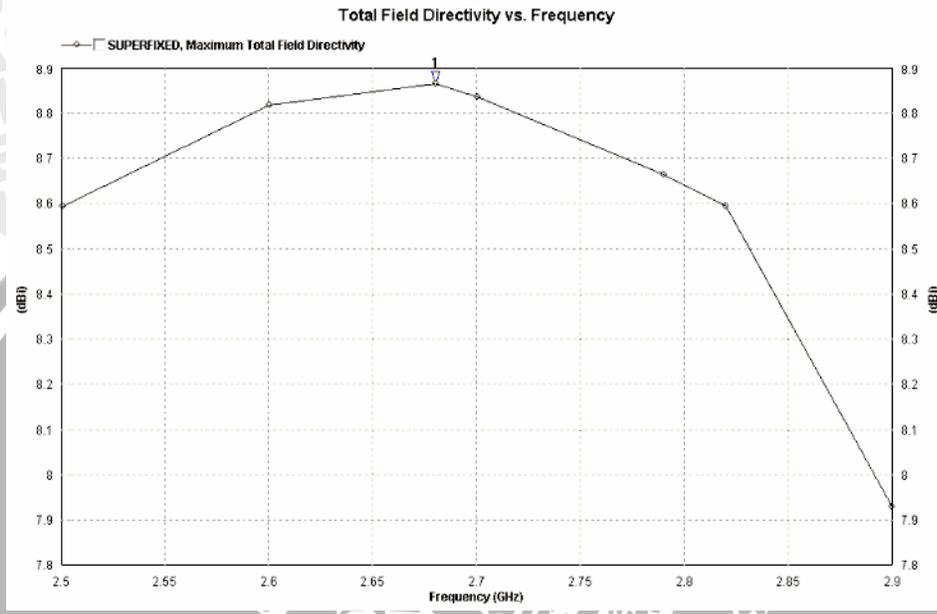


Grafik 4.12 Nilai *VSWR* hasil simulasi optimasi antenna mikrostrip *bi-element array*

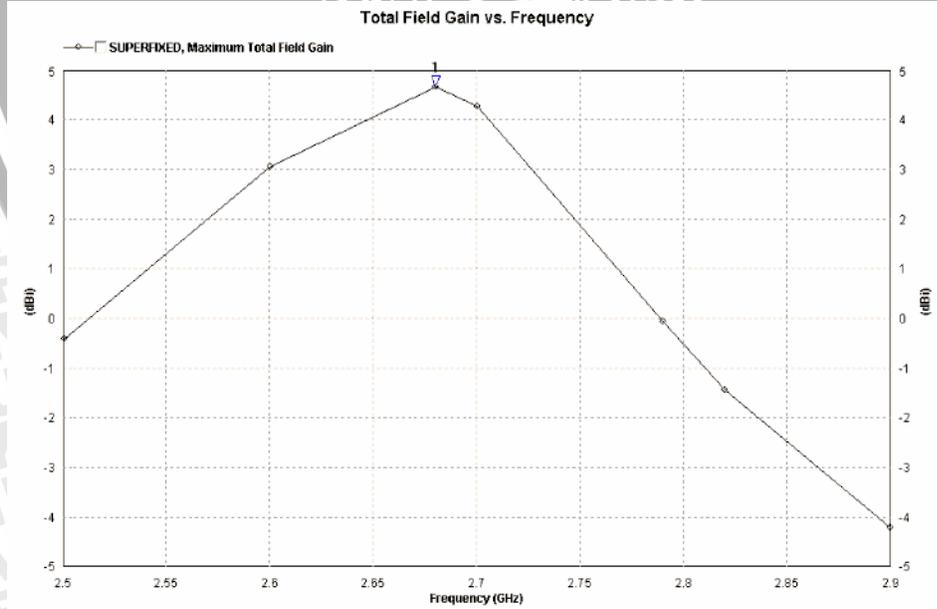
Sumber : Simulasi

Dari simulasi diatas antenna sudah bekerja optimal pada frekuensi yang diinginkan yaitu 2680 MHz. Dengan nilai VSWR 1,025 dan nilai return loss -39 dB. Hal

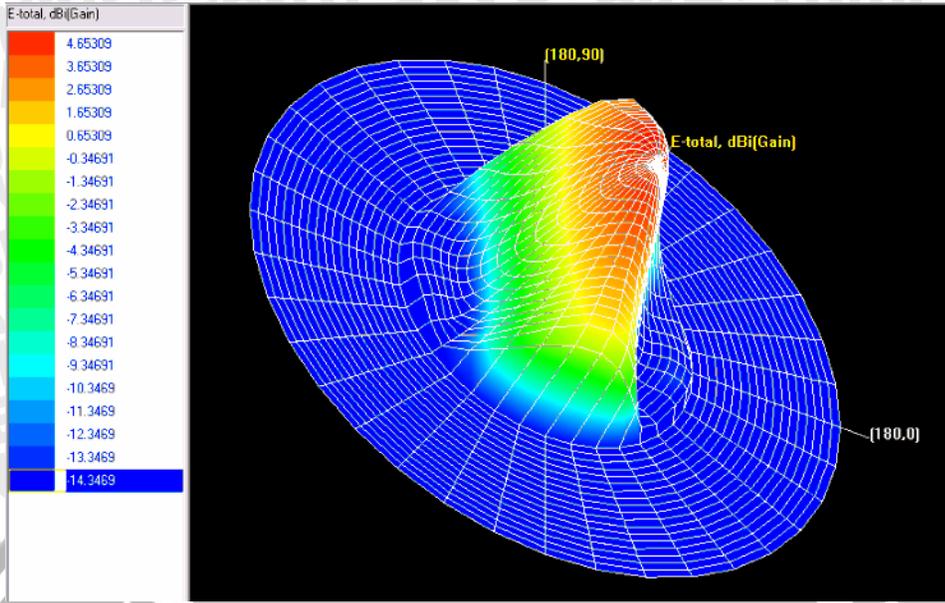
ini berarti elemen peradiasi persegi sudah bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 < VSWR < 2$ dan $S_{11} < -10$. Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai $VSWR \leq 2$ atau $S_{11} \leq -10,00$ dB. Sehingga nilai *bandwidth*nya adalah $(2717-2640)MHz = 77 MHz$.



Grafik 4.13 Grafik *Directivity* terhadap Frekuensi
 Sumber : Simulasi

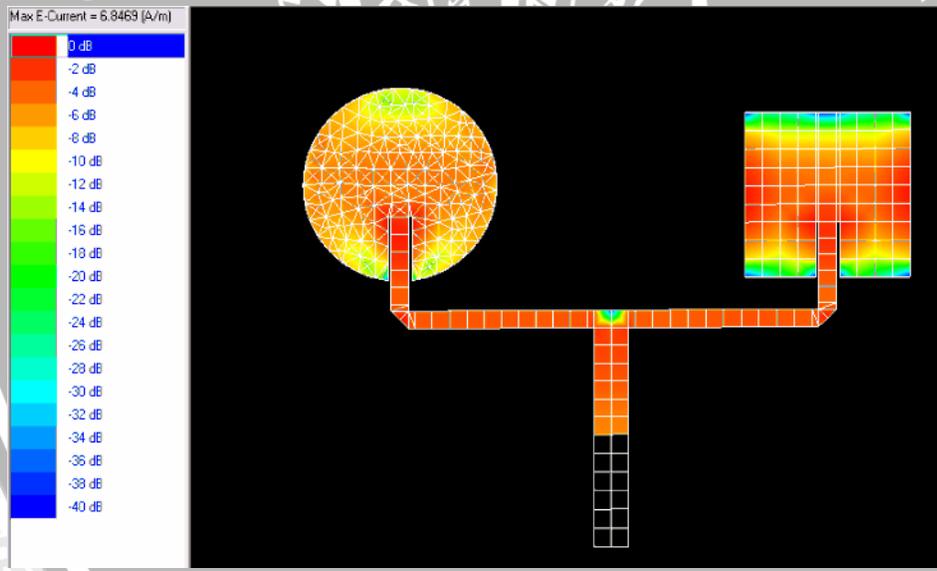


Grafik 4.14 Grafik *Gain* terhadap Frekuensi
 Sumber : Simulasi



Gambar 4.7 Radiation Pattern 3D pada frekuensi 2680 MHz

Sumber : Simulasi



Gambar 4.8 Distribusi arus pada frekuensi 2680 MHz

Sumber : Simulasi

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA MIKROSTRIP *BI-ELEMENT ARRAY* 2680 MHZ

5.1 Pendahuluan

Untuk mengetahui karakteristik antena mikrostrip *bi-element array* yang telah dirancang dan dibuat, maka proses selanjutnya adalah melakukan pengukuran parameter-parameter antena tersebut terhadap frekuensi kerjanya. Selanjutnya, dari pengukuran parameter-parameter antena yang diperoleh, maka dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran yang diperoleh.

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

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

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

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

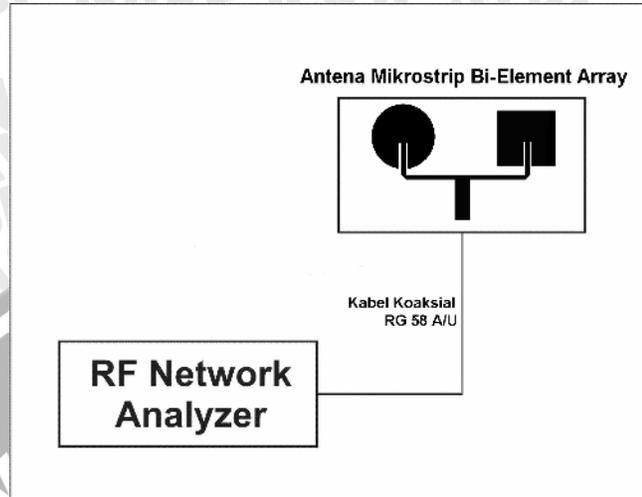
5.2.1 Alat-alat yang digunakan

- *RF Network Analyzer* Agilent 8714ES 300 kHz – 3000 MHz.
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Bi-Element 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.

- Menghubungkan ujung lain kabel koaksial RG-58A/U dengan antenna uji (antena mikrostrip) sehingga terbentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*, Koefisien pantul, dan *VSWR*

Sumber : Pengujian

- Mengatur alat ukur *RF Network Analyzer* pada range frekuensi 2500 MHz – 3000 MHz.
- Mencatat nilai *Return Loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *RF Network Analyzer* pada frekuensi 2680 MHz.
- 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* dan koefisien pantul dapat dihitung nilai *VSWR* antenna. Perhitungan nilai *VSWR* dengan persamaan 2-20 dan 2-24 adalah sebagai berikut:

$$f_r = 2680 \text{ MHz}$$

$$RL = -20,882 \text{ dB}$$

$$RL = 20 \log \Gamma \text{ (dB)} \rightarrow -20,882 = 20 \log \Gamma \rightarrow \Gamma = 10^{\frac{-20,82}{20}} = 0,091$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 0,091}{1 - 0,091} = 1,200$$

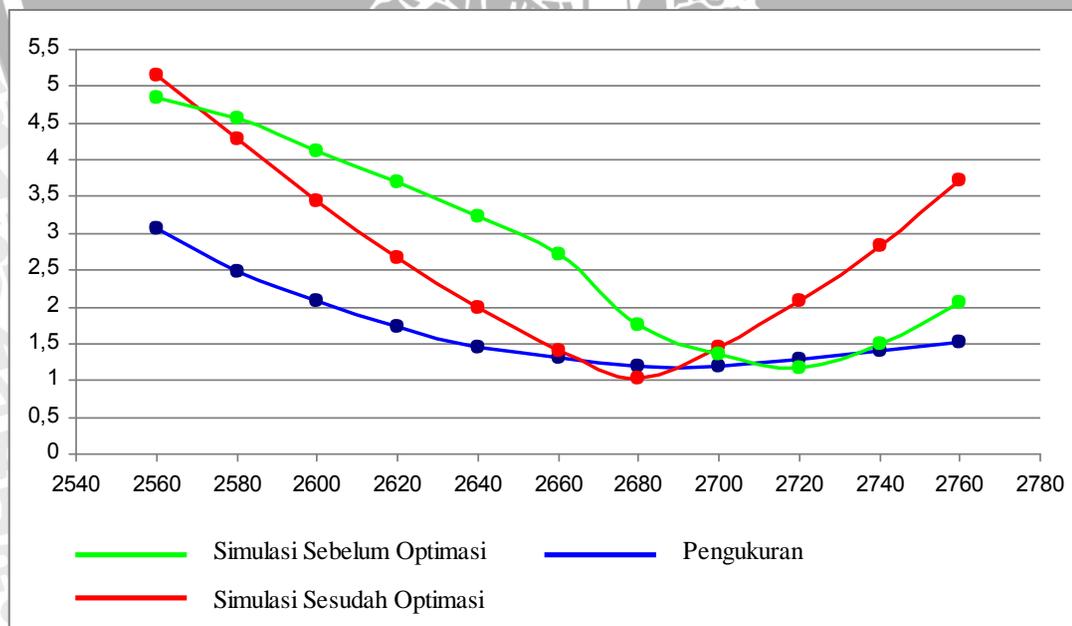
Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan *VSWR* antenna mikrostrip *bi-element array* dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan perhitungan *VSWR* antenna

No.	Frekuensi (MHz)	Return Loss (RL)	Koefisien Pantul	VSWR
1	2560	-5,919	0,505	3,06
2	2580	-7,471	0,423	2,47
3	2600	-9,021	0,353	2,09
4	2620	-11,261	0,273	1,74
5	2640	-14,145	0,196	1,45
6	2660	-17,557	0,132	1,30
7	2680	-20,820	0,091	1,20
8	2700	-20,870	0,090	1,19
9	2720	-18,171	0,123	1,28
10	2740	-15,225	0,173	1,41
11	2760	-13,616	0,208	1,51

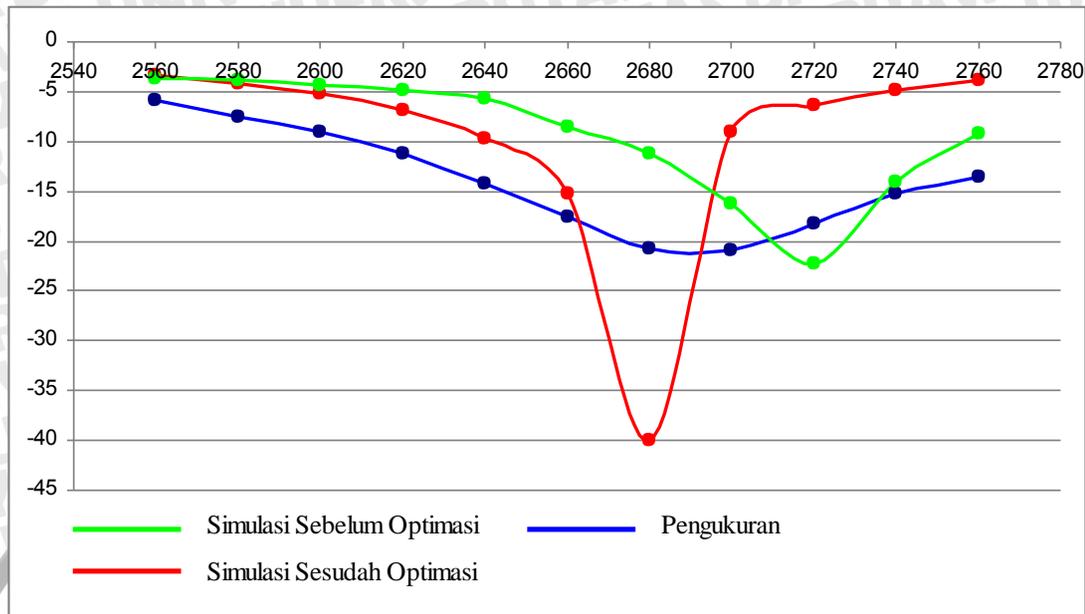
Sumber : Hasil Pengujian

Selanjutnya dari data hasil pengukuran *return loss* dan *VSWR* dapat dibuat grafik fungsi *return loss* terhadap frekuensi, maupun *VSWR* terhadap frekuensi seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan 5.2.



Grafik 5.1 Grafik nilai *VSWR* terhadap frekuensi

Sumber : Hasil Pengujian



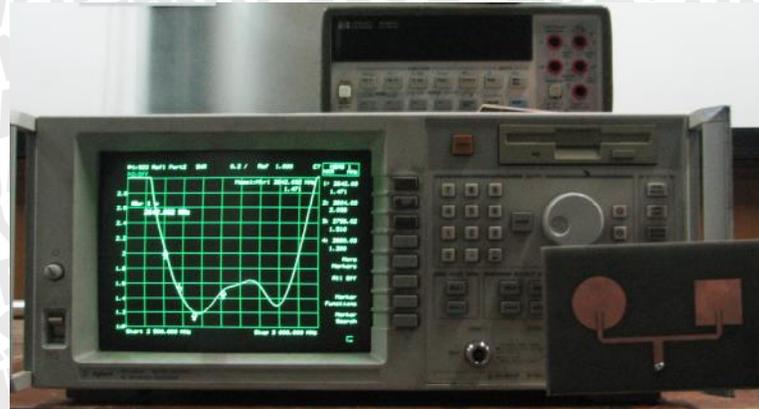
Grafik 5.2 Grafik nilai *return loss* terhadap frekuensi

Sumber : Hasil Pengujian

5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna mikrostrip *bi-element array* ini memiliki nilai *Return loss* maupun *VSWR* yang berbeda-beda. Pada frekuensi kerja 2680 MHz antenna memiliki nilai *Return Loss* sebesar $-20,820$ dB dan *VSWR* sebesar 1,20. Hal ini berarti antenna telah dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan dan berada dalam batas yang diijinkan yaitu $RL \leq -10$ dB dan $1 \leq VSWR \leq 2$.

Hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada simulasi maupun pengukuran, antenna yang telah difabrikasi ini telah menunjukkan nilai-nilai yang sama hampir pada setiap parameter yang diukur. Untuk simulasi, *VSWR* bernilai 1,12 sedangkan pada pengukuran bernilai 1,2. Untuk *return loss*, walaupun pada simulasi dihasilkan nilai *return loss* sebesar $-39,9$ dB sedangkan pada pengukuran hanya menghasilkan nilai sebesar $-20,82$ dB, tetapi antenna masih berada pada batas yang diijinkan. Hal ini menunjukkan bahwa antenna yang difabrikasi telah sesuai dengan perencanaan baik secara teori maupun secara praktis.



Gambar 5.2 Pengukuran VSWR

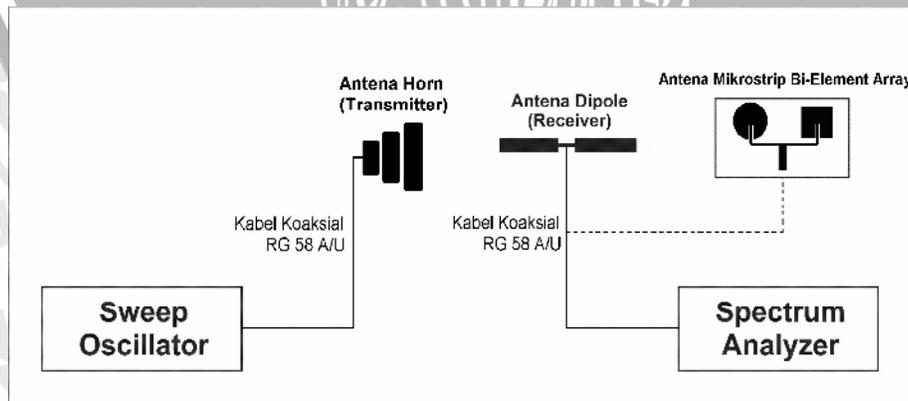
Sumber : Pengujian

5.3 Pengukuran Gain Antena

5.3.1 Alat-alat yang digunakan

- Sweep Oscillator 8350B 1 - 26.5 GHz Hewlett Packard.
- Spectrum Analyzer 8653E 30 Hz – 26.5 GHz Hewlett Packard.
- Antena Horn
- Antena standar dipole sleeve /2
- Antena uji (Antena Mikrostrip Bi-Element 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* /2 dipasang sebagai antena referensi pada sisi penerima.
3. *Sweep Oscillator* diatur pada frekuensi 2680 MHz dan catat daya antena *dipole* /2 yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Antena *dipole* /2 pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (Antena mikrostrip *Bi-Element Array*) hasil perancangan.
5. Mengulangi langkah 3 dan 4 dengan masing-masing pengambilan data 10 kali kemudian mencatat 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 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengukuran *Gain*

Pengukuran	Antena			
	Referensi (<i>Dipole Sleeve</i>)		Mikrostrip <i>Bi-Element Array</i>	
	(-dBm)	dBm	(-dBm)	dBm
1	38,83	-38,83	36,17	-36,17
2	38,67	-38,67	36,33	-36,33
3	39,00	-39,00	36,50	-36,50
4	38,50	-38,50	36,67	-36,67
5	38,33	-38,33	36,00	-36,00
6	38,67	-38,67	36,33	-36,33
7	38,17	-38,83	36,83	-36,83
8	38,00	-39,17	36,17	-36,17
9	38,50	-38,50	37,00	-37,00
10	38,67	-38,67	37,17	-36,50
Rata-rata		-38,71		-36,45
Gain (dBi)		2,15		4,41

Sumber : Hasil Pengujian

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

$$f_r = 2680 \text{ MHz}$$

$$P_R = -38,71 \text{ dBm}$$

$$P_U = -36,45 \text{ dBm}$$

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

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

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

$$G_{AUT}(\text{dBi}) = 2,15(\text{dBi}) - 36,45(\text{dBm}) - (-38,71)(\text{dBm}) = 4,41 \text{ dBi}$$

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

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

Pada frekuensi perencanaan antenna yaitu 2680 MHz antenna mikrostrip *Bi-Element Array* dual elemen ini memiliki nilai *gain* 4,41 dBi dan nilai ini telah sesuai dengan perencanaan yaitu nilai *gain* > 3 dBi.

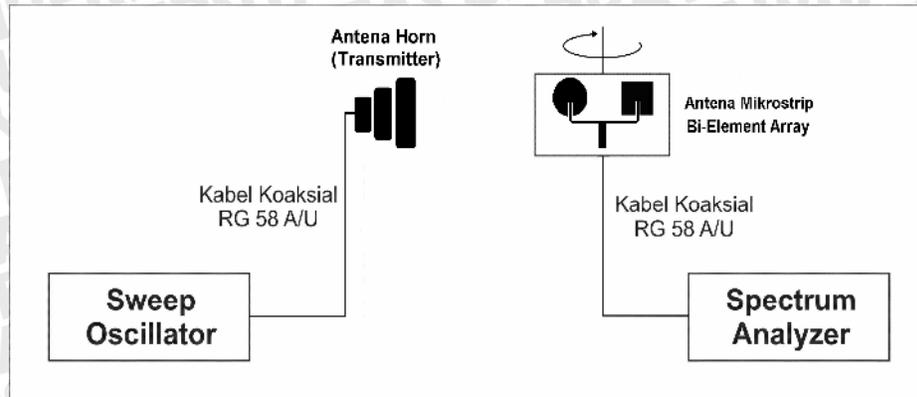
5.4. Pengujian Pola Radiasi

5.4.1. Alat-alat yang digunakan

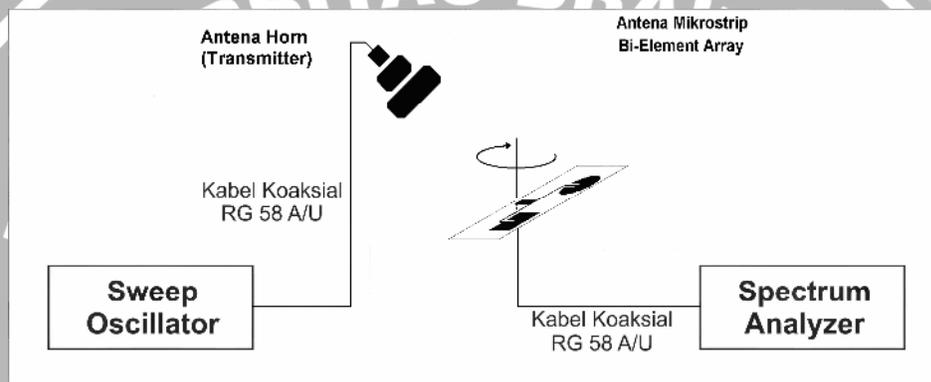
- *Sweep Oscillator* 8350B 1 - 26.5 GHz Hewlett Packard.
- *Spectrum Analyzer* 8653E 30 Hz – 26.5 GHz Hewlett Packard.
- Antena *horn*
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Bi-Element Array*)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Konektor tipe N *Female*
- Dua buah tiang penyangga dengan skala sudut putar

5.4.2. Prosedur Pengukuran

1. Memasang antenna *horn* sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *Sweep Oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4a dan 5.4b.
2. Memasang antenna uji (antenna mikrostrip *Bi-Element Array*) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4a dan 5.4b.



Gambar 5.4a. Rangkaian Pengukuran *Pola Radiasi* Vertikal Antena



Gambar 5.4b. Rangkaian Pengukuran *Pola Radiasi* Horisontal Antena

3. Mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 2680 MHz.
4. Memutar antenna uji (antena mikrostrip *Bi-Element Array*) secara vertikal, 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 pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antenna uji (antena mikrostrip *Bi-Element 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 2680 MHz terlihat dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Hasil pengukuran Pola Radiasi pada frekuensi 2680 MHz.

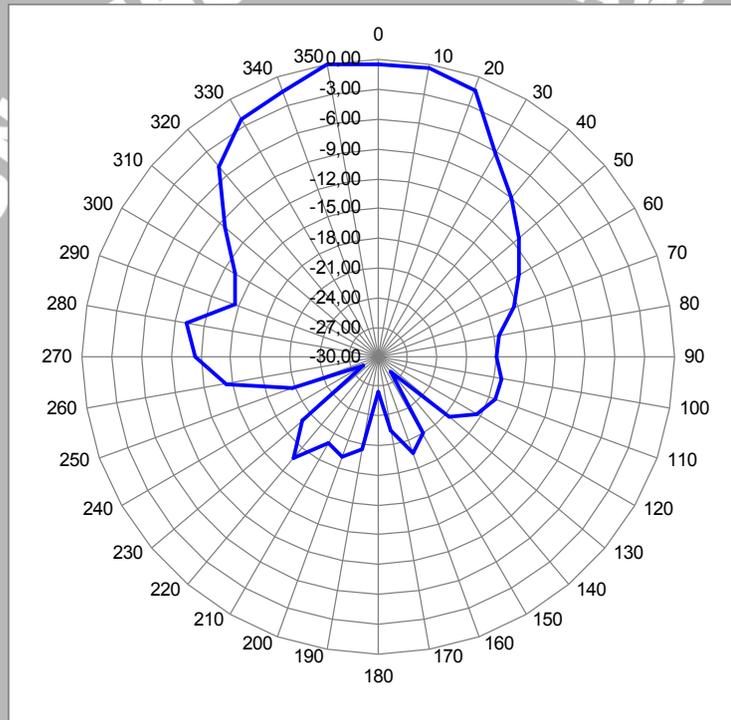
No.	Sudut (°)	Pola Radiasi Horizontal		Pola Radiasi Vertikal	
		Daya pada Spectrum Analyzer (dBm)	Normalisasi (dB)	Daya pada Spectrum Analyzer (dBm)	Normalisasi (dB)
1	0	-36,75	-0,50	-39,58	-0,83
2	10	-36,66	-0,41	-39,58	-0,83
3	20	-37,58	-1,33	-41,41	-2,66
4	30	-42,58	-6,33	-43,33	-4,58
5	40	-45,32	-9,07	-45,91	-7,16
6	50	-47,58	-11,33	-46,41	-7,66
7	60	-49,75	-13,50	-46,58	-7,83
8	70	-51,66	-15,41	-46,66	-7,91
9	80	-53,91	-17,66	-47,24	-8,49
10	90	-54,24	-17,99	-48,75	-10,00
11	100	-53,50	-17,25	-49,41	-10,66
12	110	-53,58	-17,33	-53,83	-15,08
13	120	-54,83	-18,58	-60,08	-21,33
14	130	-56,75	-20,50	-61,41	-22,66
15	140	-64,25	-28,00	-65,41	-26,66
16	150	-57,33	-21,08	-61,08	-22,33
17	160	-55,91	-19,66	-57,50	-18,75
18	170	-58,67	-22,42	-56,66	-17,91
19	180	-62,66	-26,41	-53,58	-14,83
20	190	-56,75	-20,50	-57,08	-18,33
21	200	-55,49	-19,24	-64,57	-25,82
22	210	-56,21	-19,96	-50,75	-12,00
23	220	-52,83	-16,58	-58,75	-20,00
24	230	-56,32	-20,07	-55,33	-16,58
25	240	-64,49	-28,24	-64,41	-25,66
26	250	-57,08	-20,83	-52,41	-13,66
27	260	-50,57	-14,32	-44,25	-5,50
28	270	-47,73	-11,48	-46,41	-7,66
29	280	-46,58	-10,33	-46,08	-7,33
30	290	-50,91	-14,66	-46,58	-7,83
31	300	-49,50	-13,25	-44,49	-5,74
32	310	-45,91	-9,66	-43,41	-4,66
33	320	-41,16	-4,91	-40,58	-1,83
34	330	-38,58	-2,33	-39,91	-1,16
35	340	-37,75	-1,50	-39,66	-0,91
36	350	-36,25	0,00	-38,75	0,00
37	360	-36,75	-0,50	-39,58	-0,83

Sumber : Hasil Pengujian

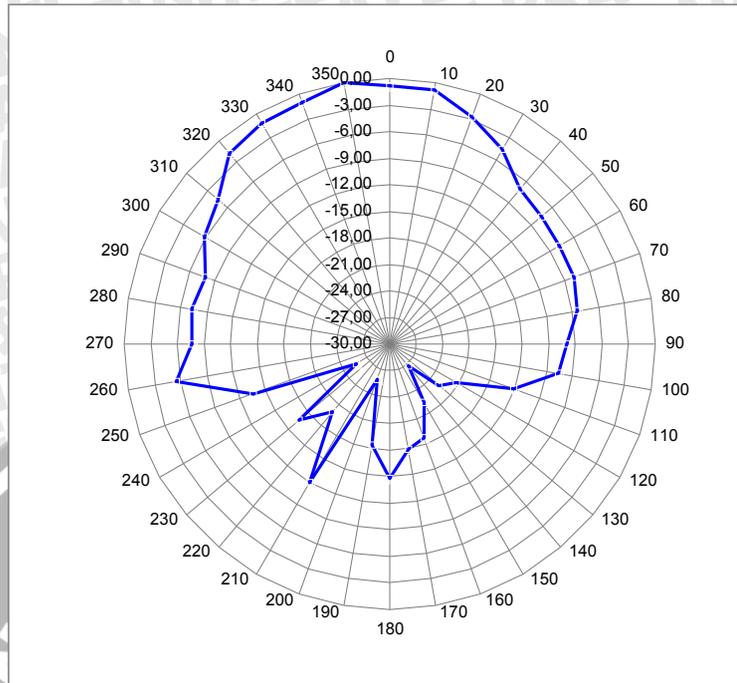
5.4.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.5 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 untuk frekuensi 2680 MHz. Berdasarkan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8, dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan (antenna mikrostrip *Bi-Element Array*) adalah *directional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.

Berdasarkan Gambar 5.7 dan Gambar 5.8, diperoleh nilai *-3dB beamwidth* pola radiasi horizontal untuk frekuensi 2680 MHz adalah 55° ($\phi_{HP}^o = 55^\circ$), dan nilai *-3dB beamwidth* pola radiasi vertikal adalah 65° ($\theta_{HP} = 65^\circ$)



Gambar 5.5. Pola Radiasi Horizontal Antena Mikrostrip *Bi-Element Array* frekuensi 2680 MHz
(Sumber : Hasil Pengujian)



Gambar 5.6. Pola Radiasi Vertikal Antena Mikrostrip *Bi-Element Array* frekuensi 2680 MHz
(Sumber : Hasil Pengujian)

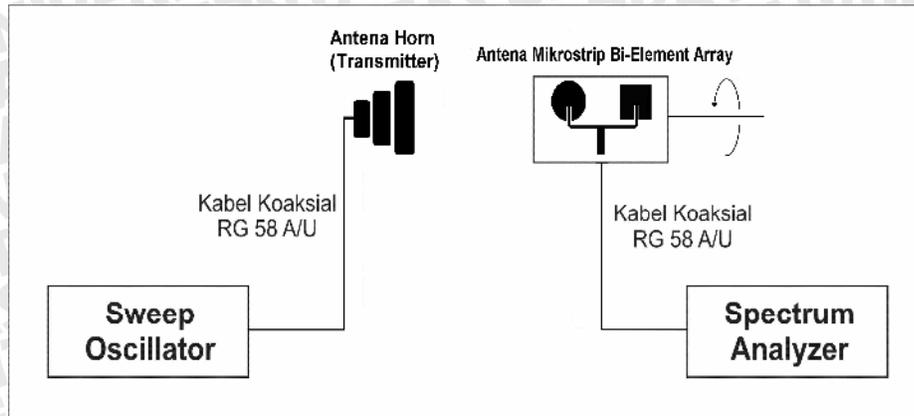
5.5. Pengukuran Polarisasi

5.5.1. Alat-alat yang digunakan

- *Sweep Oscillator 8350B* 1 - 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer 8653E* 30 Hz - 26.5 GHz *Hewlett Packard*.
- Antena *horn*
- Antena uji (Antena Mikrostrip *Bi-Element 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 *horn* sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *Sweep Oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4.
2. Memasang antena uji (Antena Mikrostrip *Bi-Element Array*) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.7. Rangkaian Pengukuran *Polarisasi* Antena

Sumber : Pengujian

3. Memposisikan antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 2680 MHz.
4. Memutar antena pemancar (antena *horn*) 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.

5.5.3. Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antena uji (Antena Mikrostrip *Bi-Element 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 2680 MHz terlihat dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 2680 MHz

Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-36,50	-36,67	-36,58	-0,17
10	-36,83	-37,00	-36,91	-0,50
20	-37,83	-37,17	-37,49	-1,07
30	-37,17	-37,50	-37,33	-0,92
40	-38,67	-38,83	-38,75	-2,34
50	-39,50	-39,83	-39,66	-3,25
60	-42,00	-42,17	-42,08	-5,67
70	-44,83	-45,17	-45,00	-8,58
80	-46,50	-46,00	-46,24	-9,83
90	-47,67	-47,50	-47,58	-11,17

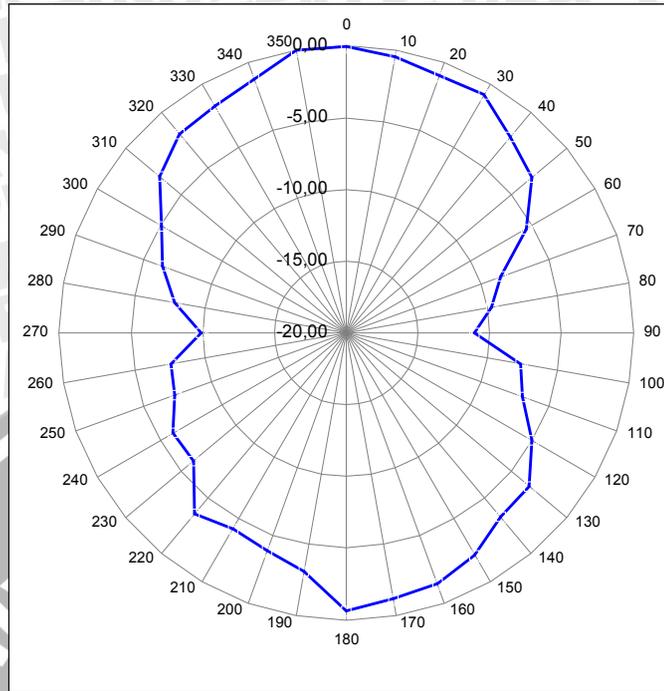
100	-44,17	-44,17	-44,17	-7,76
110	-43,33	-43,50	-43,41	-7,00
120	-41,83	-41,33	-41,57	-5,16
130	-39,67	-40,17	-39,91	-3,50
140	-39,67	-39,83	-39,75	-3,34
150	-38,83	-38,50	-38,66	-2,25
160	-38,00	-37,83	-37,91	-1,50
170	-37,83	-37,67	-37,75	-1,34
180	-37,33	-37,00	-37,16	-0,75
190	-39,63	-39,62	-39,62	-3,21
200	-40,17	-40,50	-40,33	-3,92
210	-40,67	-40,83	-40,75	-4,34
220	-40,00	-40,17	-40,08	-3,67
230	-42,50	-42,83	-42,66	-6,25
240	-42,50	-42,67	-42,58	-6,17
250	-43,83	-43,67	-43,75	-7,34
260	-44,17	-44,00	-44,08	-7,67
270	-46,33	-46,50	-46,41	-9,93
280	-44,36	-44,37	-44,36	-7,95
290	-43,87	-42,17	-42,94	-6,52
300	-41,50	-41,87	-41,68	-5,27
310	-39,50	-39,67	-39,58	-3,17
320	-38,17	-38,67	-38,41	-2,00
330	-38,50	-38,00	-38,24	-1,83
340	-37,67	-37,83	-37,75	-1,34
350	-36,50	-36,33	-36,49	0,00

Sumber : Hasil Pengujian

5.5.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi dalam Tabel 5.3 dan Tabel 5.4, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji (antenna mikrostrip *Bi-Element Array*) tersebut. Bentuk polarisasi antenna yang diuji pada frekuensi 2680 MHz dapat dilihat dalam Gambar 5.5.

Berdasarkan Gambar 5.5 antenna ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi *ellips*.



Gambar 5.8. Bentuk *Polarisasi* Antena Mikrostrip *Bi-Element Array* pada frekuensi 2680 MHz
 Sumber : Hasil Pengujian

5.6. Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

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

5.6.1. Cara Perhitungan

Directivity dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-15 :

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

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

sehingga,

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

dengan :

D = directivity

= *beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)

= *beamwidth* pola radiasi horisontal (rad)

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

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

5.6.2. Hasil Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai *-3dB beamwidth* pola radiasi horizontal untuk frekuensi 2680 MHz adalah 55° ($\phi_{HP}^{\circ} = 55^{\circ}$), dan nilai *-3dB beamwidth* pola radiasi vertikal adalah 65° ($\theta_{HP}^{\circ} = 65^{\circ}$). Maka nilai *directivity* antenna hasil perencanaan adalah :

$$D = \frac{41000}{55^{\circ} \cdot 65^{\circ}}$$

$$= 11,47$$

$$D_{(dB)} = 10 \log 11,47$$

$$= 10,59 \text{ dB}$$

5.7. Perhitungan *Bandwidth*

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

Berdasarkan data hasil pengukuran $VSWR$, antenna ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 2642 MHz, dan frekuensi tertinggi pada frekuensi 2756 MHz. Sehingga *bandwidth* antenna ini adalah:

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 2604 \text{ MHz} - 2950 \text{ MHz} = 346 \text{ MHz}$$

Bandwidth dalam persen (persamaan 2-19):

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{2950 - 2604}{2680} \times 100\% = 12,91 \%$$

Dari hasil pengukuran, antenna mikrostrip *bi-element array* ini memiliki *bandwidth* sebesar 346 MHz dan lebih besar dari *bandwidth* hasil perancangan yang hanya sebesar 77 MHz.

BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, antena mikrostrip *bi-element array* ini dibuat dengan menggunakan bahan FR-4 dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) 4,6 ketebalan lapisan dielektrik (h) 1,6 mm dan *loss tangent* 0,018.
2. Nilai *VSWR* antena mikrostrip *bi-element array* hasil fabrikasi adalah sebesar 1,2 pada frekuensi 2680 MHz. Nilai *VSWR* ini masih dalam batas yang diijinkan, yaitu pada rentang $1 \leq VSWR \leq 2$. Untuk nilai *Return Loss*, pada frekuensi 2680 Mhz adalah sebesar -20,82 dB. Nilai ini telah sesuai dengan nilai return loss untuk antena yang direncanakan, serta masih dalam batas diijinkan, yaitu < -10 dB. Hal ini menunjukkan bahwa rugi-rugi (gelombang yang terpantul dan hilang) pada jalur transmisi antara wave generator dengan beban (antena) masih mempunyai nilai dalam batas yang diperbolehkan.
3. Nilai *gain* antena mikrostrip *bi-element array* pada frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 2680 MHz adalah sebesar 4,41 dBi. Nilai ini dapat diartikan sebagai intensitas daya relatif yang dapat diterima oleh antena mikrostrip *bi-element array* setelah dikurangi rugi-rugi transmisi dan propagasi dari *wave generator* hingga ke receiver (antena uji).
4. Hasil pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang diplotkan pada diagram polar, menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi mikrostrip *bi-element array* dual frekuensi hasil pembuatan adalah *directional*, dengan sudut $\phi_{HP}^{\circ} = 125^{\circ}$ dan $\theta_{HP}^{\circ} = 215^{\circ}$ untuk frekuensi 2680 MHz.
5. Hasil pengukuran polarisasi menunjukkan bahwa antena mikrostrip *bi-element array* memiliki polarisasi *ellips*. Hal ini berarti bahwa antena ini mempunyai pola penjalaran gelombang yang berbentuk elips.
6. Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan antena ini memiliki nilai *directivity* sebesar 1,82 dB. Nilai ini merupakan hasil logaritma dari perbandingan terhadap sumber isotropis, sehingga bila dibandingkan dengan sumber isotropis maka nilai keterarahan antena ini adalah sekitar 1/3 (sebelum log aritma).

7. Berdasarkan perhitungan *bandwidth*, antena mikrostrip *bi-element array* yang telah difabrikasi dan diukur memiliki *bandwidth* sebesar 346 MHz. *Bandwidth* antena hasil pengukuran masih lebih lebar 269 MHz dari *bandwidth* hasil perancangan yang hanya sebesar 77 MHz. Nilai sebesar ini telah memnuhi syarat aplikasi sistem Wi-Max yang hanya membutuhkan 20 MHz untuk *bandwidth* masing-masing alokasi frekeunsinya.

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 antena yang sedang diuji. Disarankan untuk melakukan pengujian dan pengukuran di dalam ruangan *Anechoic Chamber* (ruang bebas gangguan). Selain itu, diperlukan bahan penyangga antena (isolator) yang kuat dan stabil agar pengukuran antena dapat mendekati kondisi ideal sehingga hasil pengukuran yang diperoleh dapat lebih optimal
2. Perencanaan antena mikrostrip dapat menggunakan bahan lain dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berbeda. Untuk elemen peradiasi, selanjutnya dapat digunakan model lain dengan bentuk *array* ataupun elemen tunggal yang bekerja dalam range frekuensi yang sama agar dapat dilakukan perbandingan performansi antena.
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*) antena 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 antena 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 Wiley 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, Hubreght 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.

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.

_____, *IEEE 802.16* and WiMAX, Broadband Wireless Access for Everyone*, http://www.intel.com/ebusiness/pdf/intel/80216_wimax.pdf, Download Tanggal 23 Mei 2009, Jam 06:00 WWIB.

_____, *Teknologi Jaringan Wimax*, <http://www.ittelkom.ac.id/library/index.php?option=comcontent&view=article&id=368:wimax&catid=17:sistem-komunikasi-bergerak-&Itemid=15>, Download Tanggal 18 April 2009, Jam 22:00 WWIB.

Siyamta, *Sistem Keamanan Pada Worldwide Interporability for Microwave Access (WiMax)*, www.ittelkom.ac.id/staf/UKU/SISKOMSEL%20S1/Teknologi%20Jaringan%20WiMAX.ppt, Download Tanggal 18 April 2009, Jam 22.06 WWIB

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 *bi-element array* 2680 MHz/ini, langkah-langkah simulasi adalah sebagai berikut:

PEMODELAN ELEMEN PERADIASI PERSEGI DAN LINGKARAN

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) = 4,6

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

Loss tangent = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga

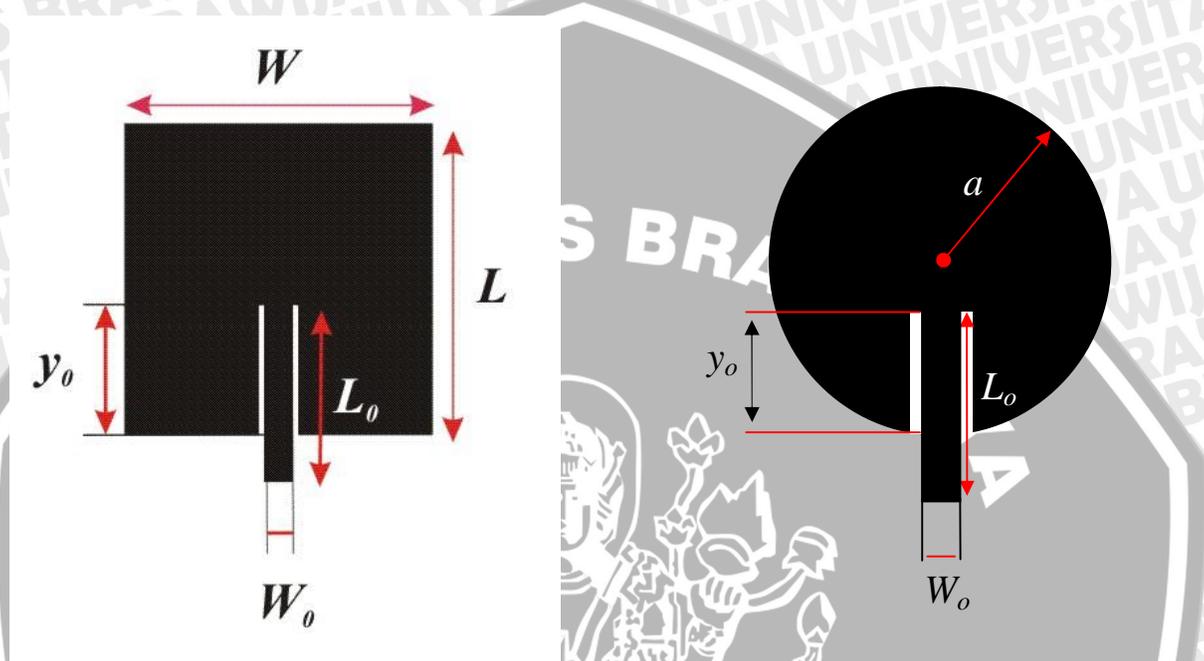
Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m

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

Frekuensi kerja (f_r) = 2680 MHz

Impedansi karakteristik saluran = 50

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



(a) persegi

(b) lingkaran

Gambar 1. Dimensi elemen peradiasi
Sumber : Perencanaan

Keterangan Gambar 4.1a :

$W = L = 25,734 \text{ mm}$; $W_0 = 2,811 \text{ mm}$

$L_0 = 13,05 \text{ mm}$; $y_0 = 12,75 \text{ mm}$

Keterangan gambar b :

$a = 1,5284 \text{ mm}$; $W_0 = 2,811 \text{ mm}$

$L_0 = 13,05 \text{ mm}$; $y_0 = 9,1704 \text{ mm}$

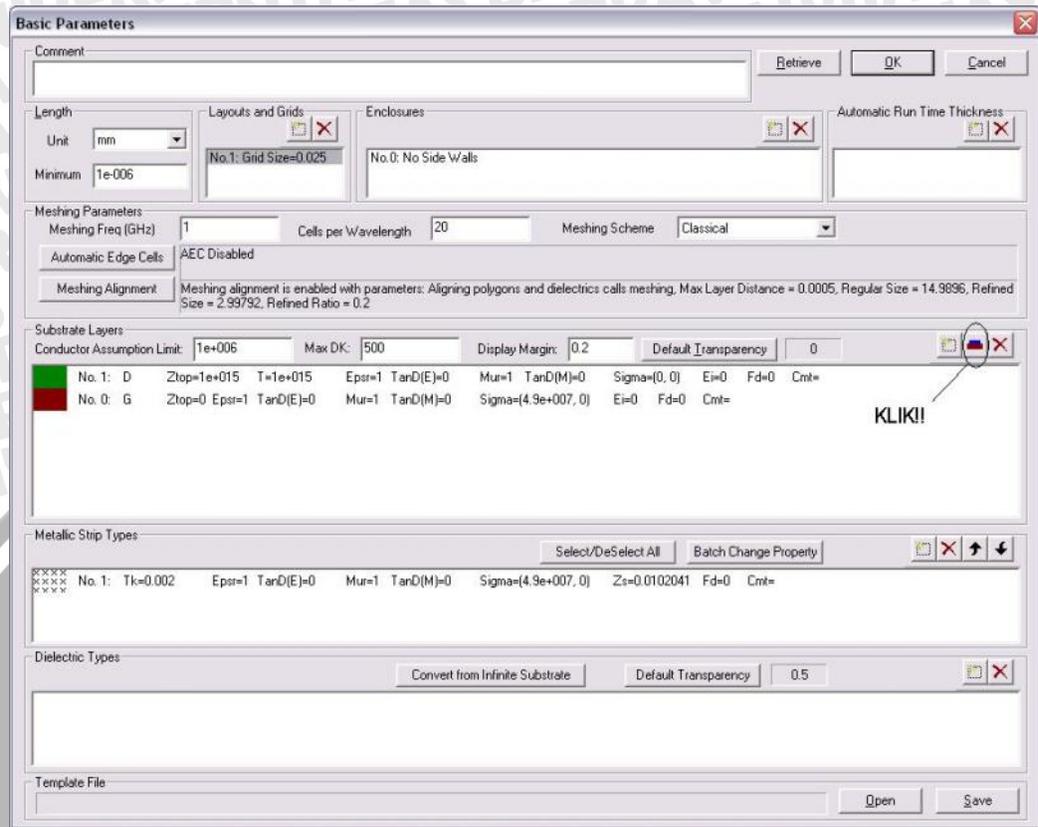
Dengan mengasumsikan bahwa program IE3D telah terinstal pada komputer anda, maka langkah-langkah lanjut yang harus dilakukan adalah:

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



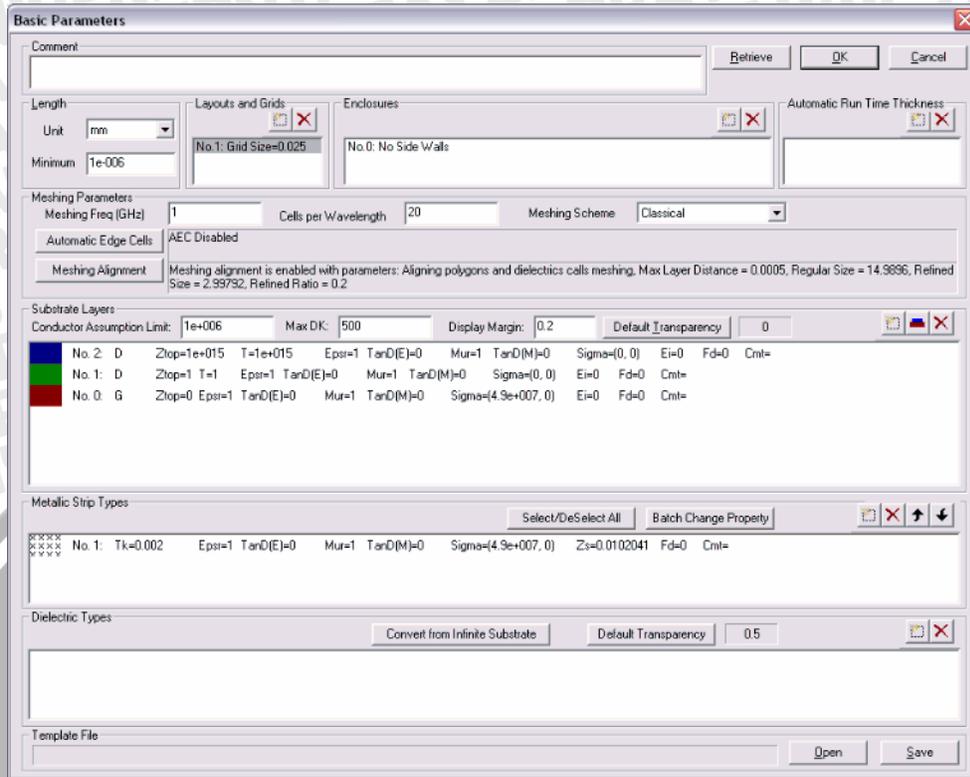
Gambar 1. Tampilan menu pada *Zeland Program Manager*

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



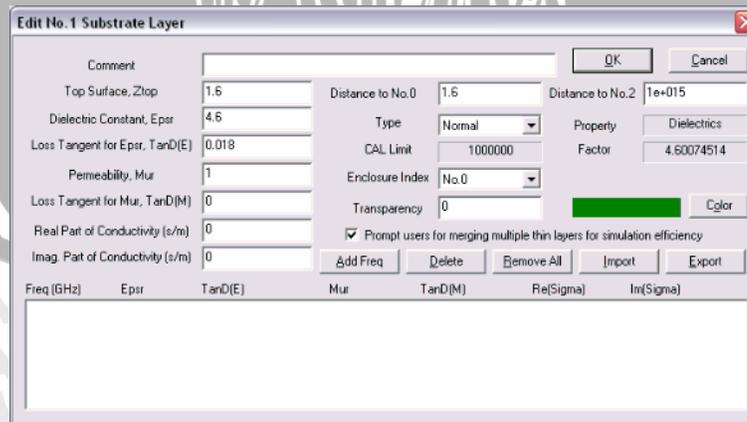
Gambar 2. Tampilan window *Basic Parameters*

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 ikon *Add Substrate Layer by Thickness* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2, tekan OK. Lalu muncul tampilan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



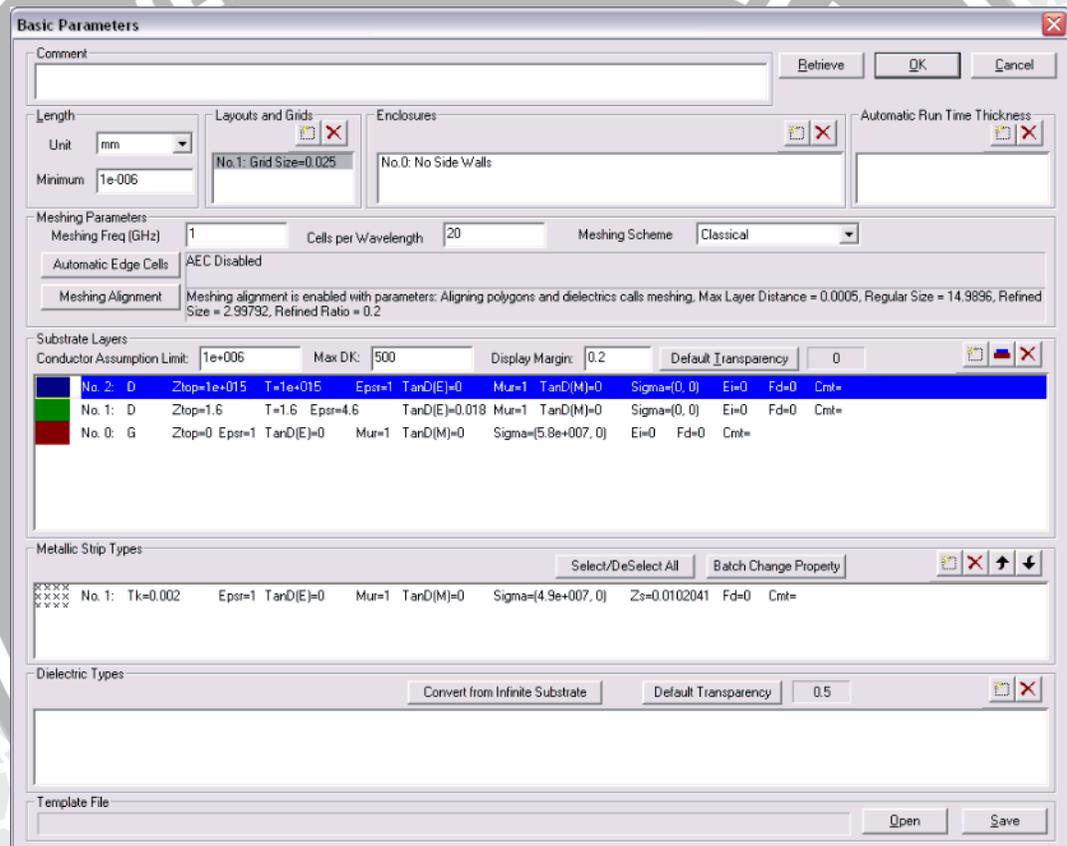
Gambar 3. Tampilan Basic Parameters untuk tiga lapisan bahan FR -4

- Terlihat ada 3 lapisan diatas. Biru untuk udara (perhatikan Z_{top} -nya bernilai sebesar $1e+015$), hijau untuk lapisan konduktor (tembaga), se dangkan 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.

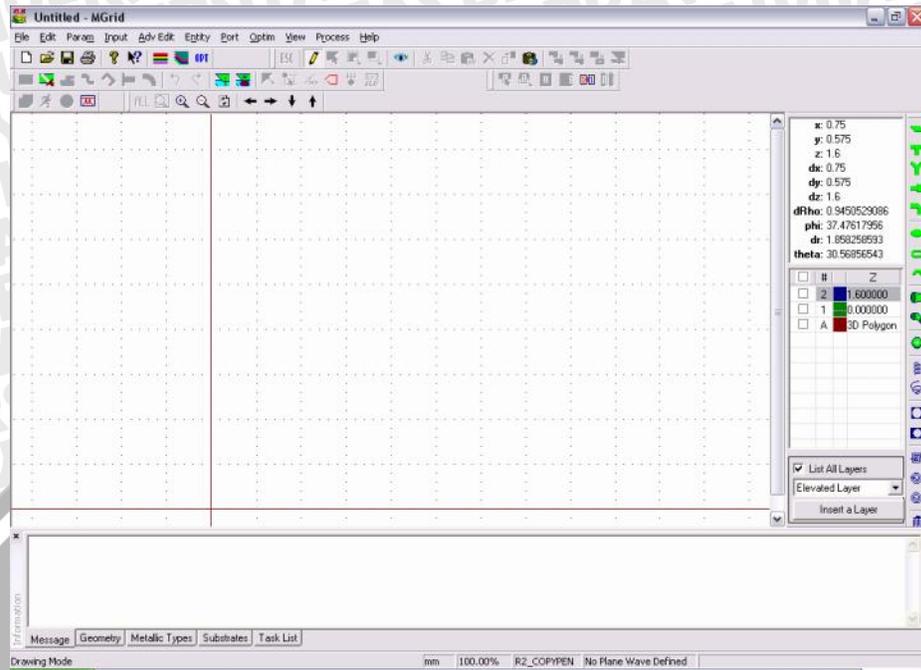


Gambar 4. Tampilan untuk mengedit parameter lapisan konduktor

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.

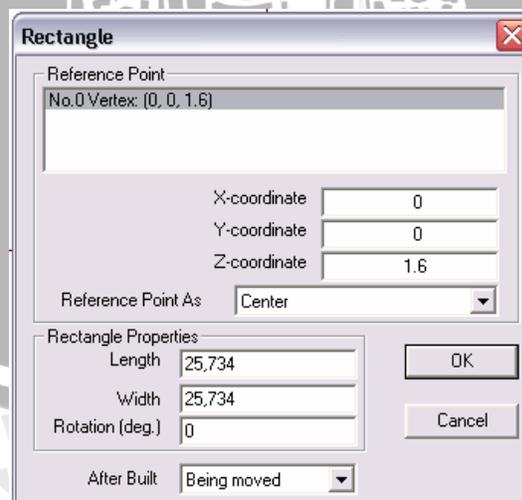


Gambar 5. Tampilan spesifikasi semua layer setelah di -edit



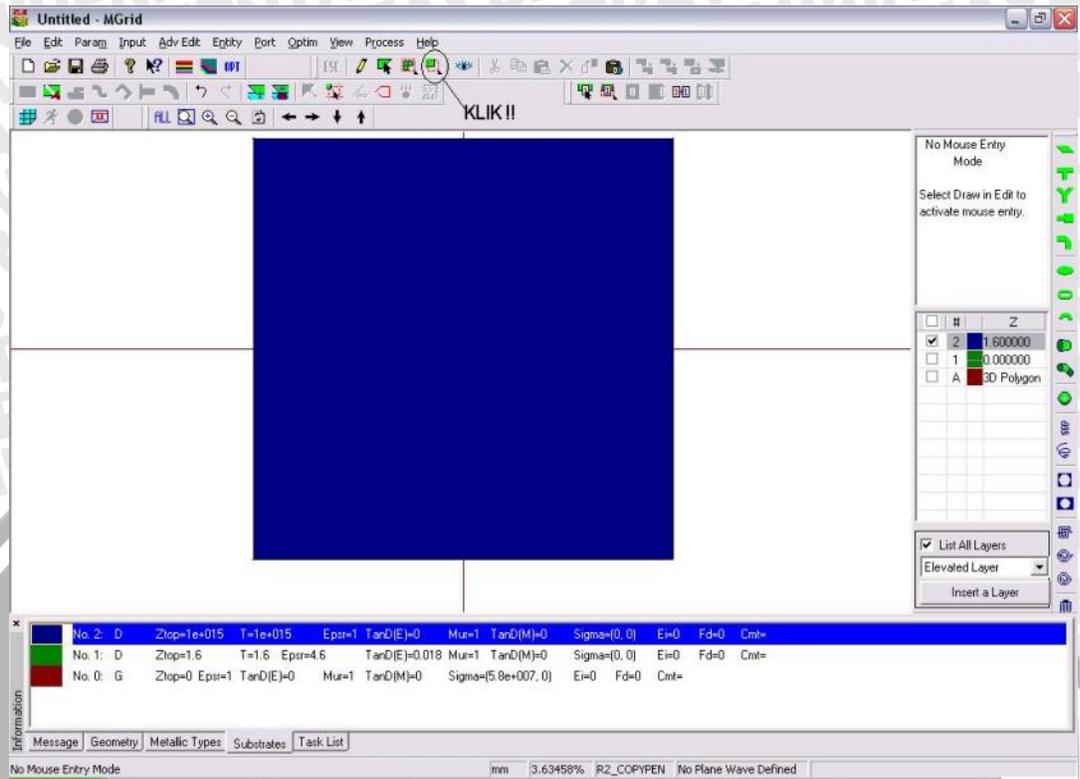
Gambar 6. Tampilan menu MGRID

8. Setelah window seperti diatas muncul, maka mulailah mulailah untuk membuat bentuk antenna yang diinginkan. Untuk simulasi kali ini kita menggunakan bentuk *patch* persegi (*square*) dan kemudian dilanjutkan dengan *patch* lingkaran (*circular*). Untuk membuat *patch* persegi, klik *Entity* → *Rectangle*, masukkan variabel-variabel *Length* (panjang) dan *Width* (lebar) sesuai spesifikasi bahan, lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 7.



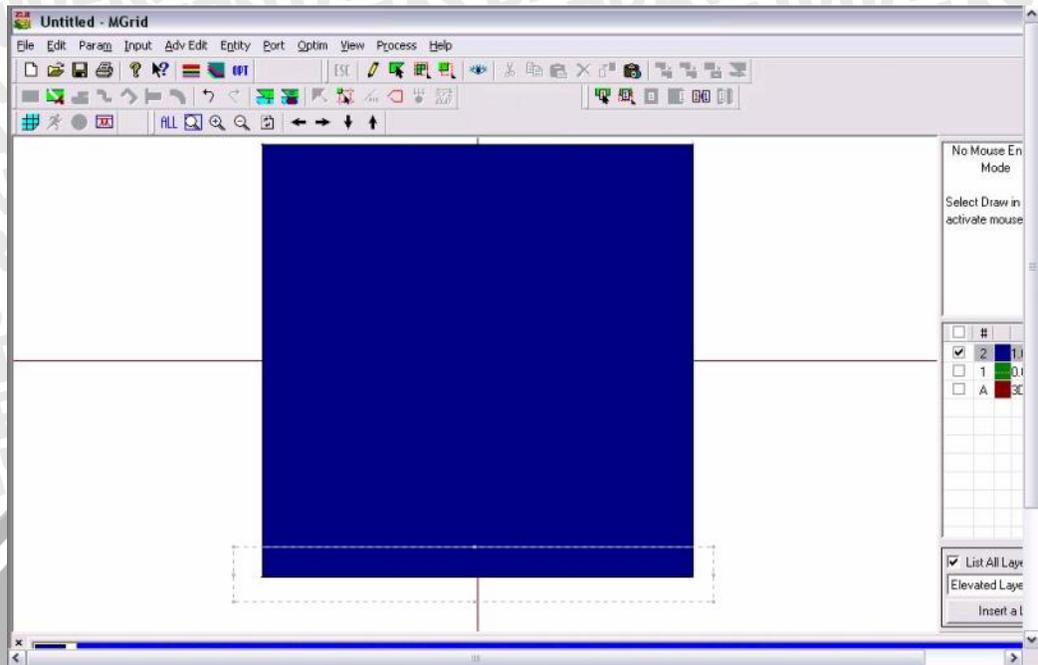
Gambar 7. Tampilan untuk mengubah nilai variabel-variabel *Rectangle*

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



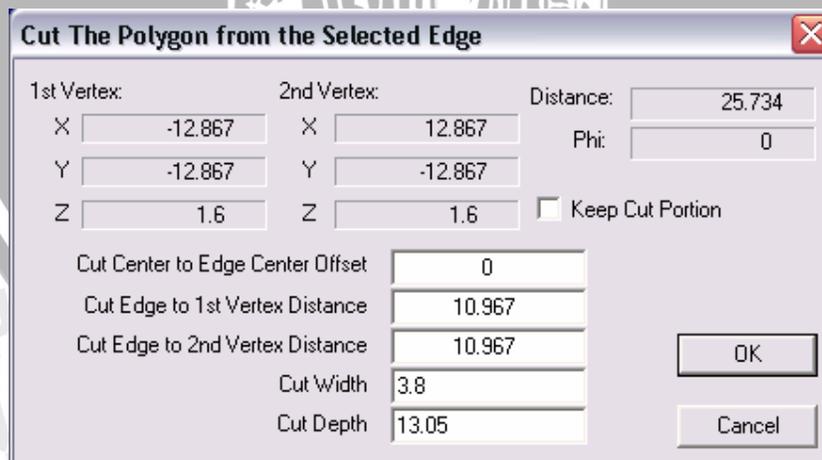
Gambar 8. Tampilan patch persegi

- Untuk membuat *inset feed*, klik icon Select Vertices seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, lalu blok-lah *vertice* (sudut) yang diinginkan. Disini vertice yang akan “dilubangi” adalah dua vertice bagian bawah (sisi bawah). Pengeblokan vertice ditunjukkan oleh Gambar 9.

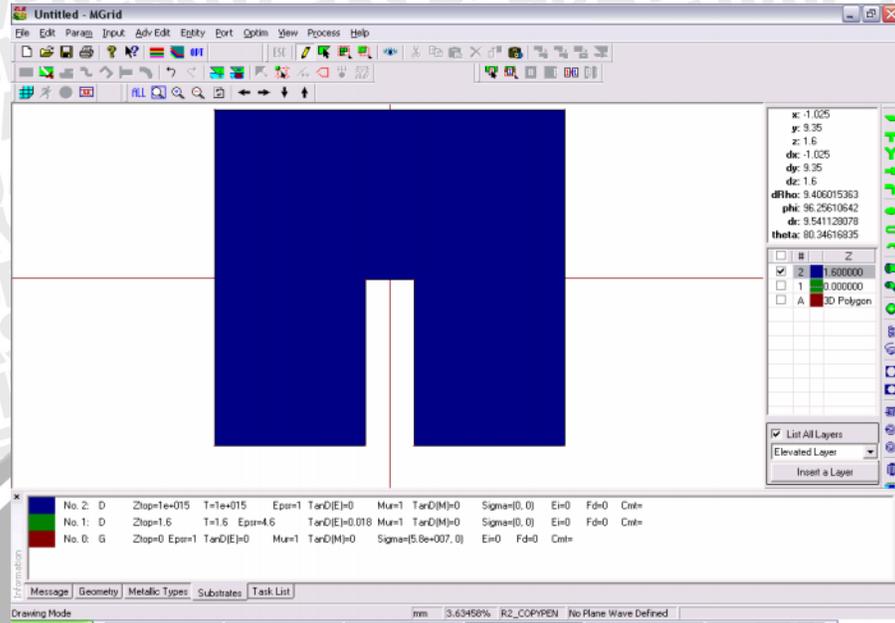


Gambar 9. Cara memblok *vertex*

11. Setelah *vertex* ter-blok, pilihlah menu *Adv Edit* → *Cut into Polygon on Edge*, kemudian akan muncul tampilan untuk memasukkan nilai mengenai kedalaman serta lebar pemotongan. Lebar pemotongan disini ditambah 1mm sebagai jarak antara saluran transmisi dengan sisi luar pemotongan. Dengan memasukkan nilai $y_o = 13,7\text{mm}$ dan W lebar pemotongan sebesar 3,8mm maka didapat tampilan Gambar 10, sehingga elemen peradiasi (*patch*) berubah menjadi seperti pada Gambar 11.

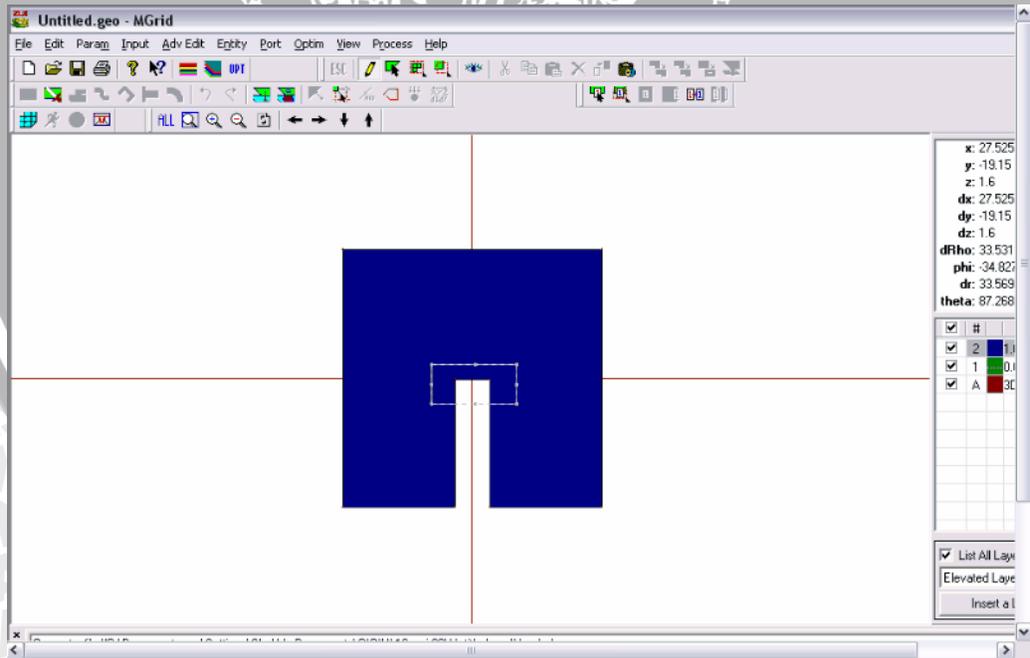


Gambar 10. Tampilan untuk memasukkan nilai pemotongan sisi *patch*



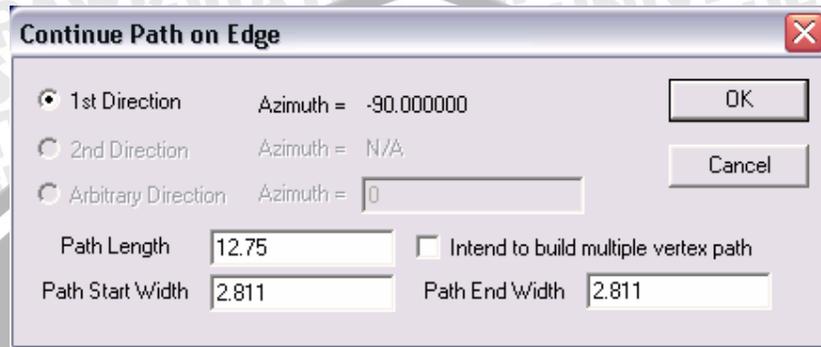
Gambar 11. Tampilan patch setelah dipotong

12. Selanjutnya, untuk membuat saluran transmisi yang dihubungkan langsung dengan sisi dalam *patch* yang dipotong, maka tandai vertice seperti pada Gambar 12.



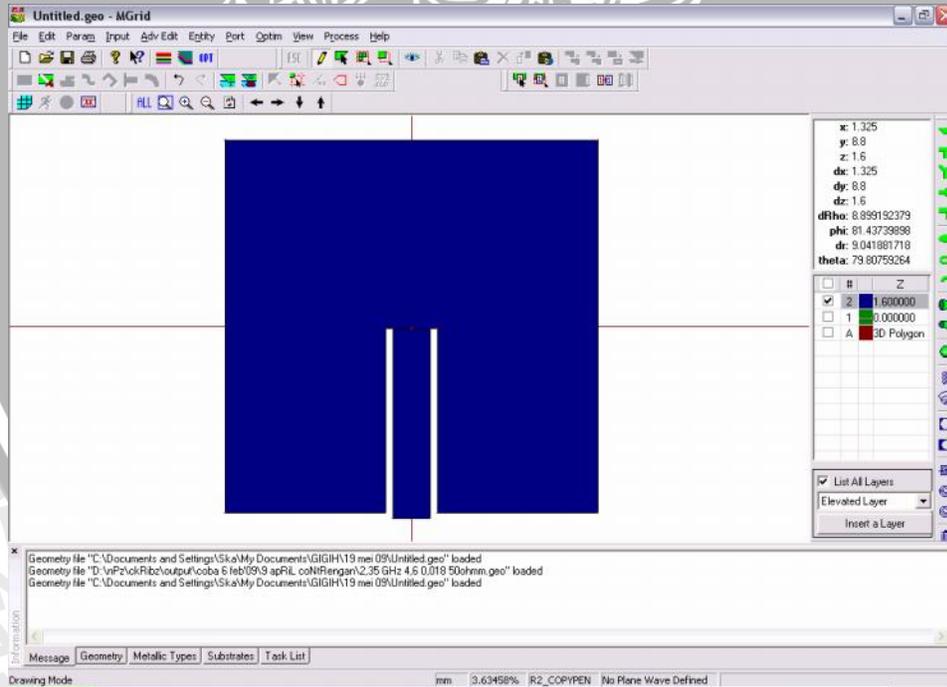
Gambar 12. Bagian vertice yang ditandai

13. Setelah vertice ditandai, maka pilih menu *Adv Edit* → *Continue Straight Path*. Setelah itu akan muncul window untuk memasukkan nilai panjang dan lebar saluran transmisi (*path*) yang akan dibuat (lihat Gambar 13). Ukuran yang digunakan disini adalah L_0 (panjang *path*)=13,9 mm dan W_0 (lebar *path*)=2,8 mm.



Gambar 13. Tampilan untuk memasukkan nilai panjang dan lebar *path*

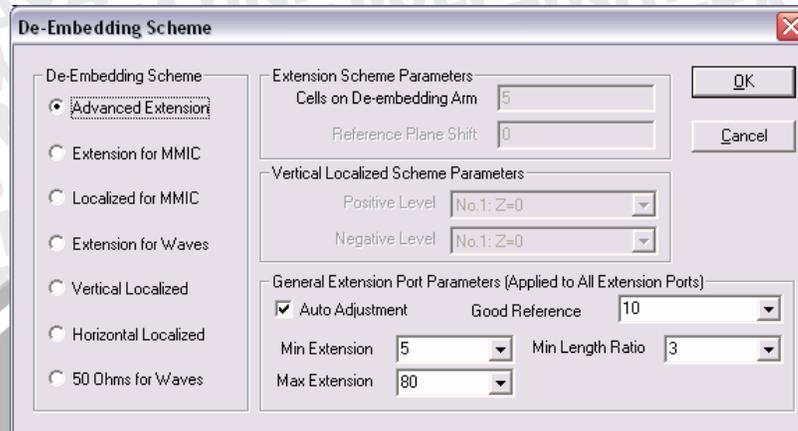
14. Kemudian bentuk elemen peradiasi (*patch*) yang telah digabung dengan saluran transmisi (*path*) pun menjadi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14. Bentuk elemen peradiasi setelah digabung dengan saluran transmisi

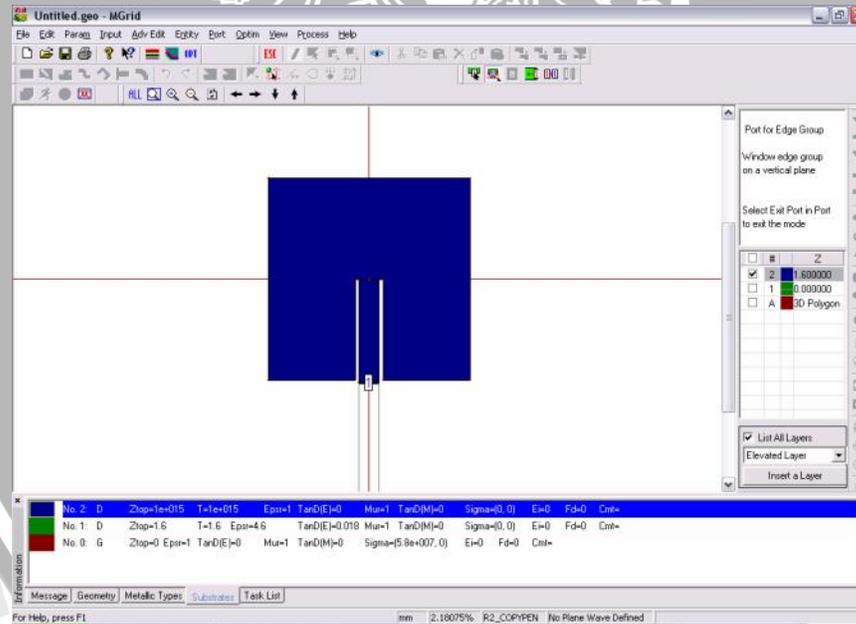
15. Setelah *patch* & *path* terbentuk, maka kita buat port untuk antenna yang kita buat. Untuk mendefinisikan letak port maka kita tentukan dulu jenis port yang

kita gunakan. Untuk simulasi ini kita pilih dulu menu *Port* → *Port For Edge Group*. Lalu muncul tampilan seperti Gambar 15. Sesuaikan pilihan anda sama dengan yang ditunjukkan oleh Gambar 15, lalu tekan OK.



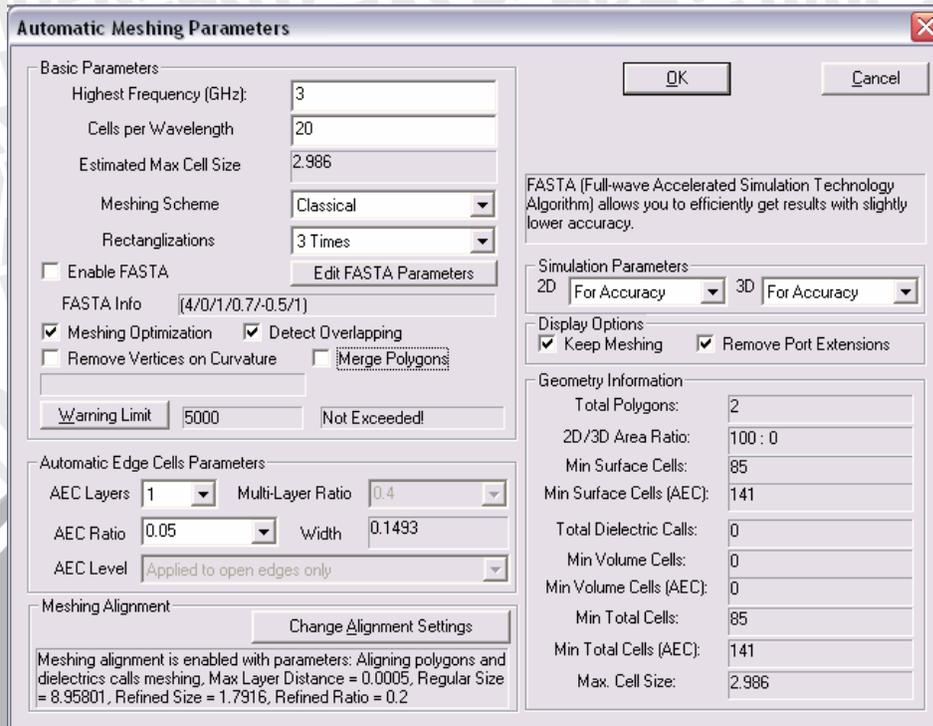
Gambar 15. Tampilan pilihan jenis *Port*

16. Setelah itu tandailah sisi bawah saluran transmisi seperti saat menandai vertice, lalu terbentuklah port seperti yang terlihat pada Gambar 16.



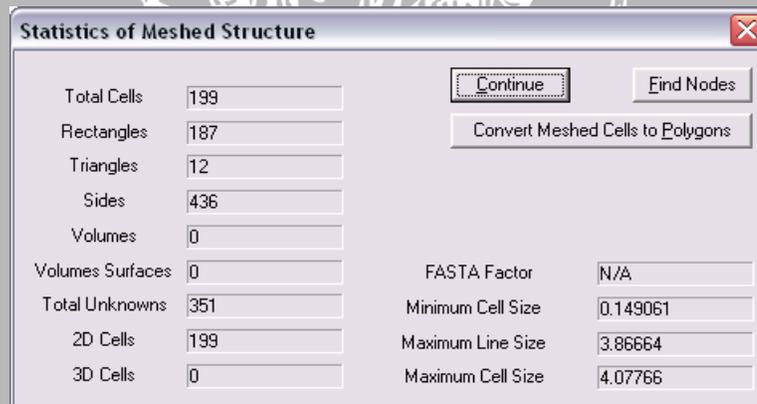
Gambar 16. Tampilan *patch* setelah diberi port

17. 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 17. Lalu klik OK



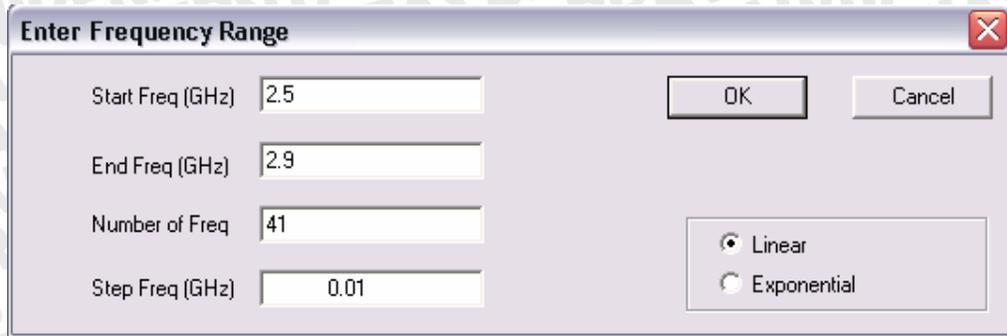
Gambar 17. Tampilan pengubahan variabel-variabel *meshing*

18. Lalu muncul tampilan seperti Gambar 18. Klik *Continue*.



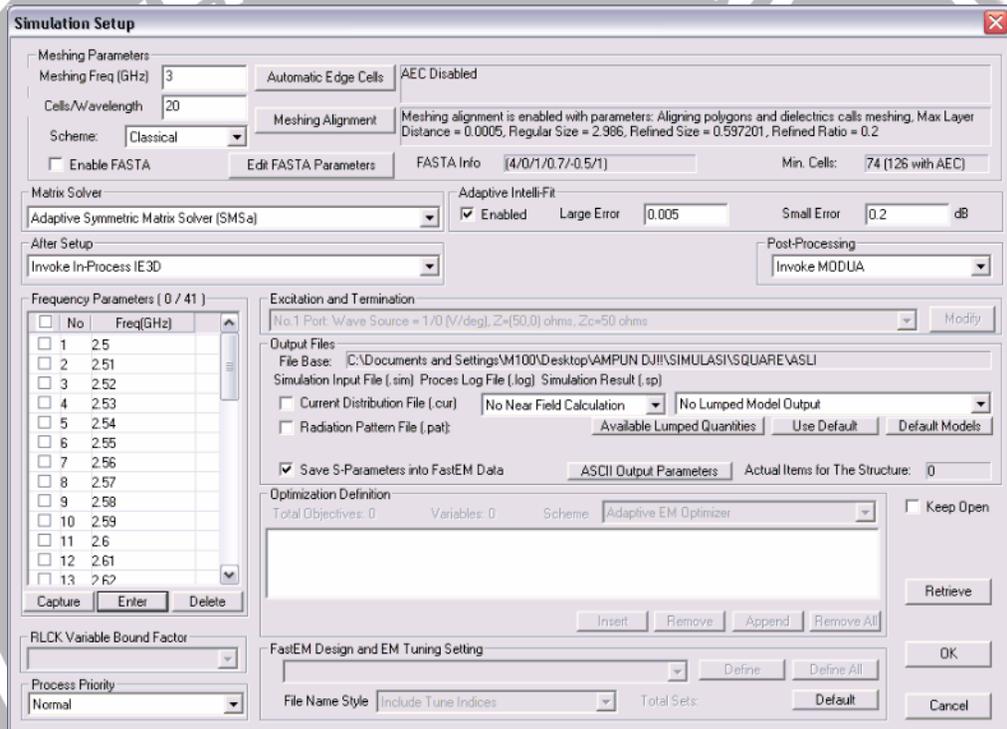
Gambar 18. Variabel-variabel yang berubah setelah *meshing*

19. 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 19, lalu tekan OK.



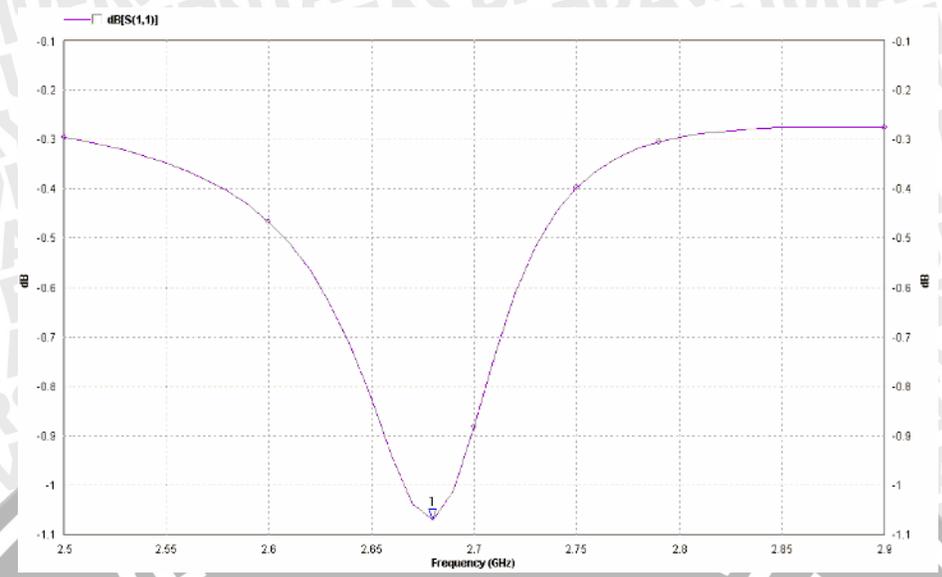
Gambar 19. Tampilan untuk memasukkan rentang frekuensi yang disimulasikan

20. Sehingga window *Simulation Setup* menjadi : (Lihat Gambar 20), dan klik OK.

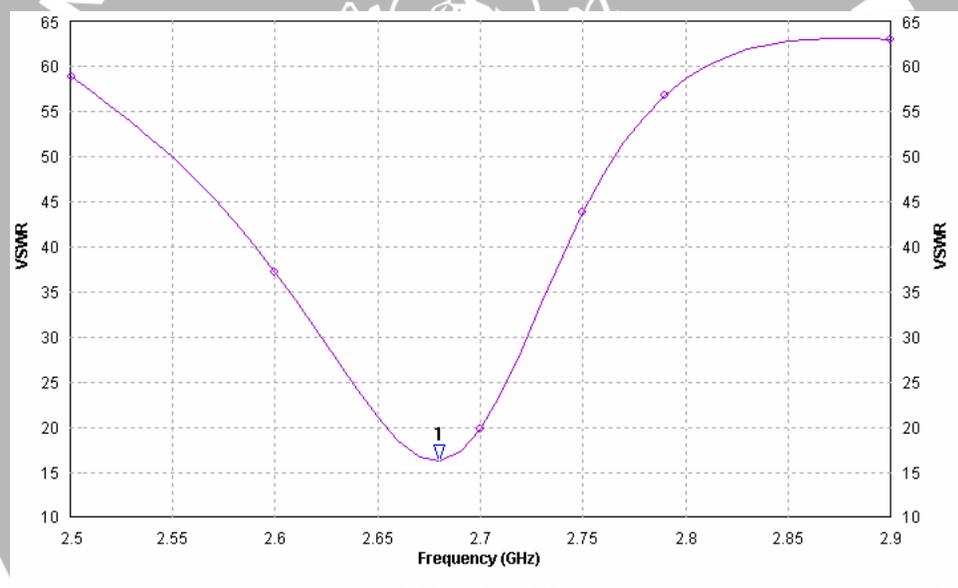


Gambar 20. Tampilan window *Simulation Setup* setelah rentang frekuensi ditentukan

21. Tunggu sebentar hingga simulasi berjalan dan dihasilkan file -file seperti tertera pada Grafik 1 dan 2.



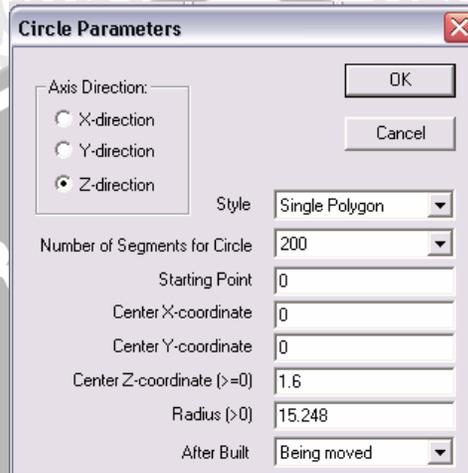
Grafik 1. Hasil simulasi *Return Loss* elemen peradiasi persegi



Grafik 2. Hasil simulasi VSWR elemen peradiasi persegi

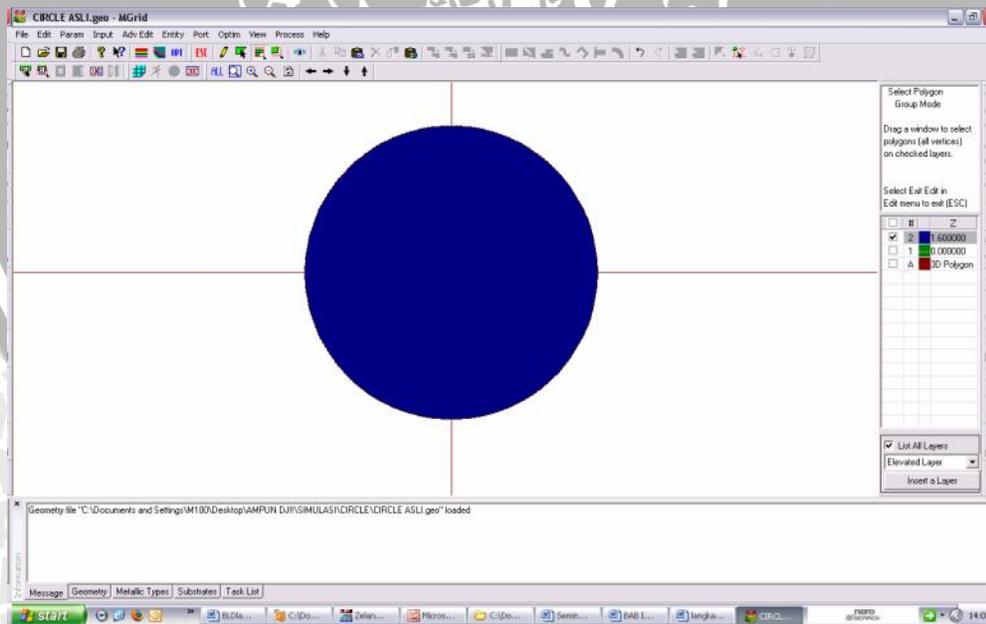
22. Dari hasil simulasi terlihat bahwa antenna belum memenuhi kriteria yang diinginkan, yakni seharusnya *Return Loss* bernilai < -10 dB, dan VSWR bernilai $1 < \text{VSWR} < 2$. Oleh karena itu harus dilakukan optimasi pada elemen peradiasi dan saluran transmisi.
23. Untuk membuat *patch circular* atau lingkaran kita ulangi langkah-langkah pada *point 1* sampai dengan *point 7*. Setelah itu akan muncul window seperti pada Gambar 6. Untuk membuat, klik dimensi lingkaran *Entity* \rightarrow *Circle*, masukkan

variabel-variabel *Number of Segment for Circle* (banyak sudut yang membentuk lingkaran) dan *Style*. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka khusus untuk nilai *Number of Segment for Circle* lebih baik kita maksimalkan saja yaitu sebesar 200. Serta *Radius* (jari-jari lingkaran) sesuai spesifikasi bahan, lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampilan untuk mengubah nilai variabel-variabel *Circular*

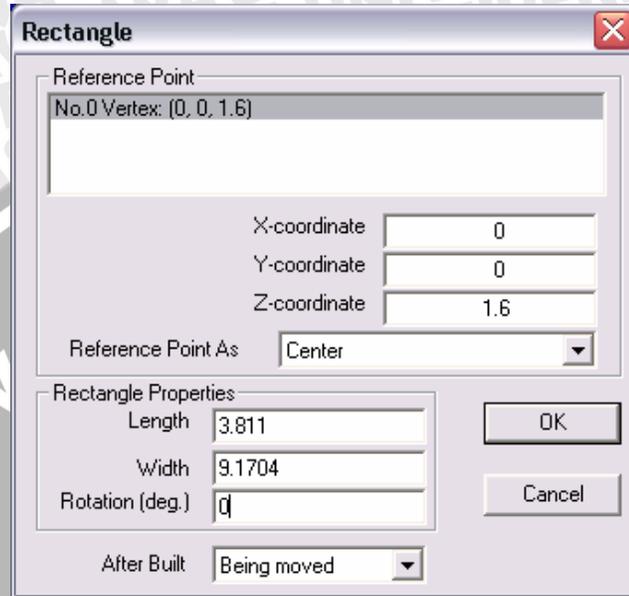
24. Klik OK lalu akan muncul sebuah patch yang berbentuk lingkaran (*circular*) pada window MGRID seperti ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Tampilan *patch* lingkaran

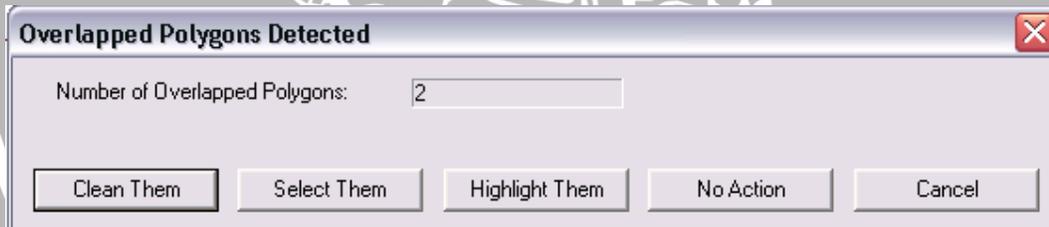
25. Untuk membuat *inset feed*, maka kita gunakan bantuan *patch* berbentuk *rectangular* untuk membuat “lubang” pada *vertice* untuk merealisasikan *inset*

feed-nya. Dan kita buat *patch rectangular* yang ukurannya sesuai dengan dimensi *inset feed*. Klik icon *Entity* → *Rectangle*, masukkan variabel-variabel *Length* (panjang) dan *Width* (lebar) sesuai dengan dimensi *vertice* yang akan “dilubangi” untuk membuat *inset feed*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23.



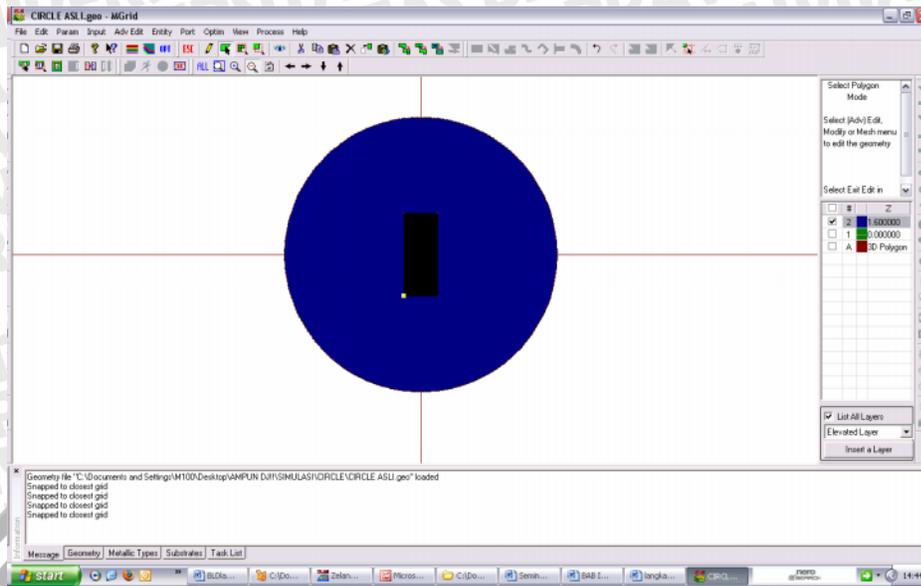
Gambar 23. Tampilan untuk mengubah nilai variabel-variabel *Rectangle*

26. Klik OK lalu akan muncul tampilan yang akan ditunjukkan pada Gambar 24.



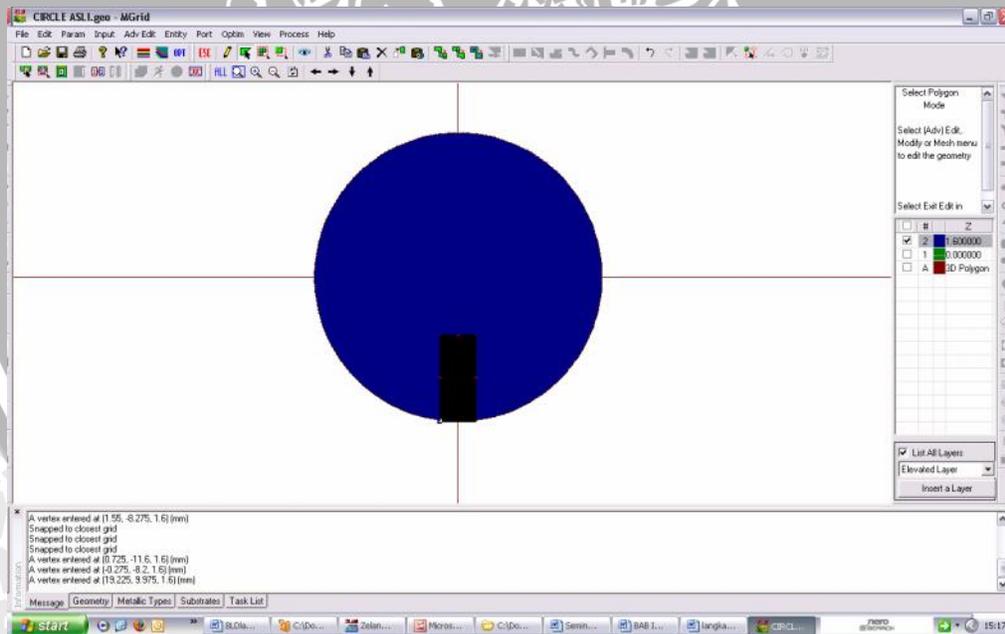
Gambar 24. Tampilan pilihan untuk menentukan *action* pada *rectangular*

27. Klik pilihan *Select Them* dan kemudian akan muncul window seperti pada Gambar 25.



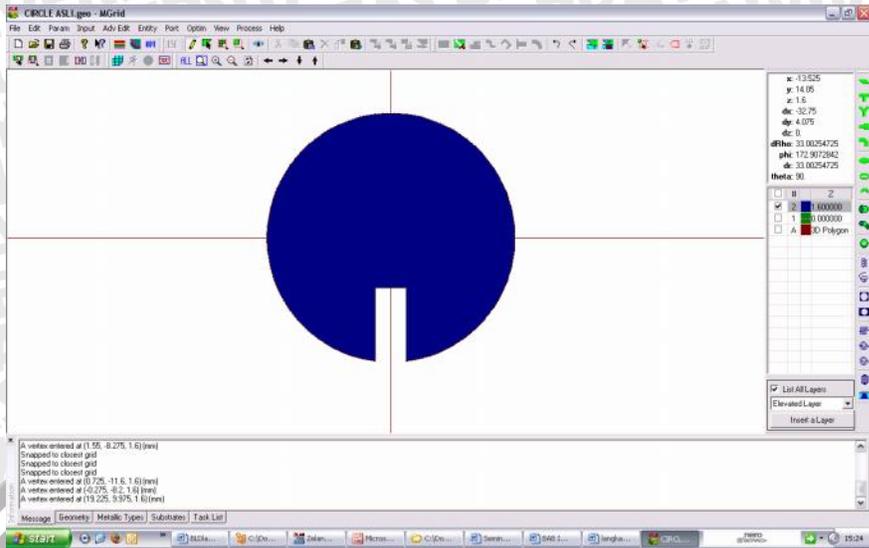
Gambar 25. Tampilan patch *rectangular*

28. Kemudian Klik Kanan (pada mouse) → *Move Polygon* dan kemudian pindah patch *rectangular* pada sisi bawah tengah lingkaran seperti yang ditunjukkan pada gambar 26.



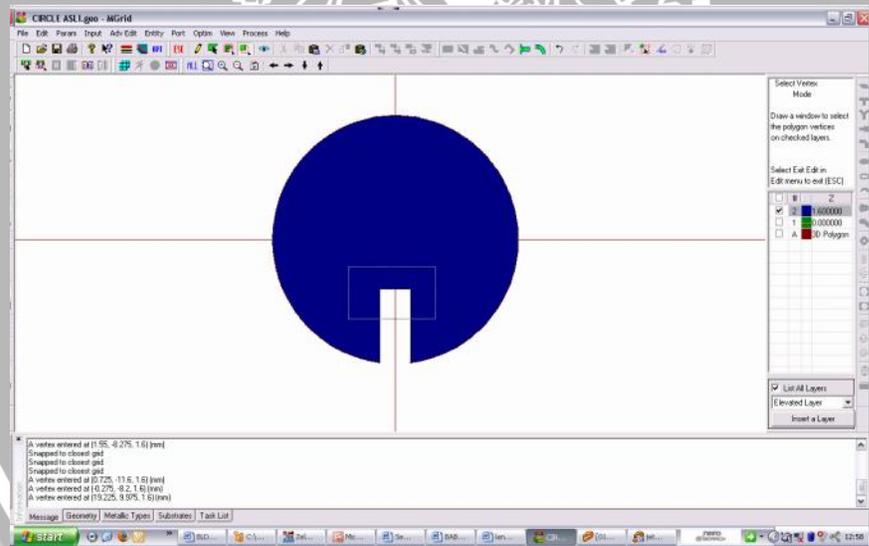
Gambar 26. Tampilan patch *rectangular* yang akan digunakan untuk ”melubangi” dimensi lingkaran

29. Kemudian Klik Kanan (pada mouse) → Klik *Cut*. Maka *patch* lingkaran akan berlubang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 27 dan kita bisa membuat *inset feed*-nya.



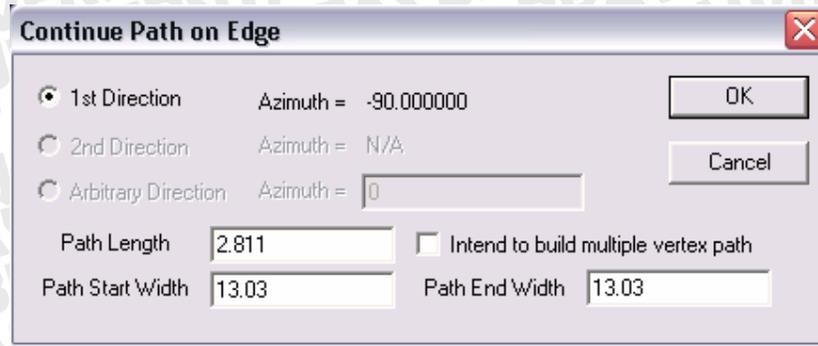
Gambar 27. Tampilan patch lingkaran setelah "dilubangi"

30. Selanjutnya, untuk membuat saluran transmisi yang dihubungkan langsung dengan sisi dalam *patch* yang dipotong, maka tandai vertice seperti pada Gambar 28.



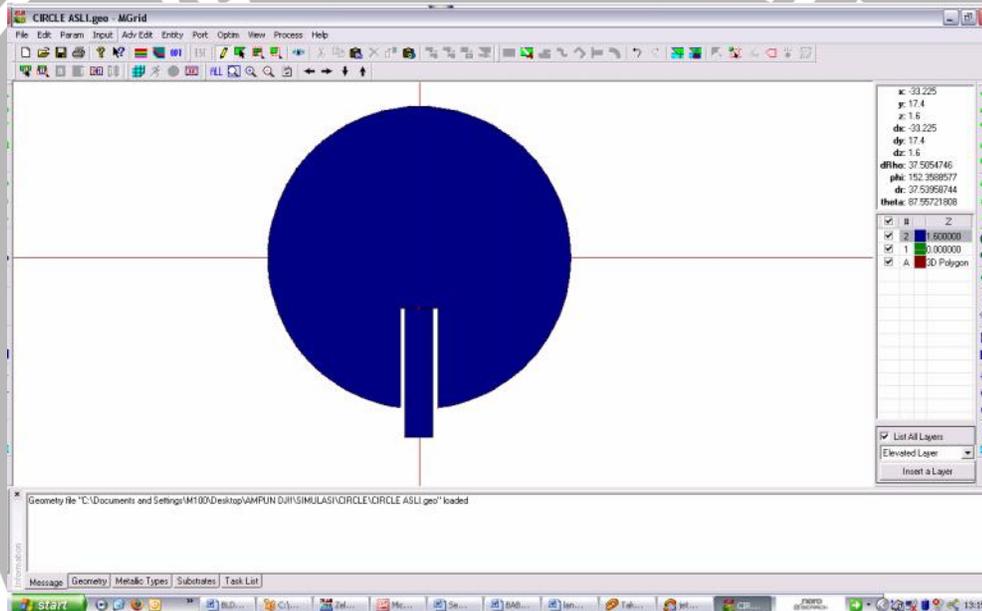
Gambar 28. Bagian vertice yang ditandai

31. Setelah vertice ditandai, maka pilih menu *Adv Edit* → *Continue Straight Path*. Setelah itu akan muncul window seperti pada Gambar 29 untuk memasukkan nilai panjang dan lebar saluran transmisi (*path*) yang akan dibuat. Ukuran yang digunakan disini adalah L_0 (panjang *path*) = 13,05 mm dan W_0 (lebar *path*) = 2,8 mm.



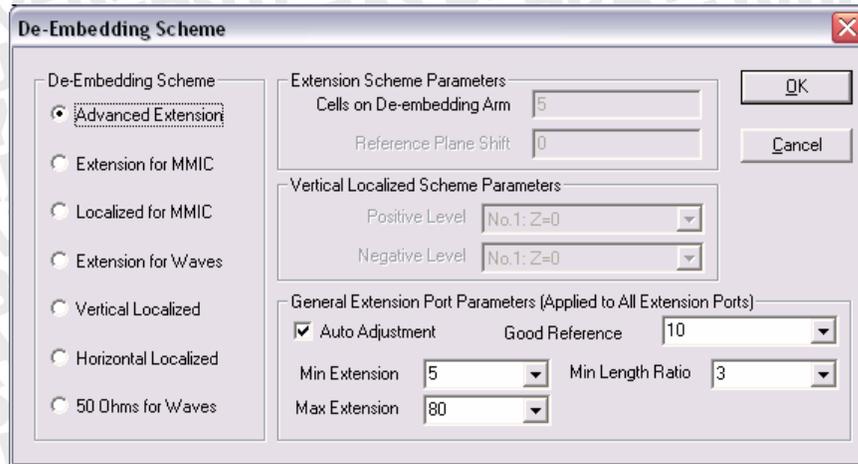
Gambar 29. Tampilan untuk memasukkan nilai panjang dan lebar *path*

32. Kemudian bentuk elemen peradiasi (*patch*) yang telah digabung dengan saluran transmisi (*path*) pun menjadi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 30



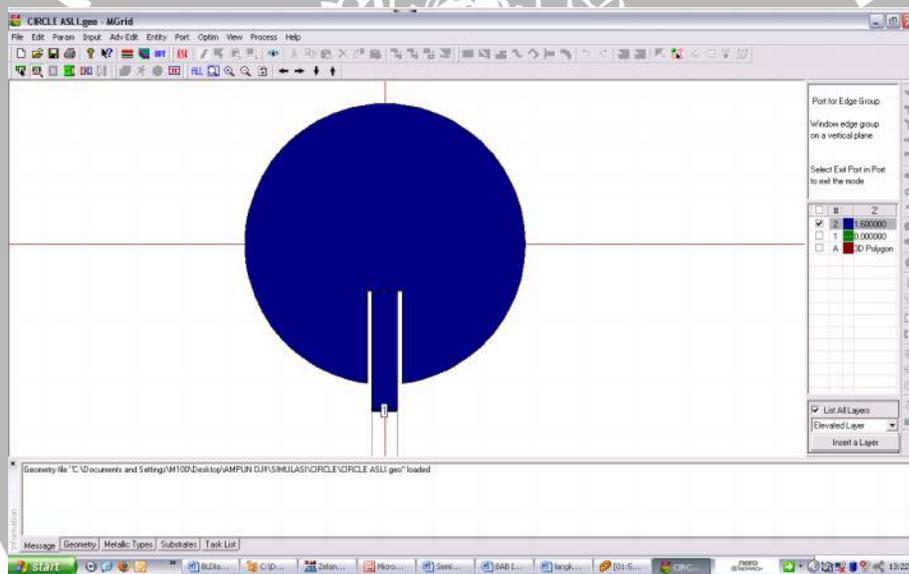
Gambar 30. Bentuk elemen peradiasi setelah digabung dengan saluran transmisi

33. 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 31. Sesuaikan pilihan anda sama dengan yang ditunjukkan oleh Gambar 31, lalu tekan **OK**.



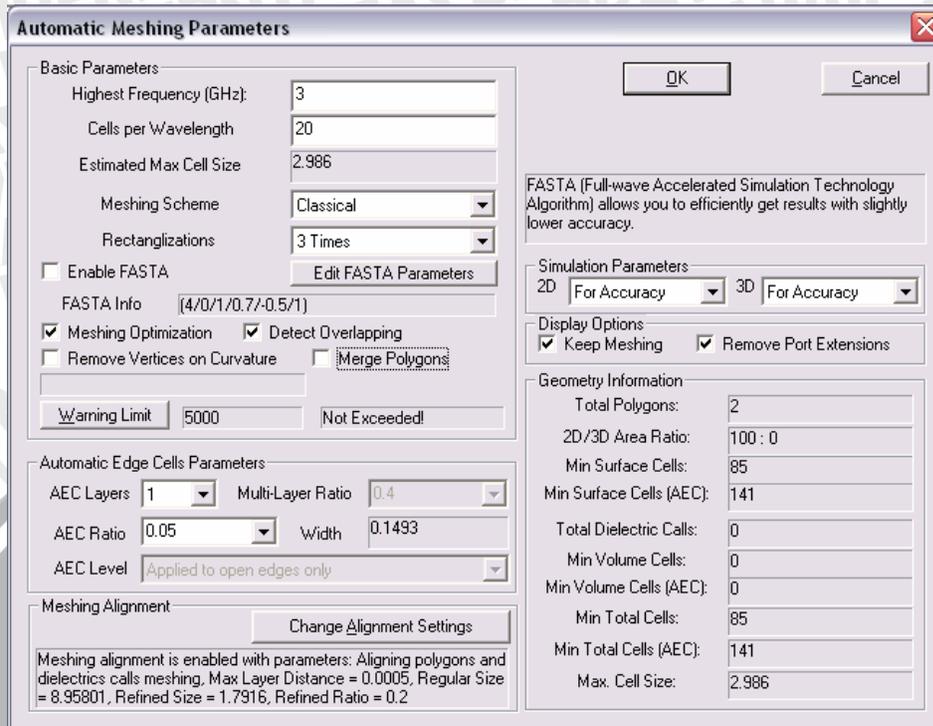
Gambar 31. Tampilan pilihan jenis *Port*

34. Setelah itu tandailah sisi bawah saluran transmisi seperti saat menandai vertice, lalu terbentuklah port seperti yang terlihat pada Gambar 3 2.



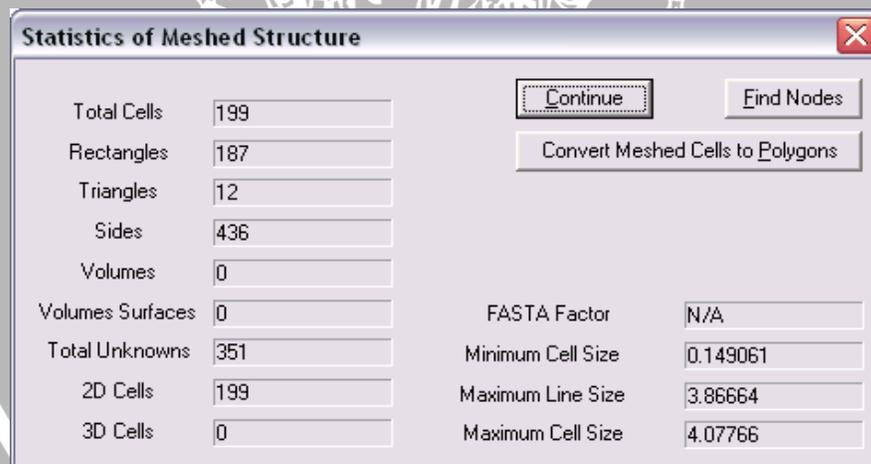
Gambar 32. Tampilan *patch* setelah diberi port

35. 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 33. Lalu klik OK



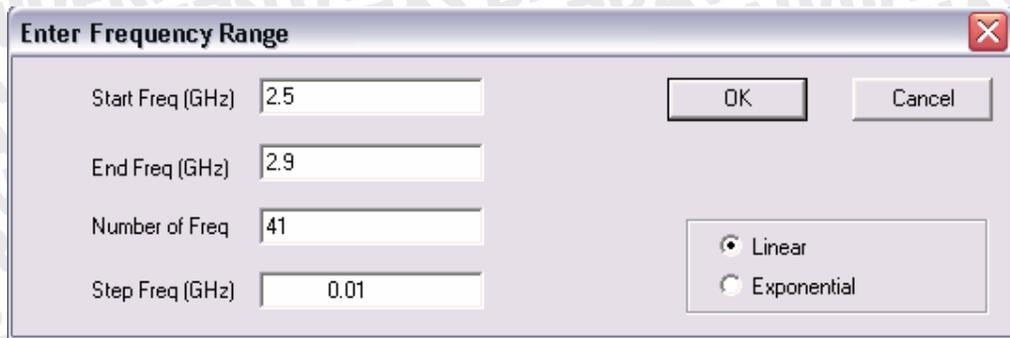
Gambar 33. Tampilan pengubahan variabel-variabel *meshing*

36. Lalu muncul tampilan seperti Gambar 34. Klik *Continue*.



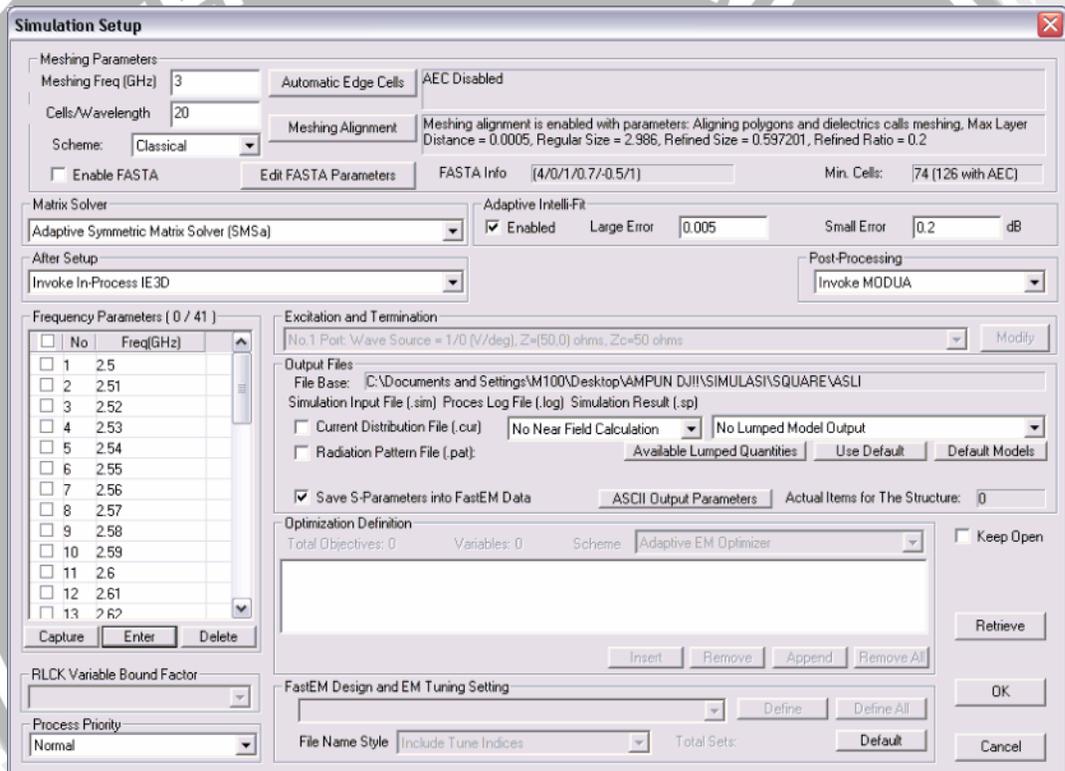
Gambar 34. Variabel-variabel yang berubah setelah *meshing*

37. 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 35, lalu tekan OK.



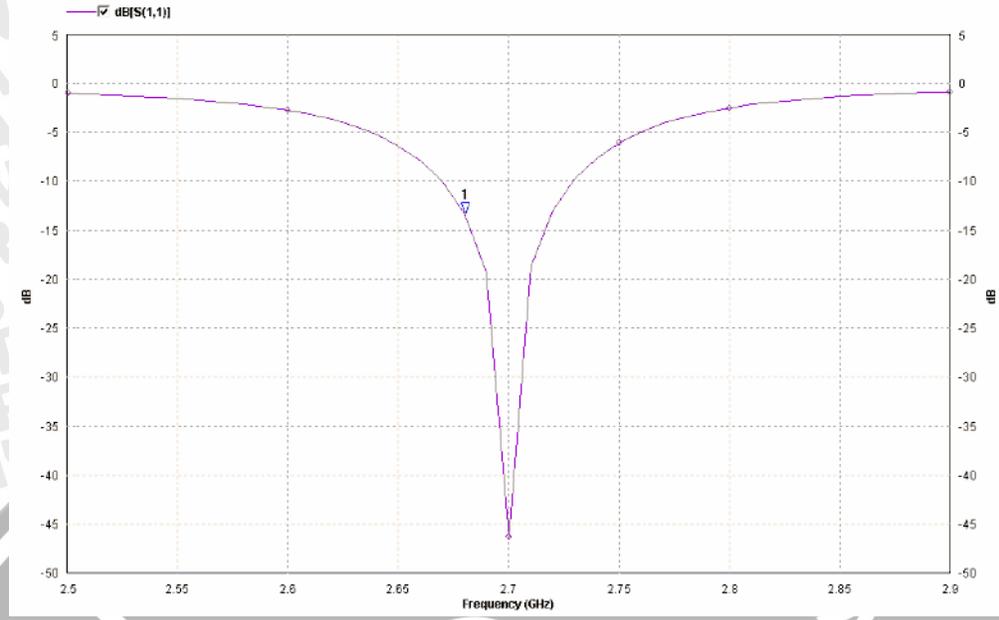
Gambar 35. Tampilan untuk memasukkan rentang frekuensi yang disimulasikan

38. Sehingga window *Simulation Setup* menjadi : (Lihat Gambar 36), dan klik OK.

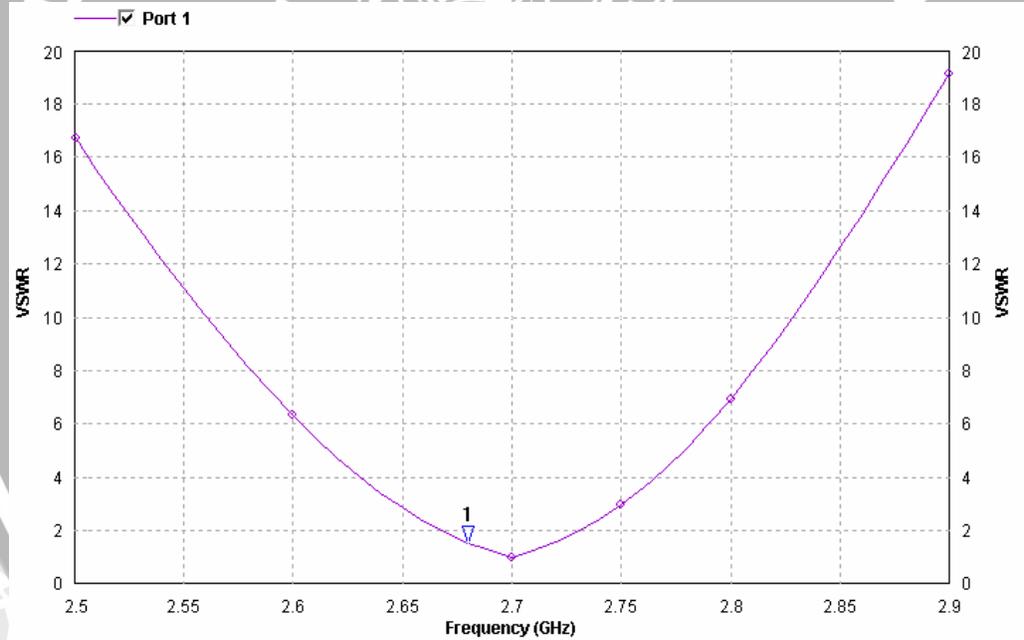


Gambar 36. Tampilan window *Simulation Setup* setelah rentang frekuensi ditentukan

39. Tunggu sebentar hingga simulasi berjalan dan dihasilkan file-file seperti tertera pada Grafik 3 dan 4.



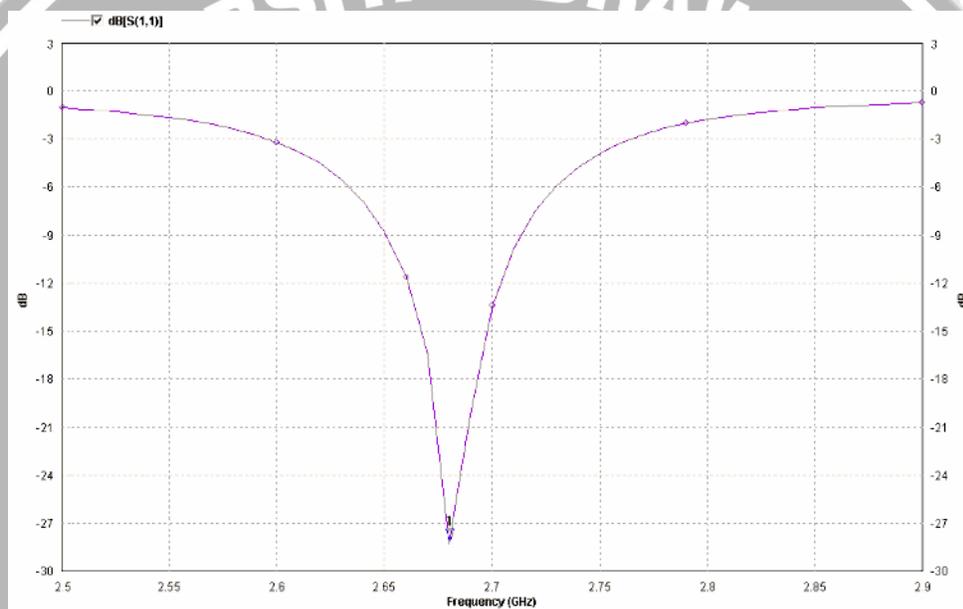
Grafik 3. Hasil simulasi Return Loss elemen peradiasi lingkaran.



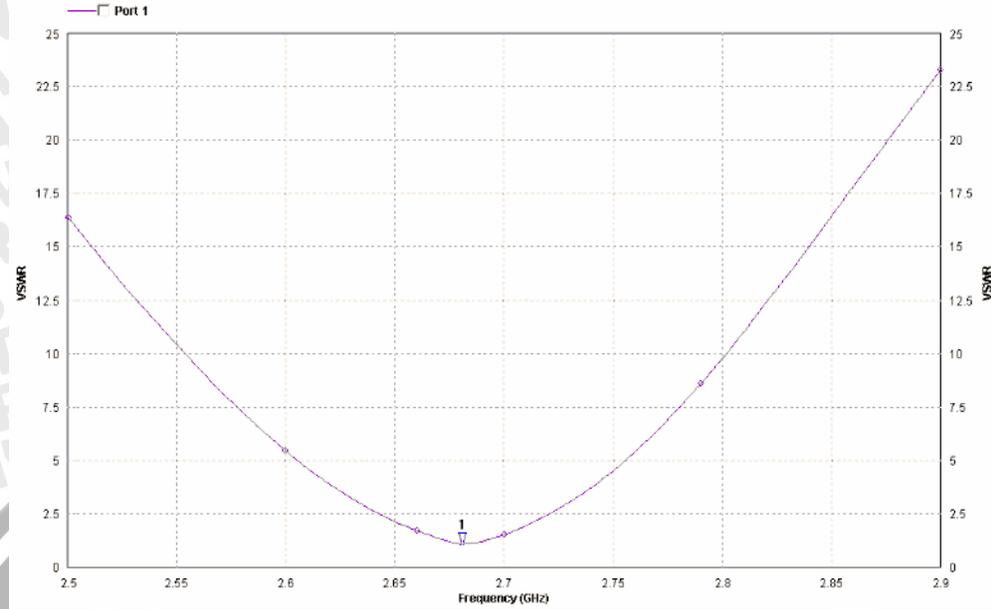
Grafik 4. Hasil simulasi VSWR elemen peradiasi lingkaran.

40. Dari hasil simulasi elemen peradiasi lingkaran dapat disimpulkan bahwa elemen peradiasi lingkaran belum dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan yaitu 2680 MHz, tetapi malah bekerja secara maksimal pada frekuensi 2700 MHz. Sehingga harus dilakukan optimasi pada elemen peradiasi lingkaran tersebut.

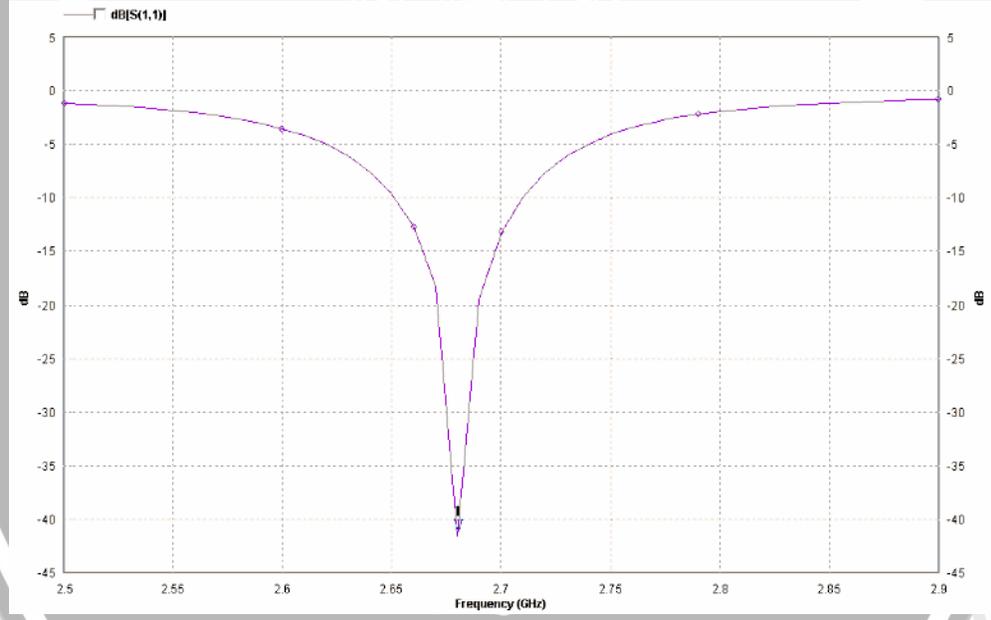
41. Optimasi pada masing-masing elemen peradiasi, baik elemen peradiasi persegi maupun elemen peradiasi lingkaran dapat dilakukan dengan cara menambah ataupun mengurangi ukuran dimensi elemen peradiasi, saluran transmisi, dan dimensi *inset feed* sampai didapatkan performansi yang maksimal dan memenuhi syarat.
42. Setelah melakukan penambahan dan pengurangan pada dimensi elemen peradiasi, dimensi *inset feed*, dan dimensi saluran transmisi hingga didapatkan hasil yang paling optimal maka kita dapat mensimulasikannya dengan prosedur simulasi sama seperti pada *point* 16 sampai dengan *point* 21, sehingga diperoleh parameter-parameter seperti yang ditunjukkan pada Grafik 5, 6, 7 dan 8



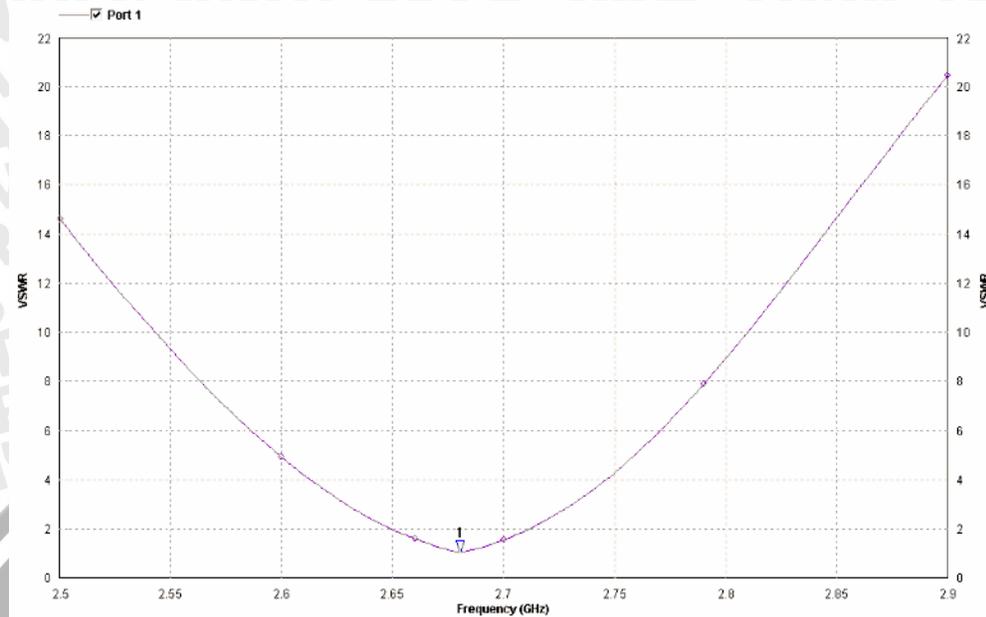
Grafik 5. Hasil optimasi elemen peradiasi persegi



Grafik 6. Hasil optimasi elemen peradiasi persegi



Grafik 7. Hasil optimasi elemen peradiasi lingkaran.

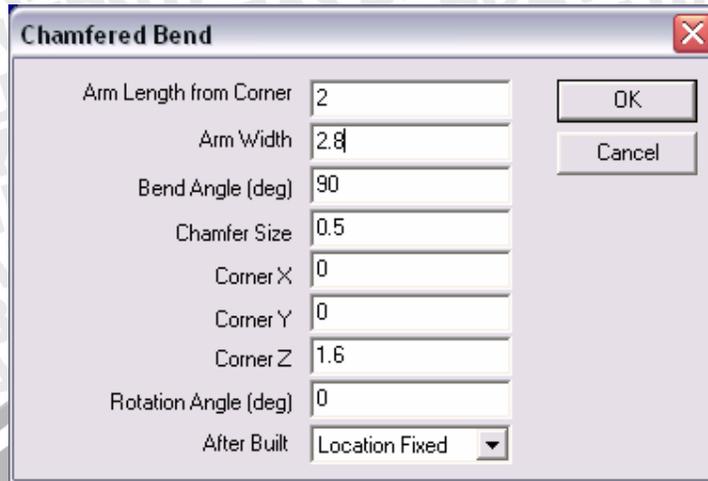


Grafik 8. Hasil optimasi elemen peradiasi lingkaran.

PEMODELAN ANTENA *BI-ELEMENT ARRAY*

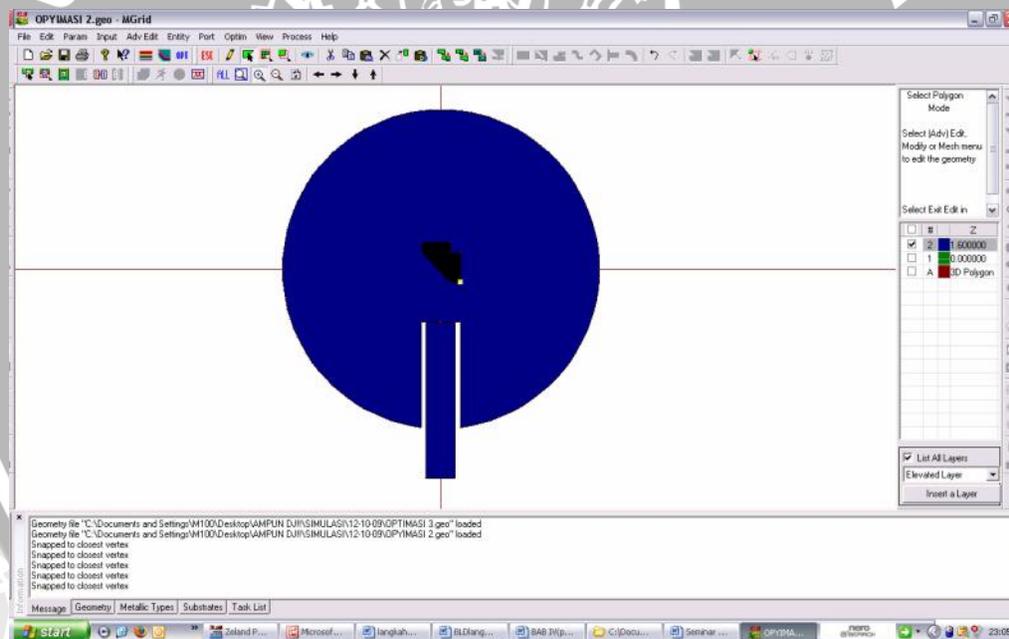
43. Dari Grafik 5, 6, 7, dan 8 dapat kita lihat bahwa elemen peradiasi persegi maupun elemen peradiasi lingkaran telah memenuhi kriteria sesuai dengan yang kita inginkan. Untuk elemen peradiasi persegi diperoleh nilai return loss -28 dB dan nilai VSWR sebesar 1,08 sedangkan untuk elemen peradiasi lingkaran diperoleh nilai return loss -40 dB dan nilai VSWR sebesar 1,04. Karena masing-masing elemen peradiasi ini telah mempunyai performa yang sesuai dengan yang disyaratkan, maka kita dapat membuat antenna *array*-nya. Caranya adalah sebagai berikut :

44. Buka salah satu file *.geo yang tadi telah disimpan pada MGRID window (persegi atau lingkaran) terlebih dahulu. Misalnya kita buka file yang menyimpan elemen peradiasi lingkaran. Setelah itu buatlah bending dengan mengklik icon *Chamfered Bend* pada *Toolbar* sebelah kanan window MGRID. Lalu akan muncul tampilan seperti Gambar 37.



Gambar 37. Tampilan untuk memasukkan nilai-nilai variabel untuk membuat *Chamfered Bend*

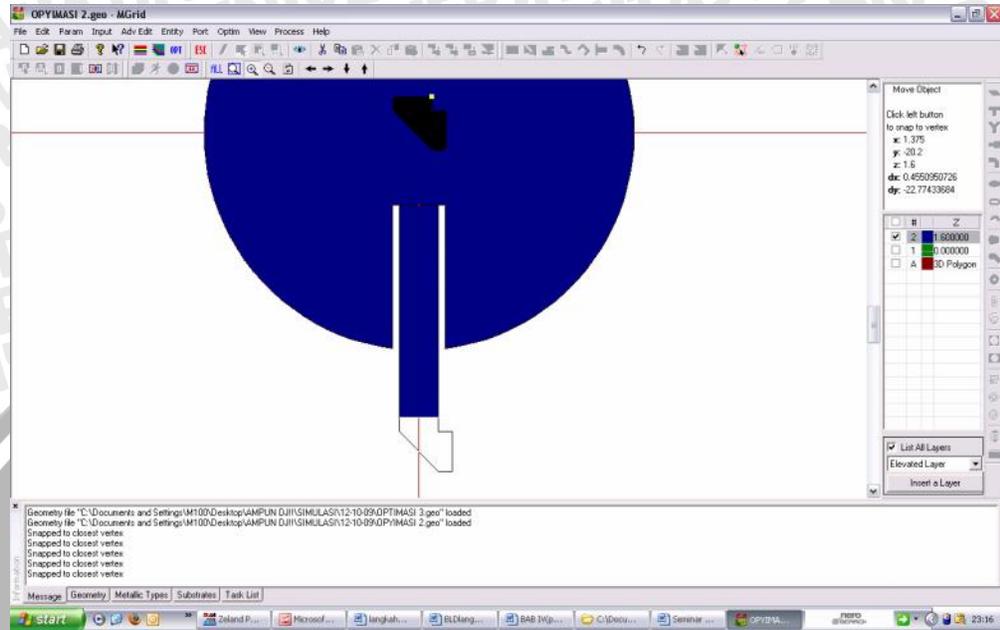
45. Setelah itu akan terbentuk (muncul) *chamfered bend* pada window MGRID seperti yang ditunjukkan pada Gambar 38



Gambar 38. *Chamfered Bend* berada pada tengah-tengah elemen peradiasi lingkaran

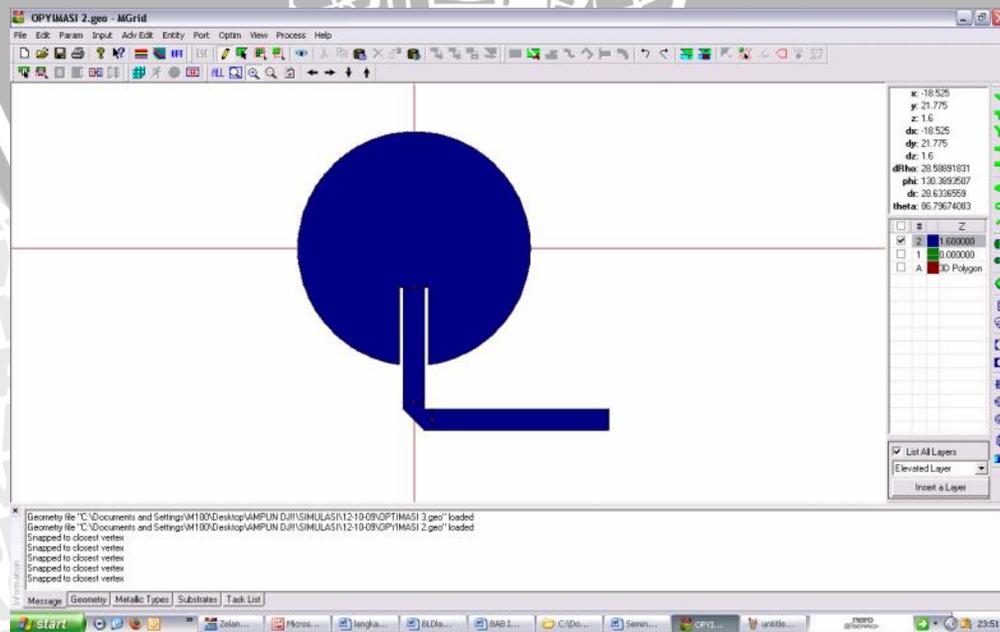
46. Setelah itu kita tinggal menggabungkannya saja dengan saluran transmisi pada elemen peradiasi yang sudah ada. Caranya adalah dengan mengklik icon *Select Polygon* pada toolbar bagian atas window MGRID, lalu klik *chamferd bend*-nya. Kemudian tekan tombol (pada keyboard) Shift+Tab secara bersamaan untuk mengubah titik referensi penempelan *chamferd bend* pada saluran transmisi.

Kemudian pindah & tempelkanlah *chamferd bend* pada saluran transmisi dengan menekan Shift+M secara bersamaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 39.



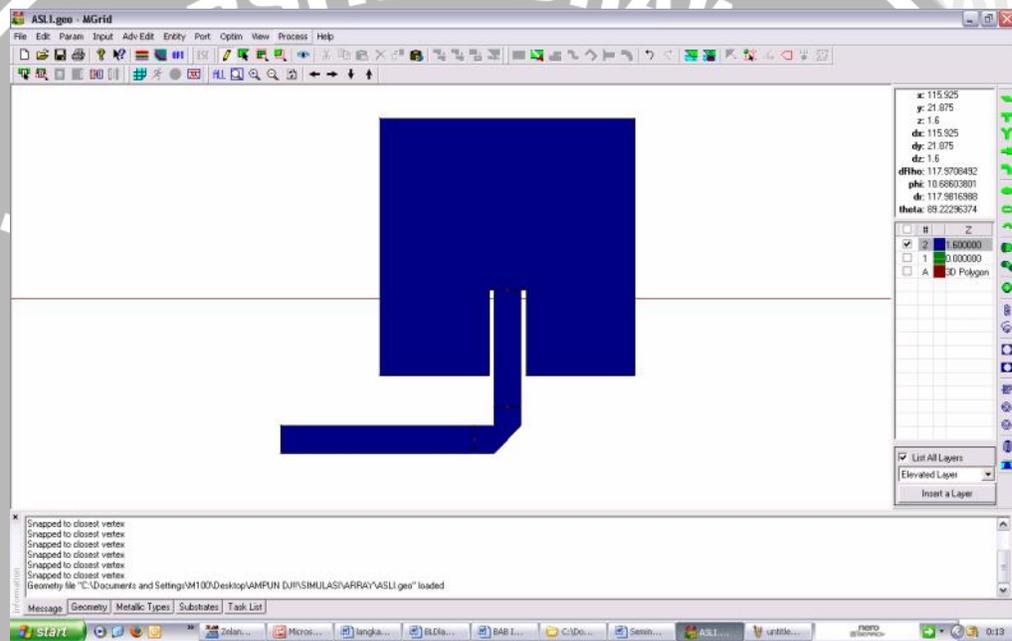
Gambar 39. *Chamferd Bend* ditempelkan pada saluran transmisi

47. Untuk membentuk susunan array sesuai dengan bentuk yang direncanakan maka select vertice pada sisi sebelah kanan *chamferd 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 40

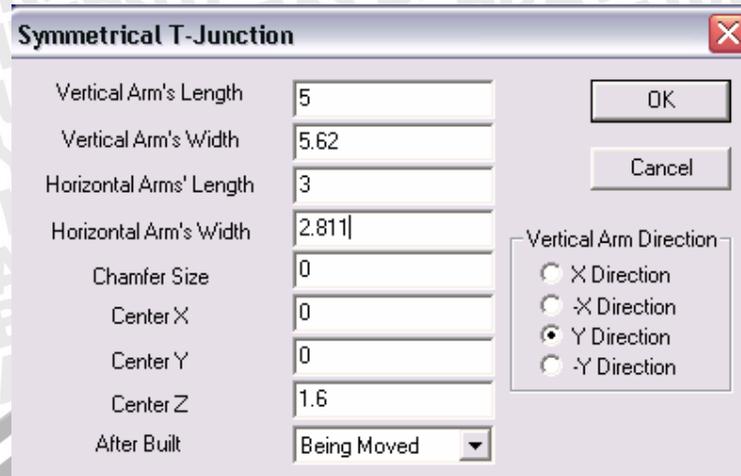


Gambar 40. Elemen peradiasi lingkaran dengan *chamfered bend*

48. Untuk membuat *chamfered bend* pada elemen peradiasi persegi kita tinggal membuka file *.geo yang tadi telah disimpan pada MGRID window yang memuat rancangan elemen peradiasi persegi. Setelah file rancangan kita buka, kemudian selanjutnya kita lakukan langkah-langkah pada *point*, 48 sampai dengan *point* 51, namun *chamfered bend*-nya berbeda arah (kearah 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*.

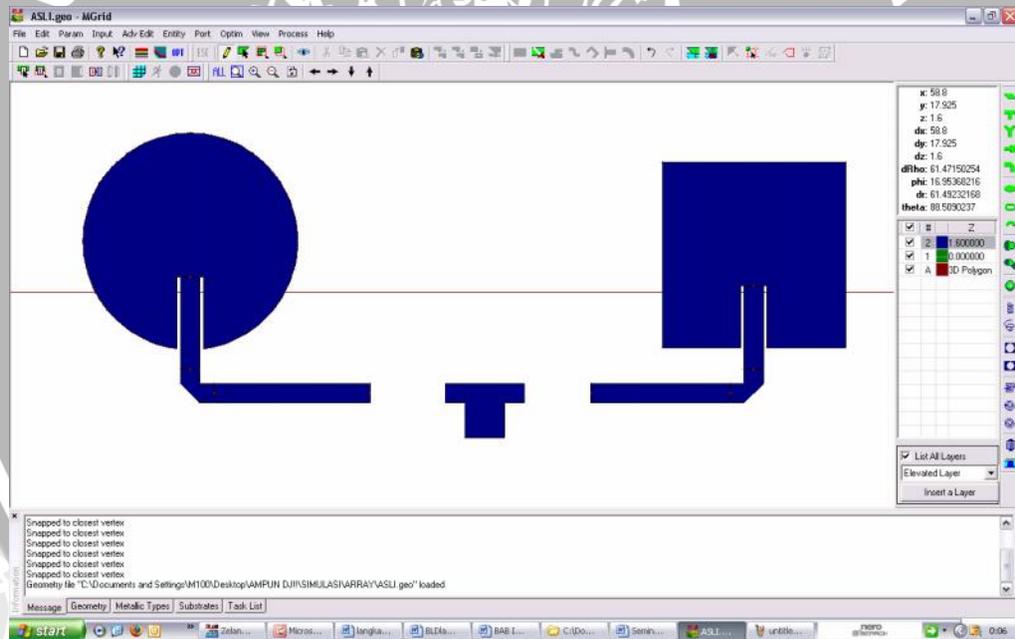
Gambar 41. Elemen peradiasi persegi dengan *Chamfered Bend*

49. Setelah dua elemen terbentuk, dan 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.

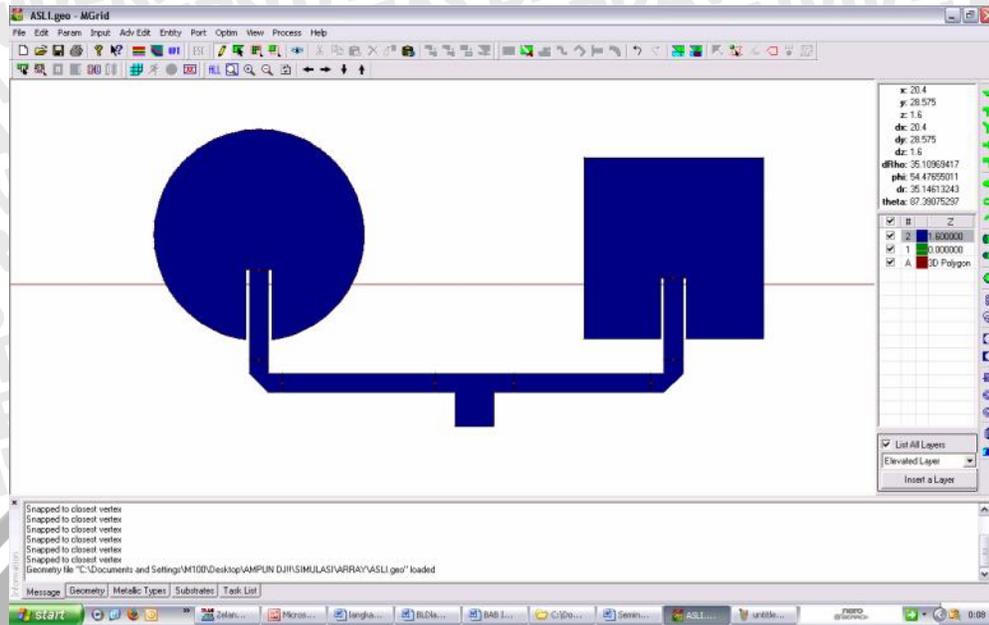


Gambar 42. Tampilan untuk membuat *T-Junction*

50. Setelah diperoleh geometri-geometri seperti Gambar 43, maka kita tinggal menggabungkan saja sehingga diperoleh bentuk seperti Gambar 44.

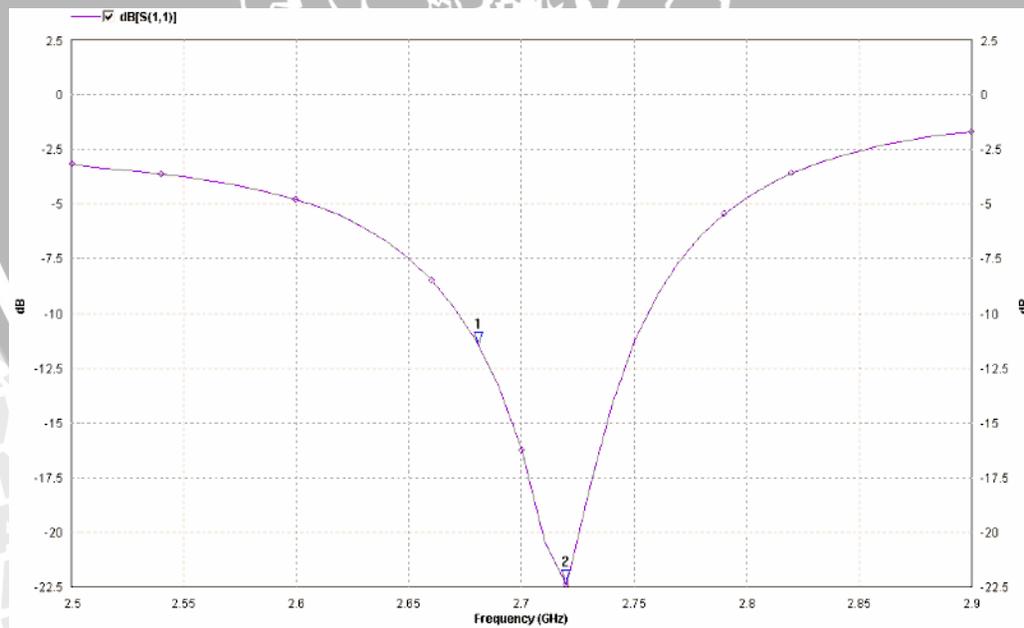


Gambar 43. Tiga bagian antena yang belum digabungkan

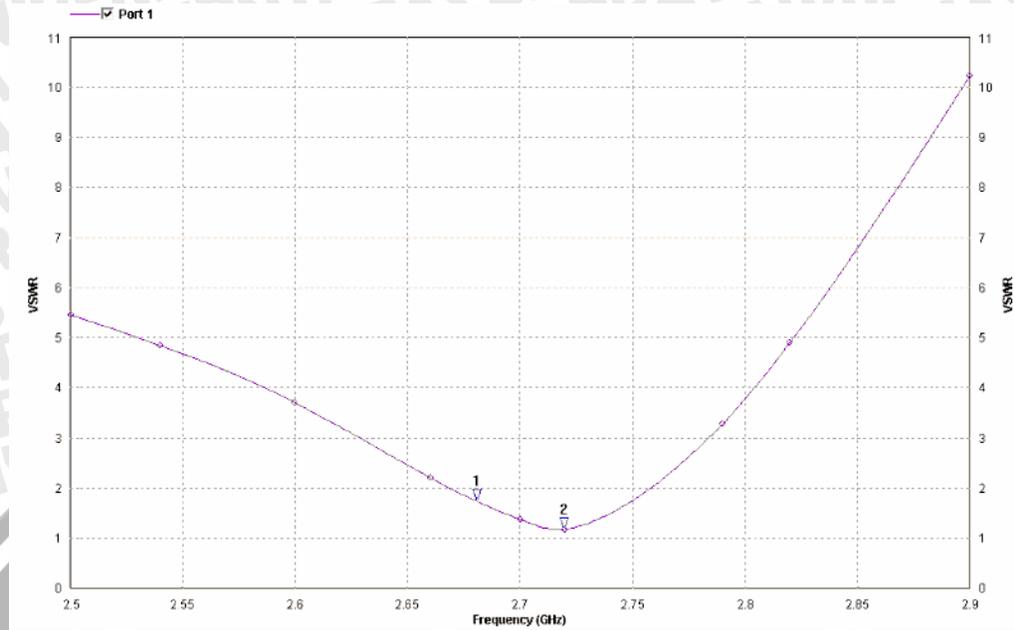


Gambar 44. Antena mikrostrip *bi-element array*

51. Setelah diperoleh bentuk seperti bentuk yang diatas, maka kita dapat mensimulasikannya dengan prosedur simulasi persis seperti yang dilakukan pada elemen peradiasi tunggal sebelumnya, sehingga diperoleh parameter-parameter seperti yang ditunjukkan pada Grafik 9 dan 10

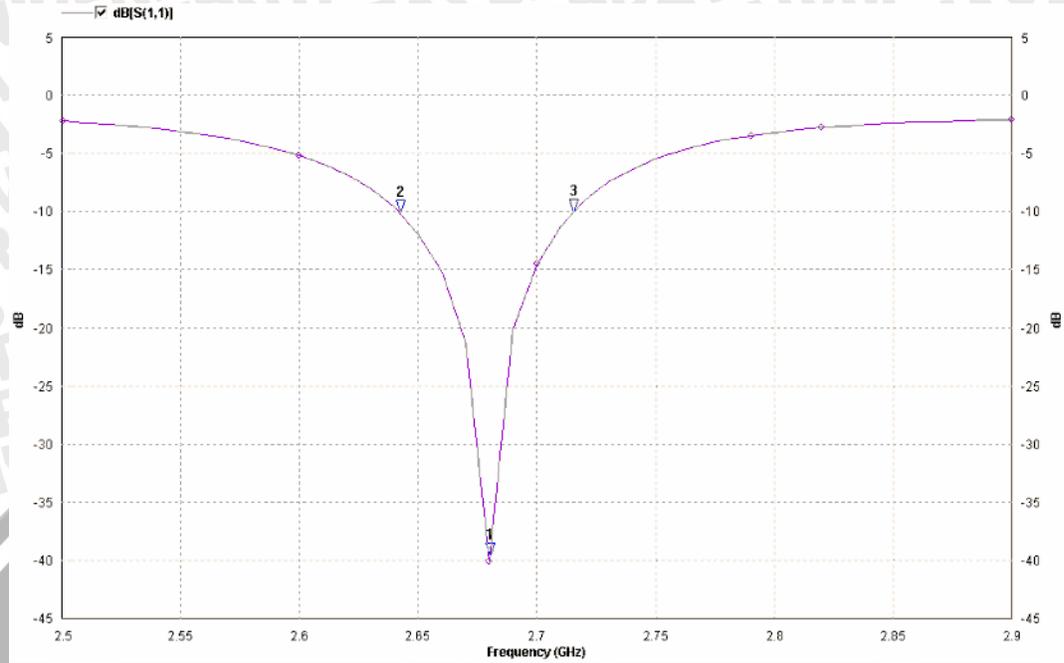


Grafik 9. Hasil simulasi *Return Loss* antena mikrostrip *bi-element array*

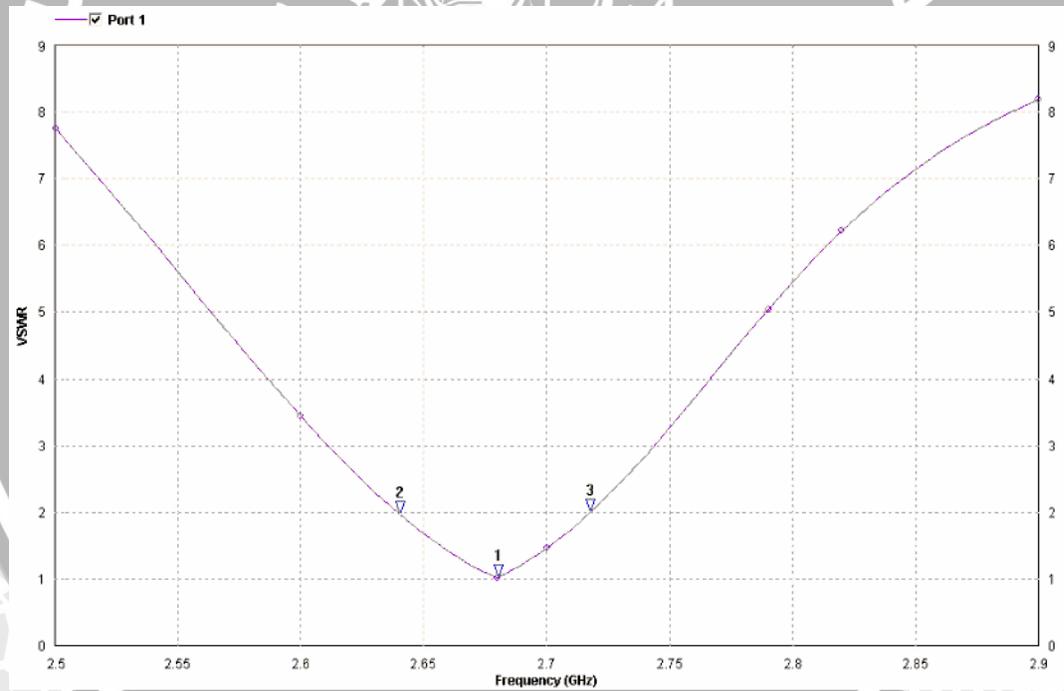


Grafik 10. Hasil simulasi VSWR antenna mikrostrip *bi-element array*

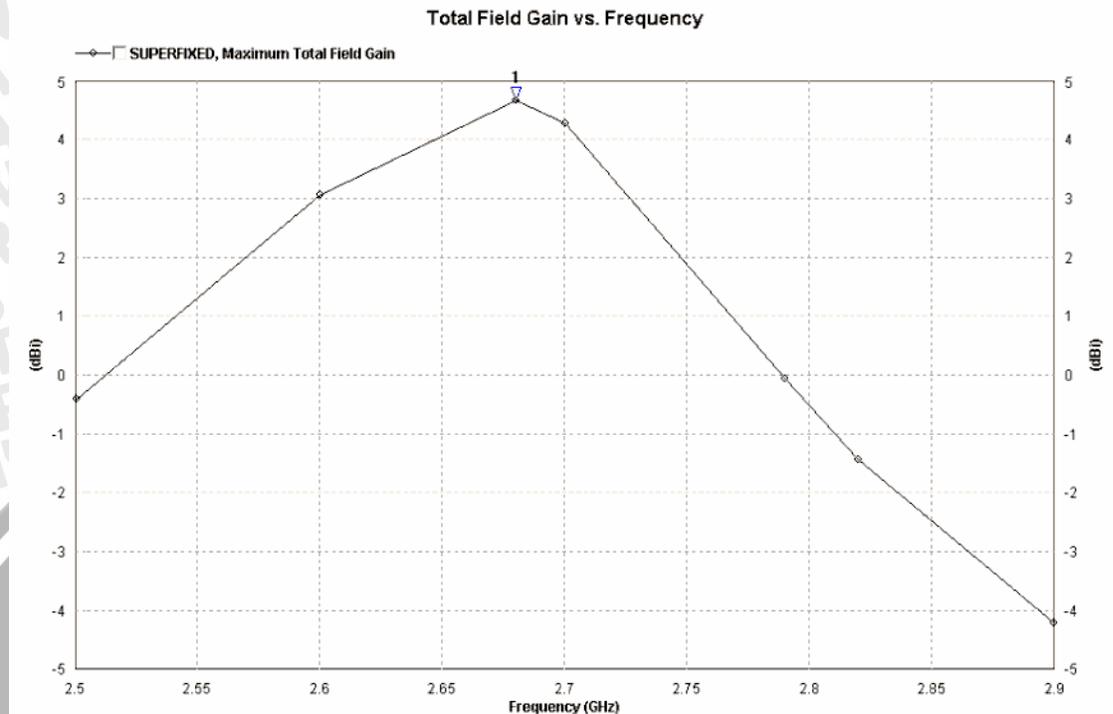
52. Dari Grafik 9 dan 10 dapat kita lihat bahwa antenna *bi-element array* belum dapat bekerja pada range frekuensi yang diharapkan yaitu pada frekuensi 2680 MHz. Sehingga harus dilakukan optimasi.
53. Optimasi yang dilakukan pada hasil rancangan antenna *bi-element array* ini juga dilakukan secara manual, sama seperti optimasi yang dilakukan pada optimasi elemen peradiasi persegi maupun lingkaran. Tetapi pada optimasi antenna *bi-element array* ini dilakukan dengan menambah atau mengurangi nilai panjang saluran transmisi yang menghubungkan *Chamfered Bend* dengan *T-Junction* (L_{T1} , L_{T2} , L_{T3}) saja, Tanpa merubah dimensi ukuran dimensi elemen peradiasi dan dimensi *inset feed*.
54. Setelah dilakukan penambahan dan pengurangan panjang saluran transmisi maka didapatkan dimensi optimal antenna *bi-element array*. Kemudian mensimulasikannya dengan prosedur simulasi persis seperti yang dilakukan pada elemen peradiasi tunggal sebelumnya, sehingga diperoleh parameter-parameter seperti yang ditunjukkan pada Grafik 11, 12, dan 13 serta Gambar 45 dan 46.



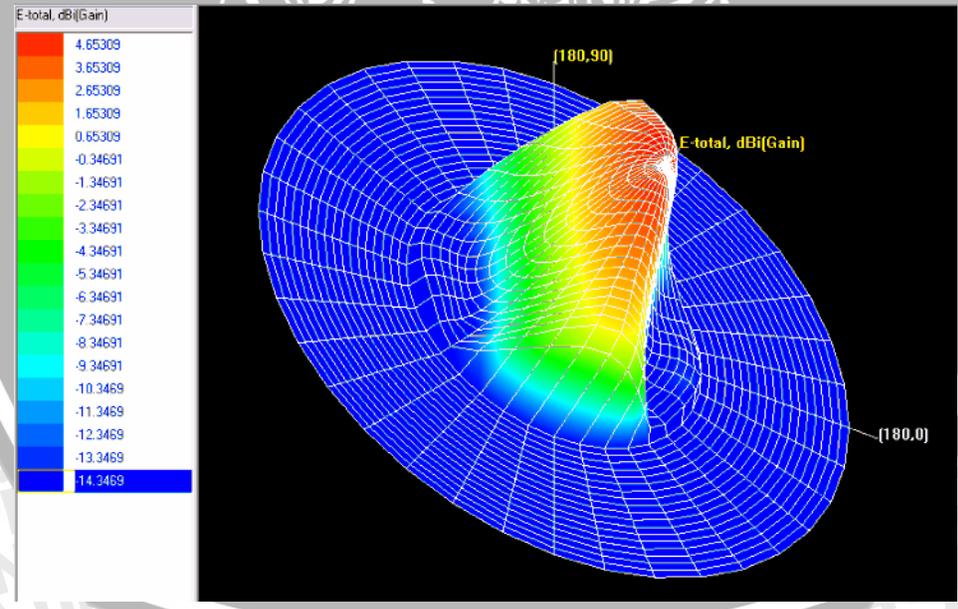
Grafik 11. Hasil optimasi antenna mikrostrip *bi-element array*



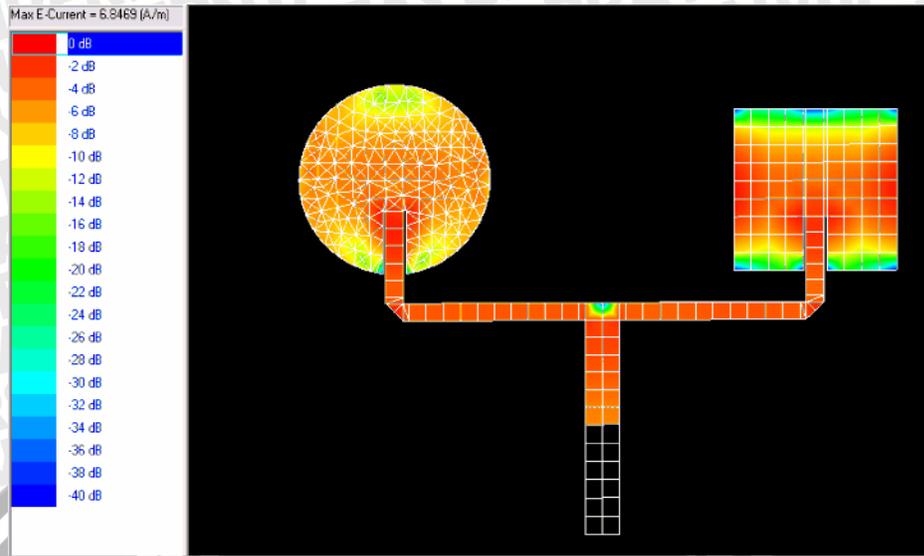
Grafik 12. Hasil optimasi antenna mikrostrip *bi-element array*



Grafik 13. Nilai Gain antenna mikrostrip array dual elemen

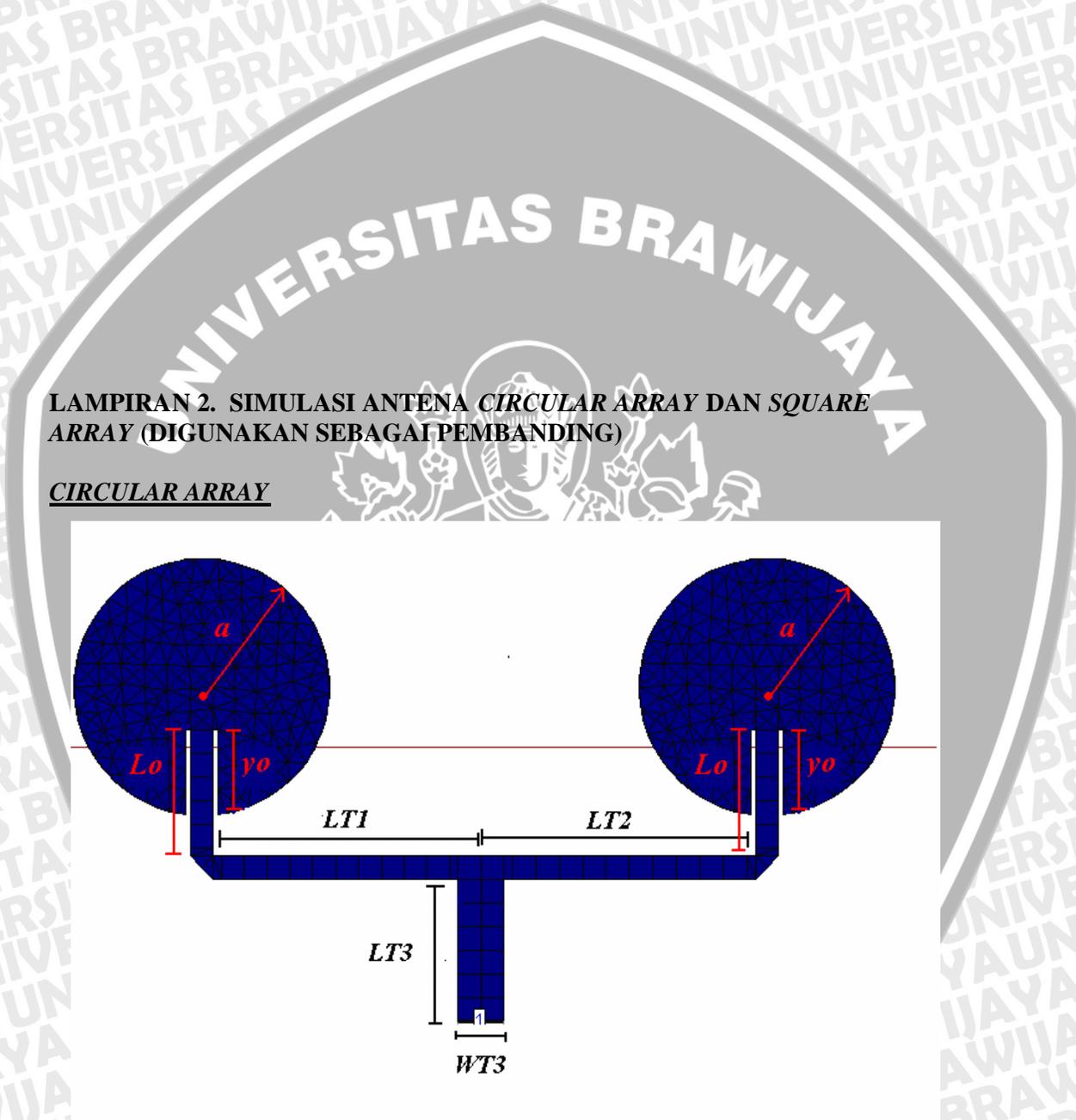


Gambar 45. Radiation Pattern 3D pada frekuensi 2680 MHz



Gambar 46. Distribusi arus pada frekuensi 2680 MHz

55. Dari beberapa parameter diatas, dapat dilihat bahwa antenna mikrostrip *bi-element array* 2680 MHz telah menunjukkan parameter-parameter dengan nilai yang sesuai dengan yang direncanakan maupun yang disyaratkan oleh standar, yakni dengan nilai *return loss* ± -39 dB (< -10 dB), VSWR 1,025 ($1 < \text{VSWR} < 2$), serta *Gain* yang sebesar 4,6 dBi pada frekuensi 2680 MHz, sehingga simulasi dapat dinyatakan selesai dan fabrikasi (pembuatan) antenna dapat dilakukan sesuai dengan ukuran yang didapat setelah simulasi terakhir.



LAMPIRAN 2. SIMULASI ANTENA *CIRCULAR ARRAY* DAN *SQUARE ARRAY* (DIGUNAKAN SEBAGAI PEMBANDING)

CIRCULAR ARRAY

Gambar 1 Bentuk antenna mikrostrip *circular array* 2,68 GHz

Sumber : Perencanaan

Keterangan gambar 1 :

- $a = 15,4 \text{ mm}$; $y_o = 10,3 \text{ mm}$; $L_o = 15,1 \text{ mm}$
- $L_{T1} = 32,16 \text{ mm}$; $L_{T2} = 32,16 \text{ mm}$; $L_{T3} = 17 \text{ mm}$

$W_o = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T1} = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T2} = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T3} = 5,52 \text{ mm}$

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
Line: N/A

X: N/A
Y: N/A

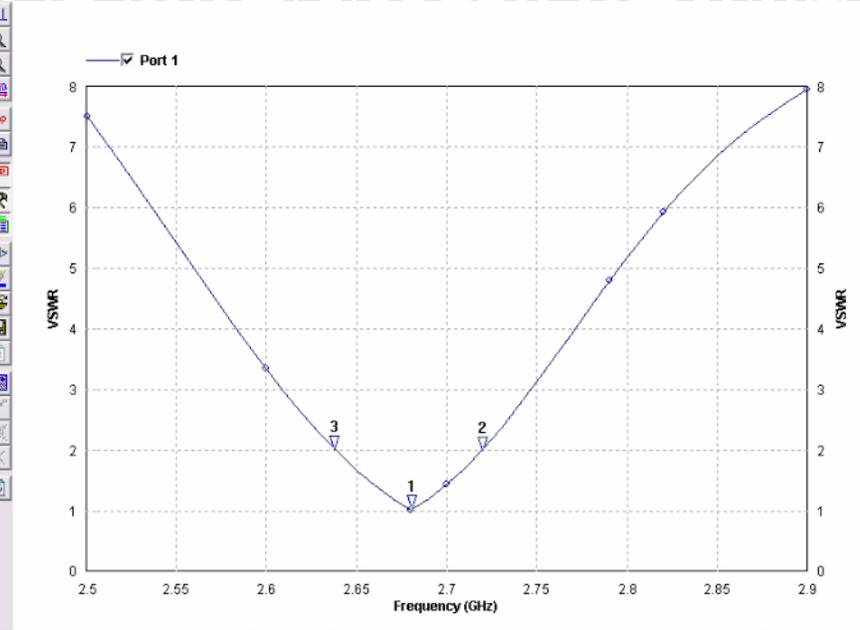
Selected Values

#	X	Y	Lz
1	2.6804	1.0223	
2	2.7196	1.99514	
3	2.6381	2.00846	

Difference Between Two Points
1 - 1

dX: 0
dY: 0

Additional Information
Zc(1) = 50 Ohms



Grafik 1 Nilai VSWR antenna mikrostrip circular array
Sumber : Simulasi

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
Line: N/A

X: N/A
Y: N/A

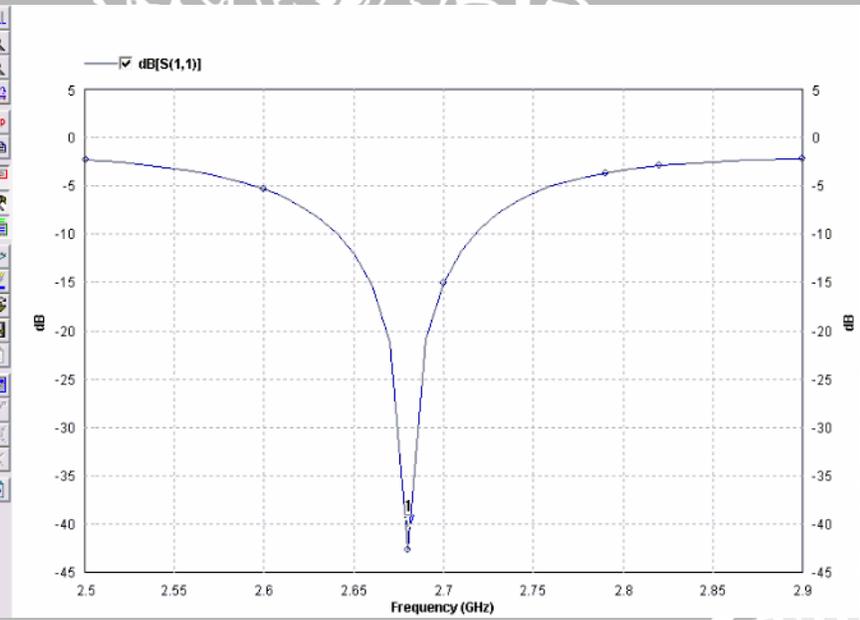
Selected Values

#	X	Y	Lz
1	2.68103	-40.411	

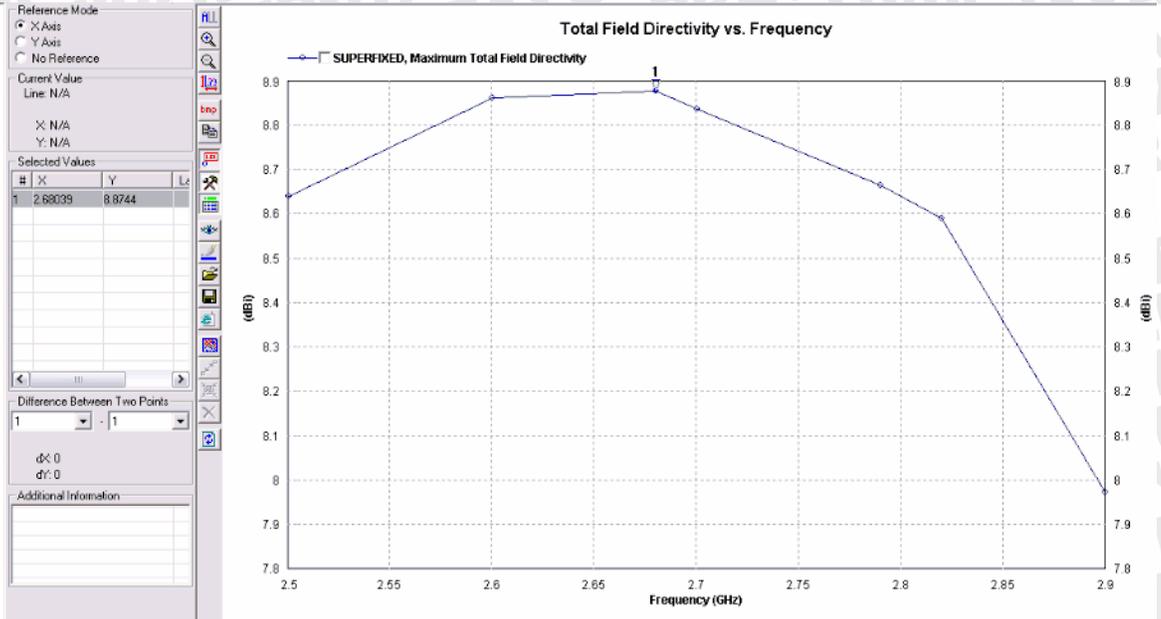
Difference Between Two Points
1 - 1

dX: 0
dY: 0

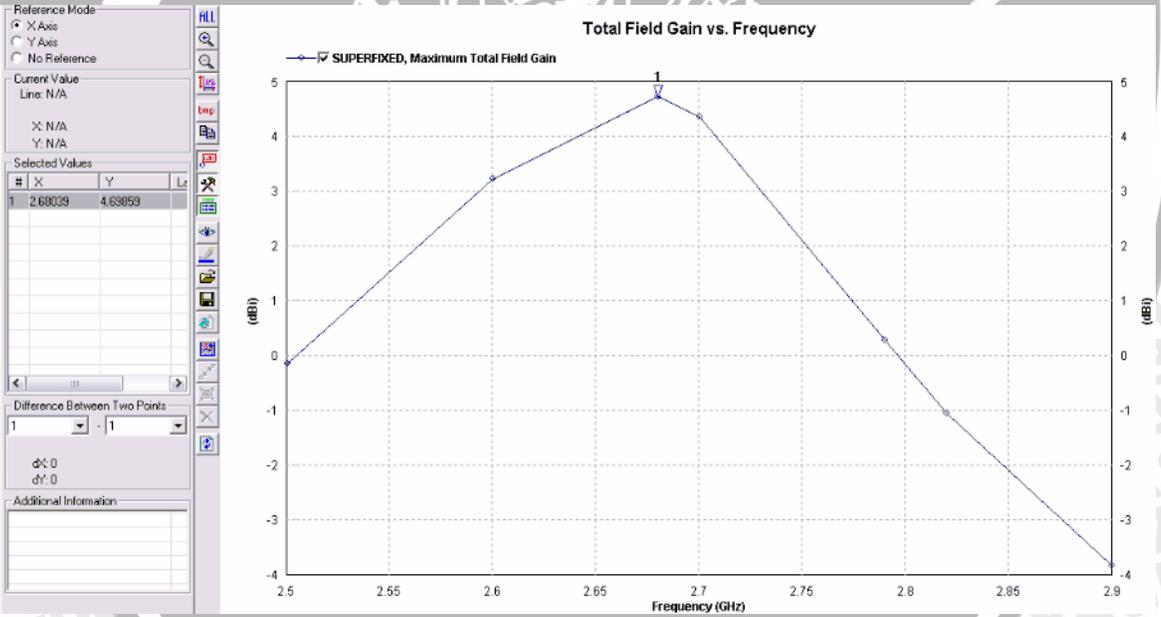
Additional Information
Zc(1) = 50 Ohms



Grafik 2 Nilai return loss antenna mikrostrip circular array
Sumber : Simulasi



Grafik 3 Grafik Directivity terhadap Frekuensi
Sumber : Simulasi



Grafik 4 Grafik Gain terhadap Frekuensi
Sumber : Simulasi

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
 Line: N/A
 N/A
 Y: N/A

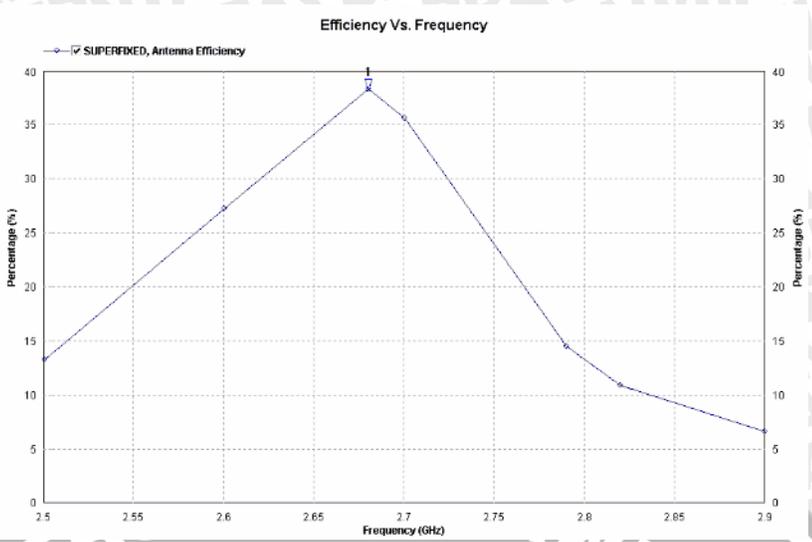
Selected Values

#	X	Y	L
1	2.66033	39.2332	

Difference Between Two Points
 1 -1

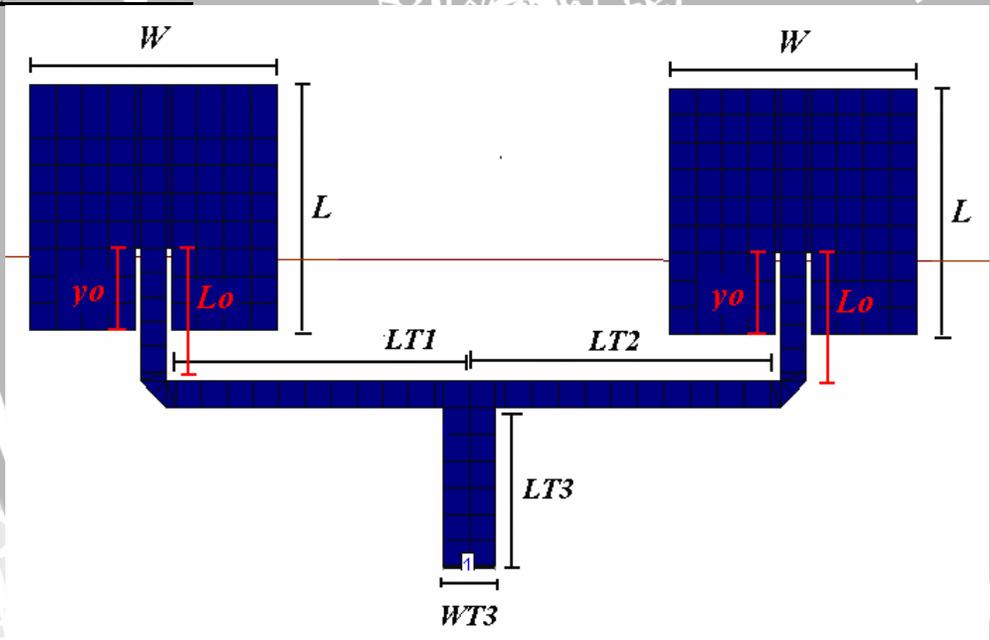
ϕ : 0
 θ : 0

Additional Information



Grafik 5 Grafik efisiensi antenna
 Sumber : Simulasi

SQUARE ARRAY



Gambar 2 Bentuk antenna mikrostrip square array 2,68 GHz
 Sumber : Perencanaan

Keterangan gambar 2 :

$L = W = 26,3 \text{ mm}$; $y_o = 8,8 \text{ mm}$; $L_o = 13,9 \text{ mm}$
 $L_{T1} = 32,16 \text{ mm}$; $L_{T2} = 32,16 \text{ mm}$; $L_{T3} = 17 \text{ mm}$
 $W_o = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T1} = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T2} = 2,811 \text{ mm}$; $W_{T3} = 5,52 \text{ mm}$

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
Line: N/A

X: N/A
Y: N/A

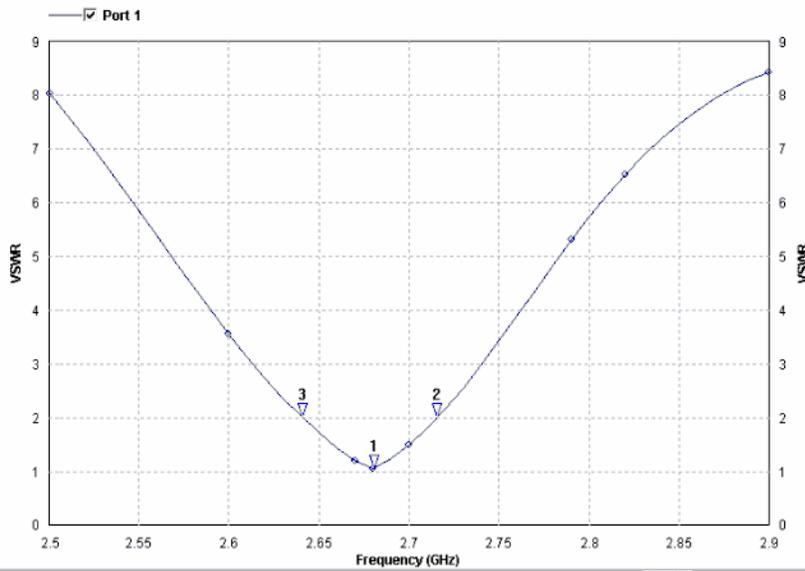
Selected Values

#	X	Y	Lt
1	2.6804	1.05897	
2	2.71586	2.00341	
3	2.64059	2.00472	

Difference Between Two Points
1 - 1

d<: 0
dY: 0

Additional Information
Zc(1) = 50 Ohms



Grafik 6 Nilai VSWR antenna mikrostrip square array
Sumber : Simulasi

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
Line: N/A

X: N/A
Y: N/A

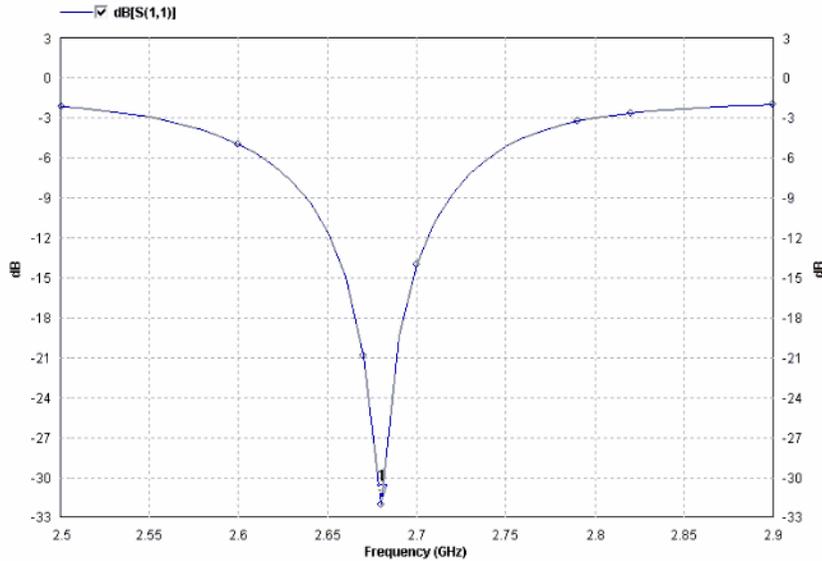
Selected Values

#	X	Y	Lt
1	2.6804	-31.5078	

Difference Between Two Points
1 - 1

d<: 0
dY: 0

Additional Information
Zc(1) = 50 Ohms



Grafik 7 Nilai return loss antenna mikrostrip square array
Sumber : Simulasi

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
Line: N/A

X: N/A
Y: N/A

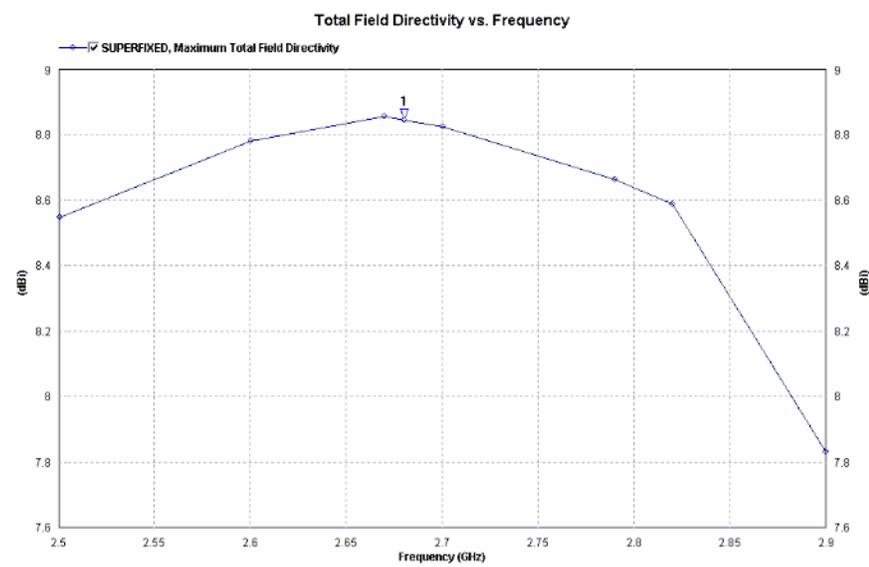
Selected Values

#	X	Y	L
1	2.68039	8.84231	

Difference Between Two Points
1 - 1

dX: 0
dY: 0

Additional Information



Grafik 8 Grafik *Directivity* terhadap Frekuensi
Sumber : Simulasi

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

Current Value
Line: N/A

X: N/A
Y: N/A

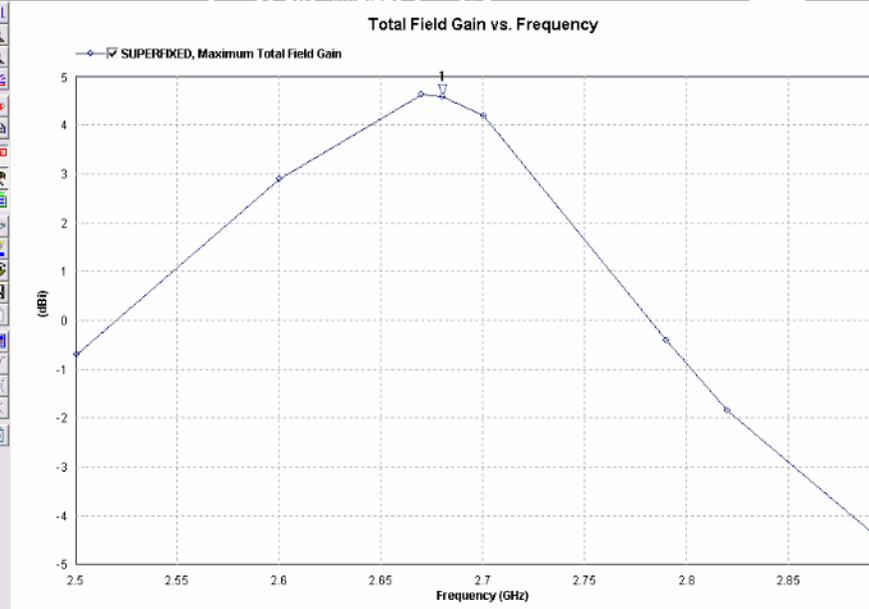
Selected Values

#	X	Y	L
1	2.68039	4.57572	

Difference Between Two Points
1 - 1

dX: 0
dY: 0

Additional Information



Grafik 9 Grafik *Gain* terhadap Frekuensi
Sumber : Simulasi

Reference Mode
 X Axis
 Y Axis
 No Reference

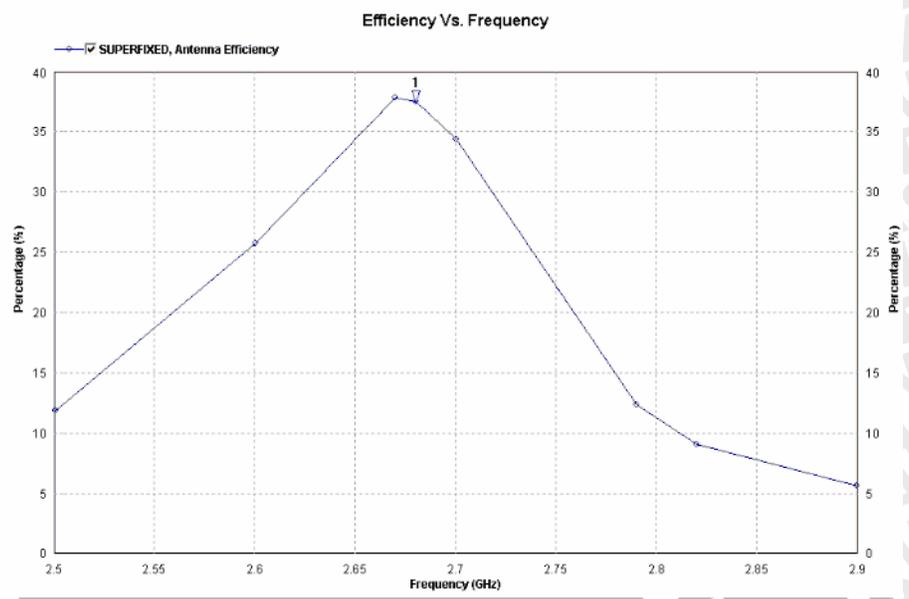
Current Value
 Line: N/A
 X: N/A
 Y: N/A

Selected Values

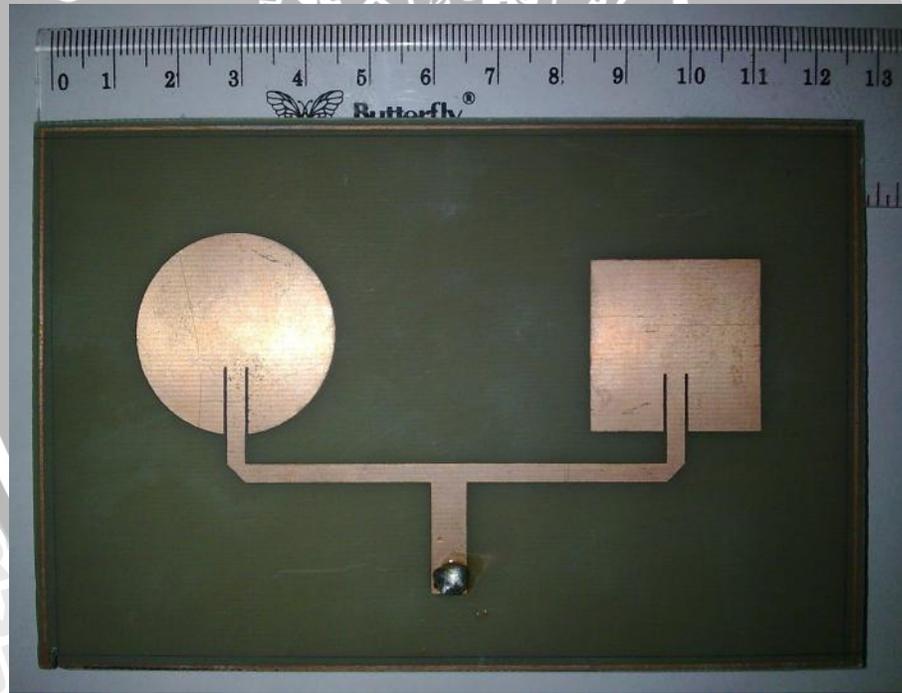
#	X	Y	Ln
1	2.69039	37.443	

Difference Between Two Points
 1 - 1
 dx: 0
 dy: 0

Additional Information



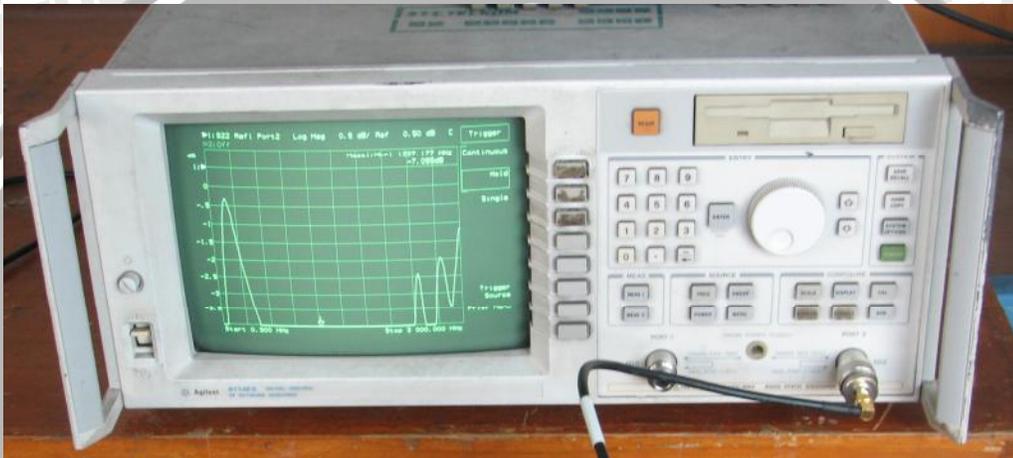
Grafik 10 Grafik efisiensi antenna
 Sumber : Simulasi
LAMPIRAN 3. DOKUMENTASI PENGUKURAN



Bentuk fisik antenna mikrostrip *bi-element array* 2680 MHz hasil fabrikasi



Sweep Oscillator 8350B 1 - 26.5 GHz Hewlett Packard



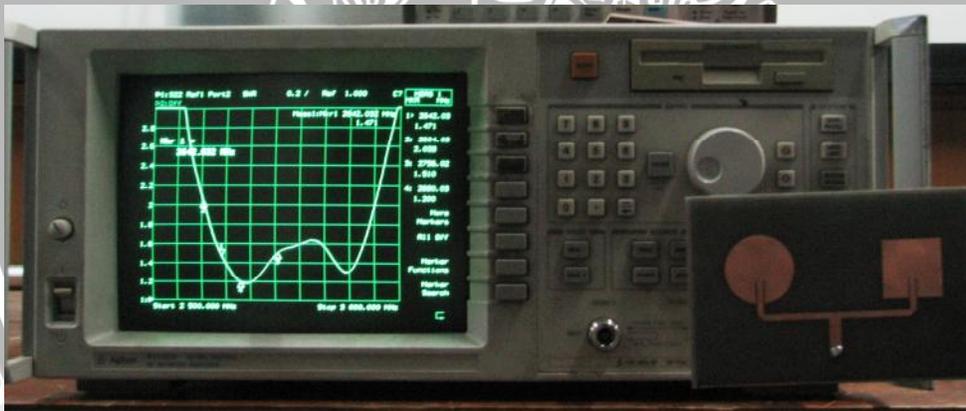
Agilent RF Network Analyzer 300 kHz - 3000 MHz



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

