

**RANCANG BANGUN ANTENA PENYEARAH (*RECTIFIER ANTENNA*)
UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI
GSM 1800 MHz**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DIRTON BEN GURION PARUBAK PUTRA

NIM. 125060309111012 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN ANTENA PENYEARAH (*RECTIFIER ANTENNA*)
UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI
GSM 1800 MHz**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DIRTON BEN GURION PARUBAK PUTRA
NIM. 125060309111012 – 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rudy Yuwono, S.T., M.Sc.
NIP. 19710615 199802 1 003

M. Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T.
NIP. 19710609 200003 1 005

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ANTENA PENYEARAH (*RECTIFIER ANTENNA*) UNTUK PEMANEN ENERGI ELEKTROMAGNETIK PADA FREKUENSI GSM 1800 MHz

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

DIRTON BEN GURION PARUBAK PUTRA
NIM. 125060309111012 – 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
Pada tanggal 12 Agustus 2014

Majelis Penguji

Dwi Fadilla Kurniawan, S.T., M.T.
NIP. 19720630 200003 1 002

Ir. Erfan Achmad Dahlan, M.T.
NIP. 19530704 198203 1 003

Gaguk Asmugi, S.T., M.T.
NIP. 19670627 199802 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera Bagi Kita Semua,

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan anugerah, bimbingan, ilmu pengetahuan, serta akal budi yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tidak berkekurangan sesuatu apapun.

Skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Antena Penyearah (*Rectifier Antenna*) Untuk Pemanen Energi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM-1800 MHz” ini, dibuat dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan ketidak sempurnaan dalam pembuatan skripsi ini. Oleh sebab itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Dan demi peningkatkan kualitas dan kelanjutan skripsi ini, penulis juga sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini sehingga nantinya penulis dapat mengembangkannya di kemudian hari. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Malang, Agustus 2014

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, tak luput juga ada banyak pihak yang membantu penulis baik secara langsung ataupun secara tidak langsung didalamnya. Begitu banyaknya dukungan moral, motivasi, dan doa serta masukan yang sangat berharga sehingga skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua Penulis yang selalu senantiasa berdoa, bekerja keras tanpa lelah demi mencukupi kebutuhan penulis, dan yang selalu mengingatkan dan memotivasi penulis agar dapat menyelesaikan skripsi tepat waktu.
2. Kakak penulis dr.Byzantine, yang selalu menjadi panutan pertama penulis dalam mengeyam dunia pendidikan. Selalu mengingatkan penulis disaat salah, dan juga jadi tumpuan penulis dalam menjalani kehidupan.
3. Bapak Rudy Yuwono, S.T., M.Sc dan bapak Mohd. Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak waktu dan tenaganya untuk membimbing dari awal, memberikan saran, nasehat-nasehat, dan pelajaran hingga penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Waru Djuriatno, S.T., M.T, selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan pengarahan serta bimbingan akademik.
5. Bapak Ali Mustofa S.T., M.T, selaku KKDK konsentrasi telekomunikasi yang banyak memberikan pengarahan dalam hal akademik penulis.
6. Seluruh civitas akademika Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
7. Rasa terima spesial untuk segenap keluarga besar Seleksi Alih Program, terkhusus pada angkatan 2012. Terima kasih untuk waktu dan kebersamaan yang sudah dilalui kurang lebih dua tahun. Semoga persahabatan kita tetap terjalin harmonis dimanapun kita berada.
8. Teman-teman yang rela menyisihkan waktu, tenaga, pikiran dan semangat ekstra untuk membantu proses pengerjaan hingga penyelesaian skripsi ini, Fauzi, Fredrick, Harun, Ical, Silvi, Vernal, Wahyu, serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuan dan doanya.

Penulis sangat berterima kasih yang sedalam-dalamnya untuk semua pihak yang turut serta membantu dan memberikan dukungan baik motivasi, doa dan saran dalam penyelesaian skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini berguna dan dapat memberikan faedah yang terbaik untuk para pembaca.

Malang, Agustus 2014

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Dasar <i>Rectenna</i>	4
2.2. Parameter Dasar Antena.....	4
2.2.1 Impedansi Terminal Antena	4
2.2.2 Polarisasi.....	5
2.2.3 Pola Radiasi.....	7
2.2.4 Penguatan Daya Antena (<i>gain</i>)	8
2.2.5 VSWR (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	10
2.2.6 <i>Return Loss</i>	11
2.2.7 <i>Bandwidth</i>	12
2.3. Bentuk Umum Antena Mikrostrip	12
2.3.1 Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i>	14
2.3.2 Proses Energi RF menjadi Energi Elektrik oleh Antena	16

2.4.	Rangkaian Penyearah (<i>Rectifier</i>).....	18
2.4.1	Penyearah Setengah Gelombang (<i>Half Wave Rectifier</i>).....	19
2.4.2	Penyearah Gelombang Penuh (<i>Full Wave Rectifier</i>).....	19
2.5.	<i>Schottky Diode</i>	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 22

3.1.	Studi Literatur	22
3.2.	Pengumpulan Data	23
3.3.	Perancangan dan Simulasi <i>Rectenna (Rectifier Antenna)</i>	23
3.4	Pengujian.....	27
3.4.1	Pengukuran <i>Bandwidth</i> melalui <i>Return Loss</i> , dan Perhitungan <i>VSWR</i>	27
3.4.2	Pengukuran <i>gain</i> antena	27
3.4.3	Pengukuran Tegangan <i>Output Redtifier</i>	28
3.5	Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	28

BAB IV PERANCANGAN DAN REALISASI RECTENNA..... 29

4.1	Tinjauan Umum	29
4.2	Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi	29
4.4.2.1	Perencanaan Dimensi <i>Patch</i>	30
4.2.2	Perencanaan Dimensi <i>Ground Plane</i>	31
4.3	Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi.....	31
4.4	Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi.....	32
4.4.1	Simulasi Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch</i>	33
4.4.2	Perencanaan Dimensi <i>Ground Plane</i>	35
4.4.2.1	Optimasi Ukuran <i>Ground Plane</i>	35
4.4.2.2	Optimasi Dimensi Saluran Transmisi	36
4.5	Simulasi Antena Mikrostrip <i>Rectangular Patch Array</i>	41
4.6	Perancangan dan Simulasi <i>Rectifier</i>	47
4.6.1	Simulasi <i>Single Diode Rectifier (Half Wave Rectifier)</i>	49
4.6.2	Simulasi <i>Double Diode Rectifier (Full Wave Rectifier)</i>	50
4.7	Fabrikasi Antena dan <i>Rectifier</i>	52

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS RECTENNA.....	54
5.1 Tinjauan Umumn	54
5.2 Pengujian <i>Return Loss</i> Antena	54
5.2.1 Tujuan Pengukuran <i>Return Loss</i> Antena.....	54
5.2.2 Peralatan yang digunakan Untuk Pengujian <i>Return Loss</i> Antena.....	55
5.2.3 Prosedur Pengujian <i>Return Loss</i> Antena.....	55
5.2.4 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> Antena	56
5.3 Perhitungan VSWR Antena	58
5.3.1 Tujuan Perhitungan VSWR Antena	58
5.3.2 Prosedur Perhitungan VSWR Antena	58
5.3.3 Hasil Perhitungan VSWR Antena.....	59
5.4 Pengukuran <i>gain</i> Antena	60
5.4.1 Tujuan Pengujian <i>gain</i> Antena.....	60
5.4.2 Peralatan yang digunakan Untuk Pengujian <i>gain</i> Antena.....	60
5.4.3 Prosedur Pengujian <i>gain</i> Antena.....	60
5.4.4 Hasil Pengukuran <i>gain</i> Antena.....	62
5.5 Pengukuran Tegangan <i>Output Rectifier</i>	63
5.5.1 Tujuan Pengukuran Tegangan <i>Output rectifier</i>	63
5.5.2 Peralatan yang digunakan Untuk Pengujian <i>Output Rectifier</i>	64
5.5.3 Prosedur Pengujian Tegangan <i>Output Rectifier</i>	64
5.5.4 Hasil Pengukuran Tegangan <i>Output Rectifier</i>	64
5.6 Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	67
5.6.1 Tujuan Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	67
5.6.2 Peralatan yang digunakan Untuk Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	67
5.6.3 Prosedur Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	67
5.6.4 Hasil Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	68
5.7 Analisis Perbandingan Kinerja <i>Output Rectenna</i>	71
BAB VI PENUTUP.....	73
6.1 Kesimpulan	73
6.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN	76

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Bentuk umum polarisasi	6
Gambar 2.2.	Gelombang dengan polarisasi <i>linear</i>	6
Gambar 2.3. (a)	Pola radiasi antena	8
(b)	Pola radiasi antena dalam sumbu <i>square</i>	8
Gambar 2.4.	Terminal referensi dan rugi-rugi antena	9
Gambar 2.5.	Struktur antena mikrostrip	13
Gambar 2.6.	Macam-macam bentuk antena mikrostrip	14
Gambar 2.7.	Geometri antena mikrostrip <i>rectangular patch</i>	14
Gambar 2.8.	Antena sebagai <i>device</i> transisi pengubah energi elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya	17
Gambar 2.9.	Penampang melintang saluran mikrostrip dan distribusi medan magnetik H dan medan listrik E	18
Gambar 2.10.	Blok diagram <i>rectenna</i>	18
Gambar 2.11.	<i>Half wave rectifier</i>	19
Gambar 2.12.	<i>Output signal half wave rectifier</i>	19
Gambar 2.13.	<i>Full wave rectifier</i>	20
Gambar 2.14.	<i>Output signal half wave rectifier</i>	20
Gambar 2.15.	<i>Top view HSMS-2820 S)T 23 single</i>	21
Gambar 3.1.	Diagram alir metodologi	22
Gambar 3.2.	Diagram alir perhitungan dimensi antena	25
Gambar 3.3.	Diagram alir perencanaan dan pembuatan <i>rectenna</i>	26
Gambar 4.1. (a)	Tampak depan geometri antena mikrostrip <i>rectangular patch</i>	33
(b)	Tampak belakang geometri antena mikrostrip <i>rectangular patch</i>	33
Gambar 4.2.	Gambar 3D distribusi <i>gain</i> antena mikrostrip <i>rectangular patch</i>	39
Gambar 4.3. (a)	Tampak depan antena mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	41
(b)	Tampak belakang antena mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	42
Gambar 4.4.	Gambar 3D distribusi <i>gain</i> antena mikrostrip <i>rectangular patch array</i> ...	46
Gambar 4.5.	<i>Layout</i> perancangan <i>rectenna</i>	47
Gambar 4.6.	<i>Impedance Matching Circuit (IMC)</i>	48

egukuran *rectenna*



DAFTAR GRAFIK

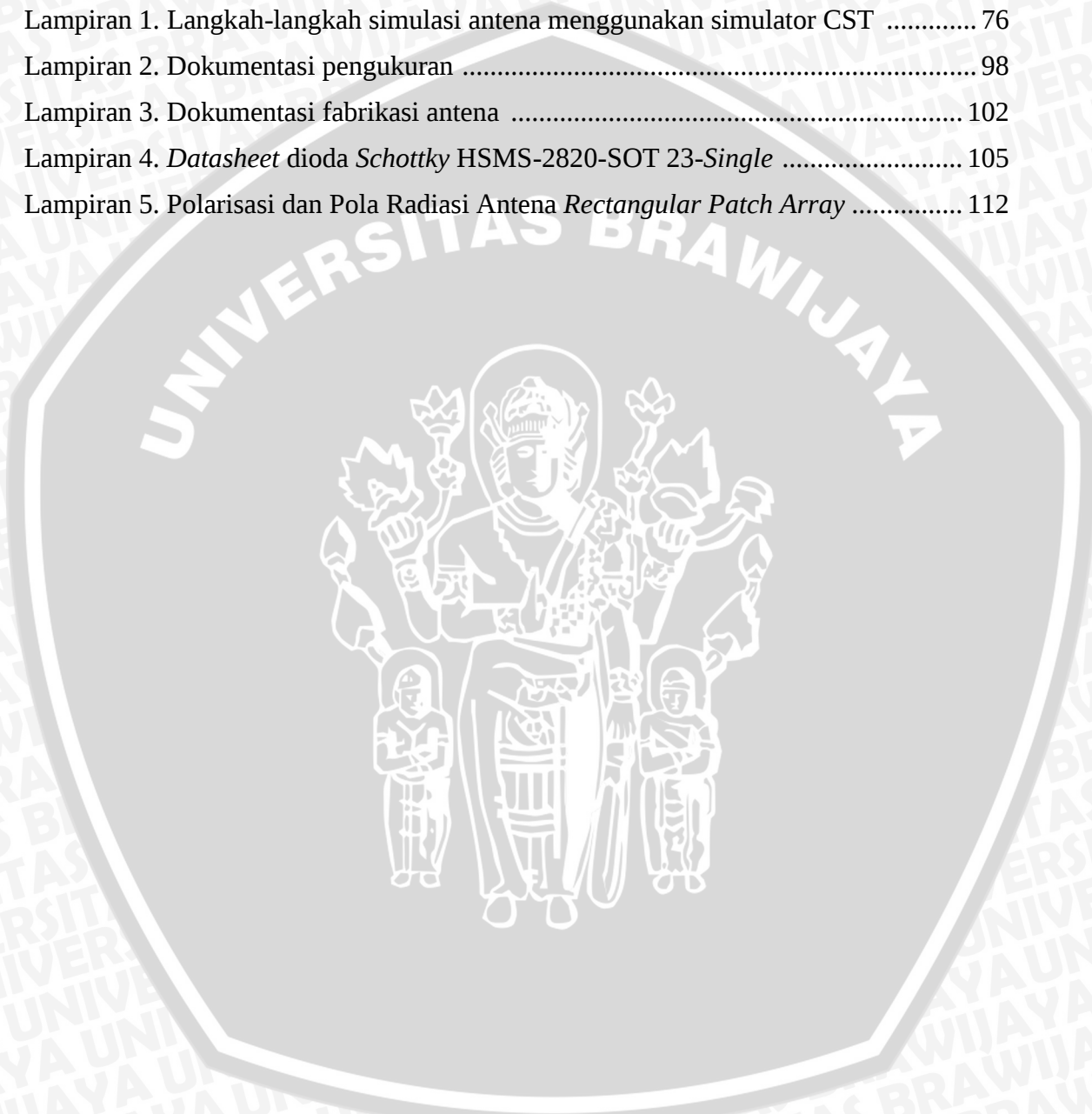
No.	Judul	Halaman
	Grafik 4.1. <i>Return loss</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch</i> sebelum optimasi	34
	Grafik 4.2. VSWR antenna mikrostrip <i>rectangular patch</i> sebelum optimasi	34
	Grafik 4.3. <i>Return loss</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch</i> setelah optimasi	37
	Grafik 4.4. VSWR antenna mikrostrip <i>rectangular patch</i> setelah optimasi	38
	Grafik 4.5. <i>Gain</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch</i>	40
	Grafik 4.6. <i>Return loss</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	43
	Grafik 4.7. VSWR antenna mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	44
	Grafik 4.8. <i>Gain</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	45
	Grafik 4.9. Tegangan <i>output single diode rectifier</i> yang terukur pada simulasi	50
	Grafik 4.10. Tegangan <i>output double diode rectifier</i> yang terukur pada simulasi	51
	Grafik 5.2. Grafik pengujian <i>Return Loss</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch array</i> ..	57
	Grafik 5.2. Grafik pengujian VSWR antenna mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	59
	Grafik 5.3. Grafik pengujian <i>Gain</i> antenna mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	63
	Grafik 5.4. Grafik tegangan <i>output rectifier</i> dengan masukan <i>function generator</i>	65
	Grafik 5.5. (a) Grafik pengukuran tegangan <i>output DC</i> hasil konversi <i>rectenna</i> 1m	69
	Grafik 5.6. (b) Grafik pengukuran tegangan <i>output DC</i> hasil konversi <i>rectenna</i> 2m ...	69
	Grafik 5.7. (c) Grafik pengukuran tegangan <i>output DC</i> hasil konversi <i>rectenna</i> 3m	69
	Grafik 5.8. (d) Grafik pengukuran tegangan <i>output DC</i> hasil konversi <i>rectenna</i> 4m ...	70
	Grafik 5.9. (e) Grafik pengukuran tegangan <i>output DC</i> hasil konversi <i>rectenna</i> 5m	70
	Grafik 5.6. Grafik variasi jarak pengukuran tegangan <i>output rectenna</i>	72

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1.	Tabel dimensi perancangan <i>rectangular patch</i>	33
Tabel 4.2.	Tabel optimasi dimensi <i>ground plane</i> antena <i>rectangular patch</i>	35
Tabel 4.3.	Tabel optimasi dimensi saluran transmisi antena <i>rectangular patch</i>	36
Tabel 4.4.	Tabel <i>return loss</i> antena <i>rectangular patch</i>	37
Tabel 4.5.	Tabel dimensi antena <i>rectangular patch</i> setelah optimasi	38
Tabel 4.6.	Tabel VSWR antena <i>rectangular patch</i>	39
Tabel 4.7.	Tabel <i>gain</i> antena <i>rectangular patch</i>	40
Tabel 4.8.	Tabel penentuan jarak antar <i>patch</i> antena <i>rectangular patch array</i>	42
Tabel 4.9.	Tabel dimensi antena <i>rectangular patch array</i>	43
Tabel 4.10.	Tabel <i>return loss</i> antena <i>rectangular patch array</i>	44
Tabel 4.11.	Tabel VSWR antena <i>rectangular patch array</i>	45
Tabel 4.12.	Tabel <i>gain</i> antena <i>rectangular patch array</i>	46
Tabel 4.13.	Tabulasi hasil simulasi perbandingan antena mikrostrip <i>rectangular patch</i> dengan antena mikrostrip <i>rectangular patch array</i>	47
Tabel 4.14.	Tabel Tegangan <i>output rectifier</i> hasil simulasi	52
Tabel 5.1.	Hasil Pengukuran <i>return loss</i> antena uji	57
Tabel 5.2.	Hasil Perhitungan VSWR antena uji	59
Tabel 5.3.	Hasil pengukuran <i>gain</i> antena uji	62
Tabel 5.4.	Hasil uji konversi <i>rectenna</i> dengan masukan <i>Function Generator</i>	66
Tabel 5.5.	Tabulasi Perbandingan simulasi dan pengukuran <i>rectenna</i>	71
Tabel 5.6.	Tabulasi Perbandingan simulasi dan pengukuran <i>antenna</i>	72

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Langkah-langkah simulasi antena menggunakan simulator CST	76
Lampiran 2.	Dokumentasi pengukuran	98
Lampiran 3.	Dokumentasi fabrikasi antena	102
Lampiran 4.	<i>Datasheet</i> dioda <i>Schottky</i> HSMS-2820-SOT 23-Single	105
Lampiran 5.	Polarisasi dan Pola Radiasi Antena <i>Rectangular Patch Array</i>	112



ABSTRAK

Dirton Ben Gurion Parubak Putra, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2014, *Rancang Bangun Antena Penyearah (Rectifier Antena) Untuk Pemanen Eenergi Elektromagnetik Pada Frekuensi GSM 1800 MHz*, Dosen Pembimbing : Rudy Yuwono, S.T., M.Sc. dan Mohd. Fauzan Edy Purnomo, S.T., M.T.

Antena Penyearah (*rectifier antenna*) merupakan sebuah *device* antena yang diintegrasikan dengan sebuah rangkaian *rectifier* yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi gelombang RF menjadi tegangan DC. Antena mikrostrip pada *rectenna* dapat berfungsi untuk menangkap gelombang elektromagnetik kemudian diubah menjadi gelombang AC dan kemudian oleh *rectifier* akan didaur ulang lagi menjadi gelombang DC dalam bentuk tegangan. Untuk merancang dan membuat sebuah *rectenna*, maka di perlukan juga perancangan sebuah antena mikrostrip dan rangkaian *rectifier* yang mampu bekerja pada frekuensi yang di inginkan.

Penelitian Skripsi kali ini akan merancang sebuah *rectenna* yang mampu mendaur ulang energi gelombang elektromagnetik radio frekuensi GSM 1800 MHz kemudian mengubahnya menjadi tegangan DC murni. Perancangan dimensi antena mikrostrip pada penelitian skripsi ini diperoleh melalui perhitungan dan optimasi serta dilakukan simulasi, dan perancangan komponen rangkaian *rectifier* diperoleh melalui simulasi rangkaian. Fabrikasi antena mikrostrip ini menggunakan bahan *Phenolic White Paper* – FR4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5. Hasil pengukuran *rectenna* menunjukkan bahwa *rectenna* tersebut mampu bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz dengan *bandwidth* sebesar 50 MHz. Dan nilai tegangan *output* hasil konversi terbaik dari *rectenna* yaitu sebesar 0.4 mV, pada frekuensi GSM 1800 MHz.

Kata Kunci : *Rectenna, Antena, Rectifier, GSM*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini cukup banyak perangkat telekomunikasi yang bermunculan terutama dari perangkat *wireless* menggunakan teknik pencatutan dengan daya yang rendah (S.Meninger, 1999). Sistem pencatutan yang digunakan perangkat-perangkat *wireless* telekomunikasi tersebut agar dapat tetap beroperasi umumnya menggunakan baterai, *kopling magnetic* atau *solar cell*. Dari teknik yang sudah ada tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan. Contohnya saja menggunakan baterai, *life time*-nya yang sangat terbatas, termasuk untuk perangkat *low-power batteries* juga membutuhkan penggantian secara periodik.

Keterbatasan teknik catutan tersebut disusul dengan kebutuhan energi untuk berbagai macam jenis perangkat telekomunikasi yang baru, maka lahirlah teknik *energy harvesting*. Konsep utama dari teknik *energy harvesting* adalah pendekatan dengan mengambil energi yang ada dari berbagai sumber daya untuk meningkatkan fungsi baterai atau dapat dikatakan melakukan fungsi operasi tanpa baterai (Barrack J., Michael, 2008). Teknologi ini menjelaskan tentang bagaimana mengirimkan catutan melewati media tanpa kabel atau *wireless*. Dan akhirnya teknologi catutan *wireless* ini semakin berkembang hingga saat ini.

Teknik *energy harvesting* hadir sebagai teknik dengan sumber energi yang ramah lingkungan (Vullers, 2008), yang merupakan alternatif yang menjanjikan dengan memanfaatkan sumber energi yang ada dan dapat diintegrasikan pada sebuah *rectifier* dan sebuah antena. Ada pula energi yang termasuk di dalam *energy harvesting* adalah pemanfaatan tenaga surya yang lebih dikenal sebagai panel surya.

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah *rectenna* (*rectifier antenna*) sebagai pengubah gelombang elektromagnetik menjadi tegangan *output* DC yang memanfaatkan frekuensi GSM 1800 MHz. Dimana sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian mengenai aplikasi *rectenna* itu sendiri seperti pada UHF-RFID (Raymond E. Barnett, 2009), *biomedical devices* (J. Paulo, 2010), frekuensi Wi-Fi (Jiadong, 2008) serta *Wireless Sensor Networks* (Tudose, 2013). Tetapi belum meneliti lebih jauh pada frekuensi GSM 1800 MHz itu sendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada skripsi ini adalah :

- 1) Bagaimana merancang antenna mikrostrip sehingga antenna tersebut dapat bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz.
- 2) Bagaimana cara merancang dan membuat *Rectenna (Rectifier Antenna)* sehingga dapat mengubah gelombang elektromagnetik kemudian menjadi tegangan keluaran (*output*) DC.
- 3) Bagaimana pengukuran tegangan keluaran (*output*) DC yang dihasilkan oleh *Rectenna* serta bagaimana menganalisis hasil *output* tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan untuk membahas perancangan *Rectenna* yang bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz melalui simulasi dengan menggunakan program simulator CST dan Multisim 11. Dengan batasan sebagai berikut :

- 1) Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik serta rugi-rugi di udara ataupun di ruang bebas.
- 2) Tidak membahas mengenai pola perambatan, pola radiasi, polarisasi serta parameter – parameter pada sebuah antenna secara rinci.
- 3) Tidak membahas karakteristik alat ukur dan sarana pendukungnya.
- 4) Antena yang dirancang sebagai penerima adalah antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz, dan antenna yang akan di gunakan adalah yang memiliki performansi terbaik dengan parameter antenna yang diukur meliputi, *Return Loss*, *Bandwidth*, *VSWR* dan *gain*.
- 5) Menggunakan rumus dasar perancangan antenna mikrostrip dan saluran transmisi dan tidak membahas tentang penurunan rumus dari semua rumus yang digunakan.
- 6) Tidak membahas mengenai komponen penyusun *device* dari *rectifier* secara lebih rinci dan mendalam.
- 7) Tidak membahas mengenai teknologi GSM 1800 MHz secara lebih rinci dan mendalam.

1.4 Tujuan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sebuah *Rectenna* (*Rectifier Antenna*) yang digunakan untuk memanen energi gelombang elektromagnetik yang bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz dan mengubahnya menjadi *output* tegangan DC.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung permasalahan yang diungkapkan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Memberikan penjelasan tentang metode yang digunakan dalam skripsi ini, meliputi metode pengambilan data, pengolahan serta analisis data.

BAB IV : PERANCANGAN DAN REALISASI RECTENNA

Memuat proses perancangan, simulasi dan pembuatan antena dan *rectifier*.

BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS RECTENNA

Berisi mengenai perencanaan *rectenna* sebagai pengubah gelombang elektromagnetik menjadi *output* DC pada frekuensi GSM 1800 MHz.

BAB VI : PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil analisis dan saran berdasarkan apa yang telah dianalisis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Dasar *Rectenna*

Rangkaian penyearah gelombang (*rectifier*) digunakan untuk menyearahkan gelombang elektromagnetik yang ditangkap oleh antena. Gelombang elektromagnetik yang tersebar di udara merupakan merupakan sinyal AC (bolak-balik) yang nilainya tidak stabil sehingga untuk memanfaatkannya maka gelombang elektromagnetik tersebut perlu disearahkan menjadi sinyal DC yang nilainya relatif stabil (Firmansyah, Faizal, 2012: 1).

Antena merupakan instrumen yang penting dalam suatu sistem komunikasi radio. Antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemandu (dapat berupa kabel koaksial atau pemandu gelombang/*Waveguide*) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Berdasarkan hal ini maka antena dibedakan menjadi antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005 :17).

Jadi, secara sederhana *rectenna* merupakan antena yang dintegrasikan dengan sebuah rangkaian *rectifier*, atau juga dapat dikatakan sebagai perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi gelombang RF menjadi tegangan DC.

2.2. Parameter Dasar Antena

Untuk menjelaskan unjuk kerja dari suatu antena, terlebih dahulu perlu memahami parameter-parameter antena itu sendiri. Parameter-parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi kinerja suatu antena.

2.2.1 Impedansi Terminal Antena

Impedansi terminal antena perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antena. Secara umum impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada terminalnya atau

perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 2005: 80) :

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

dengan :

Z_A = Impedansi terminal antenna (Ω)

R_A = Resistansi terminal antenna (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antenna (Ω)

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

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

sehingga diperoleh :

$$Z_{ant} = Z_0 \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-3)$$

dengan :

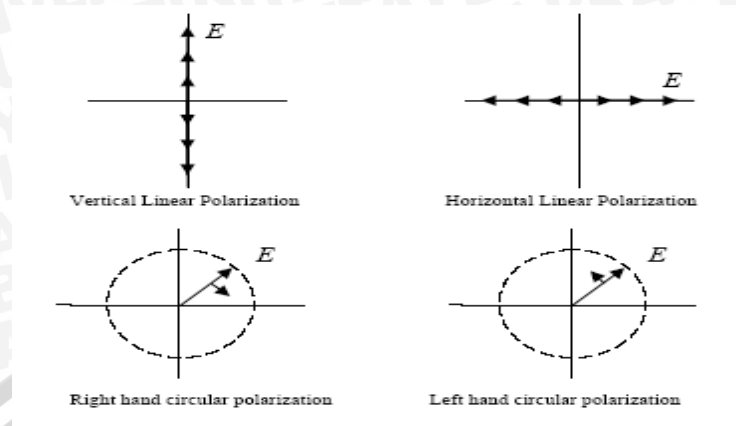
Z_{ant} = impedansi antenna (Ω)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.2.2 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antenna yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antenna. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antenna dalam arah tertentu. Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, elips. Jika vektor, yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu, selalu searah sepanjang garis lurus, maka medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005: 72).

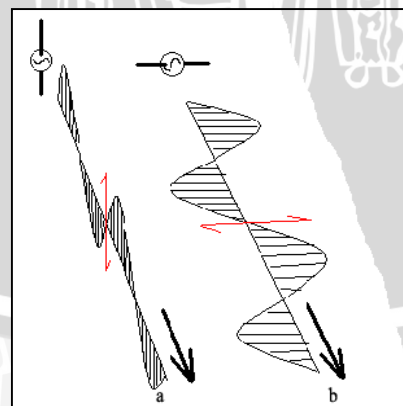


Gambar 2.1 - Bentuk umum polarisasi

Sumber : Punit S. Nakar, 2004: 21

Secara umum medan elektrik antenna total (medan E) mempunyai dua komponen dalam satu bidang. Dua komponen medan E ini mungkin mempunyai besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antenna, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antenna yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan (*mismatch*) polarisasi.

Polarisasi linier terbagi menjadi dua macam bentuk, yaitu polarisasi linier secara horisontal dan secara vertikal.



Gambar 2.2 - Gelombang dengan polarisasi linier: (a) vertikal, (b) horisontal.

Sumber : www.signalengineering.com

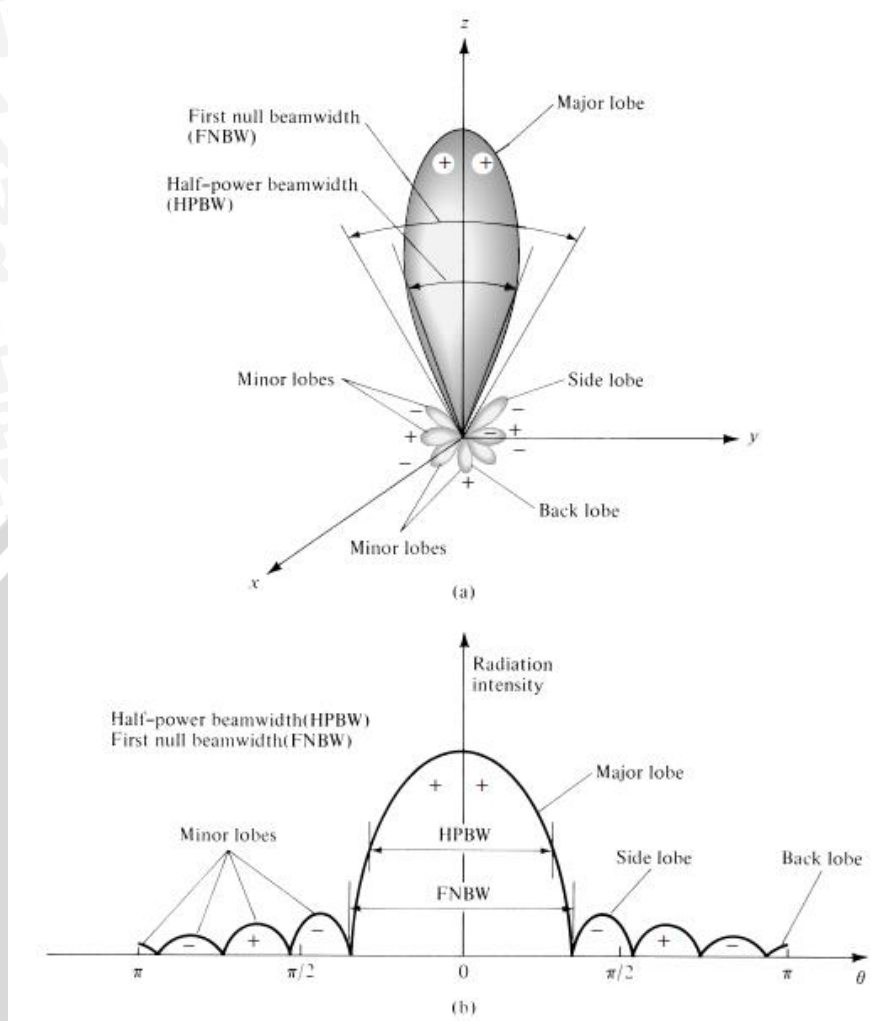
2.2.3 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna didefinisikan sebagai 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, 2005: 27). Karakteristik antenna seperti *beamwidth*, *Front to Back Ratio (F/B)* akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya.

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi *Isotropic*, *Directional*, dan *Omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antenna tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding dalam semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna *directional* adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang EM yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna *omnidirectional* adalah antenna yang mempunyai pola *directional* pada suatu bidang tertentu dan pola *non-directional* pada bidang tegak lurus lainnya.

Pengukuran pola radiasi dilakukan dari sudut 0° sampai 360° . Hasil perhitungan dapat diplot pada grafik 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 respon sebagai fungsi koordinat sudut (θ, ϕ) pada radius konstan.



Gambar 2.3 - (a) Pola Radiasi Antena, (b) Pola Radiasi Antena dalam Koordinat Square

Sumber : Balanis, 2005: 30

2.2.4 Penguatan Daya Antena (*Gain*)

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antenna adalah *gain*. Walaupun *gain* sangat berhubungan dengan keterarahan, pengukuran *gain* memperhitungkan efisiensi antenna maupun keterarahannya. *Gain* antenna didefinisikan sebagai “perbandingan antara intensitas radiasi yang diberikan pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang didapatkan oleh antenna bila diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi yang dipancarkan secara isotropis sama dengan daya yang diterima oleh antenna dibagi dengan 4π dengan persamaan (Balanis, 2005 : 65) :

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-4)$$

Gain pada antenna dibedakan menjadi dua, yaitu *absolute gain* dan *relative gain*.

Absolute gain suatu antenna (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antenna pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antenna diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antenna dibagi dengan 4π .

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-5)$$

dengan:

G = *gain* antenna (dB)

U_m = intensitas radiasi antenna (watt)

P_{in} = daya *input* total yang diterima oleh antenna (watt)

Relative gain suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antenna referensi dalam arah acuannya (dengan catatan bahwa kedua antenna mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antenna referensi yang digunakan berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi.

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-6)$$

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada *amplifier*. Penguatan daya disini mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktisnya *gain* antenna biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antenna standar dipole $\frac{1}{2} \lambda$ yang kira-kira 1,64 kali atau 2,15 dB dibandingkan dengan suatu radiator isotropis. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah :

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-7)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-8)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-9)$$

dengan :

G = gain antenna uji (dB)

P_U = daya yang diterima antenna uji (W)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.2.5 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 (Balanis, 2005: 65) :

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-10)$$

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan :

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (2-11)$$

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (2-12)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

Nilai VSWR mempunyai keterkaitan yang erat dengan frekuensi acuan (f_r) antenna yang akan dirancang. Keterkaitan ini dapat dilihat pada hasil penurunan rumus VSWR dan juga dapat diamati pada nilai VSWR yang dihasilkan oleh antenna perancangan pada saat simulasi dan saat pengukuran. Sebelum melakukan simulasi antenna, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan (f_r) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2-13)$$

Setelah dimensi antenna diperoleh, dapat diamati melalui simulasi software atau pengukuran bahwa nilai VSWR dan *return loss* yang terbaik berada pada range

frekuensi perencanaan. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi kerja antenna berpengaruh terhadap *matching impedance*, dimana kondisi paling *match* berada pada kisaran frekuensi kerja yang direncanakan. *Matching impedance* berkaitan dengan koefisien refleksi (Γ), yang mana persamaan koefisien pantul adalah (balanis: 2005,100):

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2-14)$$

Kemudian, dari koefisien pantul inilah, dapat diketahui dan diamati hubungan dan keterkaitan frekuensi acuan dengan nilai VSWR itu sendiri sesuai persamaan (2-10). Nilai VSWR yang baik akan dihasilkan pada *range* frekuensi acuan dari antenna perancangan, sedangkan di luar frekuensi acuan antenna, begitu pula sebaliknya.

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

2.2.6 Return Loss

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

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*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) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-15)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-16)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara transmitter dan antenna, 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 dipantulkan.

2.2.7 Bandwidth

Bandwidth antenna didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi antenna dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Untuk *Broadband* antenna, lebar bidang dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antenna, maka lebar bidang antenna dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang (Balanis, 2005: 47).

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

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-17)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (2-18)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-19)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

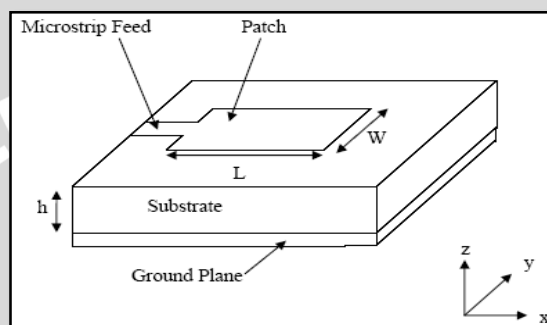
f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.3. Bentuk Umum Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip didefinisikan sebagai salah satu jenis antenna yang mempunyai bentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/kecil dan terdiri atas elemen peradiasi (*patch*), substrat, dan *ground plane*. *Patch* bisa memiliki berbagai macam bentuk seperti lingkaran, segitiga, kotak atau

persegi panjang. Pada umumnya antenna mikrostrip tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Antena mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan *X Band* (5,2 GHz – 10,9 GHz) sehingga, antena mikrostrip dapat digunakan untuk antena telepon selular/nirkabel maupun komunikasi satelit (Fajar, 2009: 2).



Gambar 2.5 - Struktur Antena Mikrostrip.

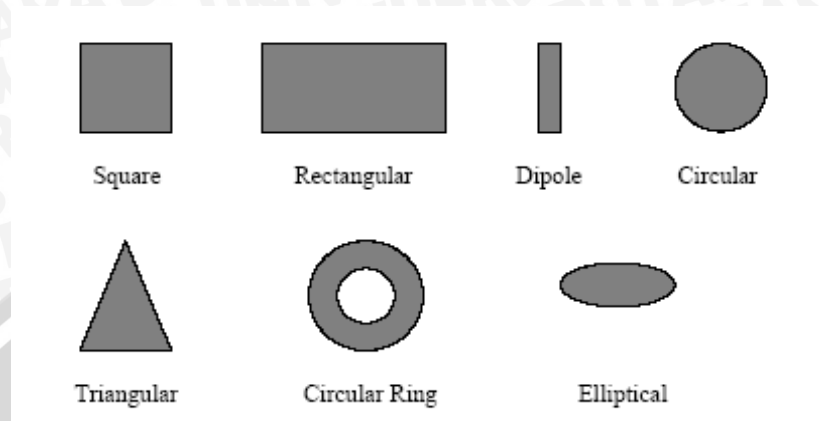
Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 40

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

Beberapa keuntungan dari antena mikrostrip adalah:

1. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.
2. Biaya fabrikasi yang murah.
3. Mendukung polarisasi linear dan sirkular.
4. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)
5. Kemampuan dalam *dual frequency*.

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk geometri. Dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti terdapat pada Gambar 6.

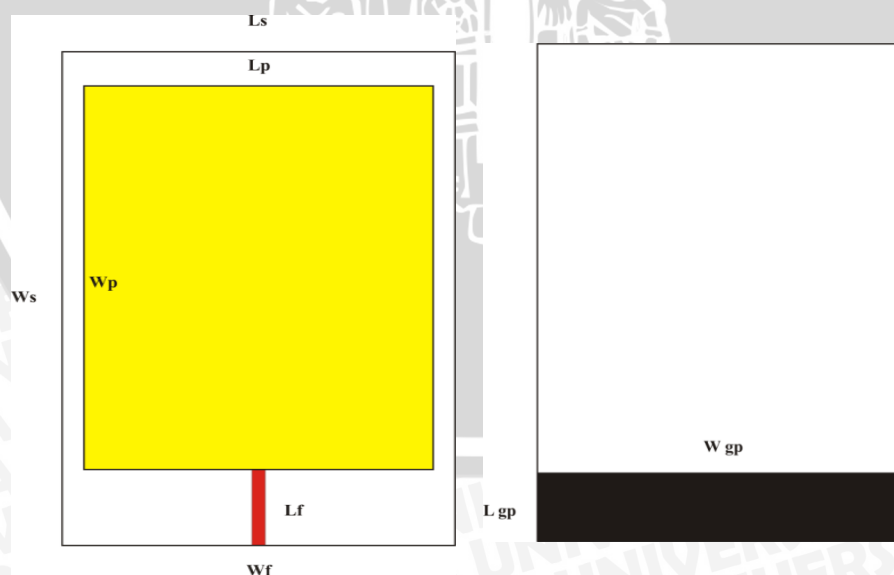


Gambar 2.6 - Macam-macam bentuk elemen mikrostrip.

Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 32

2.3.1 Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Antena yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Antena Mikrostrip *rectangular patch*. Pemilihan bentuk geometri *rectangular patch* dikarenakan cukup mudah dalam proses fabrikasinya, dan juga mempunyai perhitungan dimensi yang lebih presisi dari bentuk geometri yang lainnya. Gambar 2.7 merupakan konfigurasi dasar antena mikrostrip *rectangular patch*.



Gambar 2.7 - Geometri antenna mikrostrip *rectangular patch*.

Sumber : Rawan Nugraha, 2012 : 13

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} (m) \quad (2-20)$$

keterangan:

λ_0 = panjang gelombang diruang bebas (m)

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

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam menghitung dimensi antena *rectangular patch* adalah sebagai berikut.

$$W = \frac{2}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}, \quad (2-21)$$

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right) \quad (2-22)$$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2-23)$$

Keterangan :

W = Panjang *Patch* (m)

L = Lebar *Patch* (m)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

ϵ_{eff} = permitivitas dielektrik efektif substrat (F/m)

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

f_r = frekuensi acuan (Hz)

h = ketebalan substrat (mm)

Untuk Lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Liang J, 2004):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-24)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-25)$$

Keterangan :

W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

h = ketebalan substrat (m)

ϵ_r = konstanta dielektrik relatif substrat (F/m)

Untuk panjang saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$L_0 = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-26)$$

$$\lambda_d = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \text{ (m)} \quad (2-27)$$

keterangan:

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

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

L_0 = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip dapat dicari melalui persamaan berikut: (Punit S. Nakar, 2004: 51)

$$L_g = 6h + L \quad (2-28)$$

$$W_g = 6h + W \quad (2-29)$$

Keterangan :

L_g = panjang sisi minimum *ground plane* (m)

W_g = lebar sisi minimum *ground plane* (m)

L = panjang *patch* persegi (m)

W = lebar *patch* persegi (m)

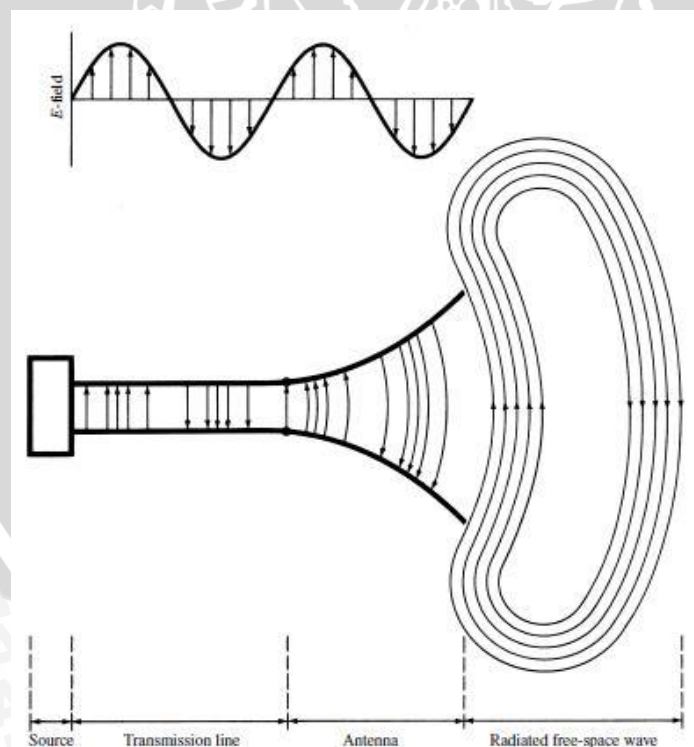
h = ketebalan substrat (m)

2.3.2 Proses Energi RF menjadi Energi Elektrik oleh Antena

Antena merupakan sebuah *device* yang mengubah gelombang elektrik dari saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik di ruang bebas, dan

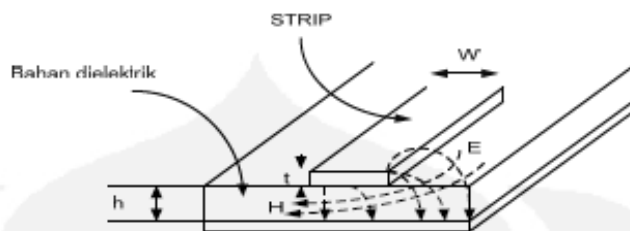
sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak berhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan yang *uniform* sepanjang saluran itu. Jika saluran ini dihubungkan singkat maka akan muncul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi - konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini beresilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap periode gelombang itu.

Pada gambar 2.8 memperlihatkan sumber atau pemancar yang dihubungkan dengan saluran transmisi ke antenna. Di daerah antenna energi diteruskan ke ruang bebas sehingga daerah ini merupakan transisi antara gelombang terbimbing dengan gelombang bebas. Begitu pula sebaliknya, apabila antenna bekerja sebagai penerima.



Gambar 2.8 - Antena sebagai *device* transisi pengubah energi Elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya

Sumber : Balanis, 2005: 2

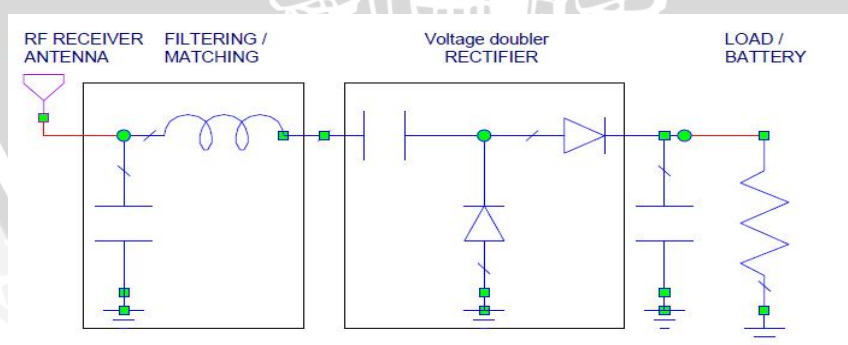


Gambar 2.9 - Penampang melintang saluran mikrostrip dan distribusi medan magnetik H dan medan listrik E

Sumber : Balanis, 2005: 817

2.4. Rangkaian Penyearah (Rectifier)

Rectifier adalah alat elektronika yang berfungsi mengubah atau mengkonversi tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasi secara *forward bias*. Dalam sebuah *power supply* tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut diubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu diturunkan menggunakan transformator *stepdown*. Pada gambar 2.10, ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu *power supply* yaitu, penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang /*rectifier* (dioda) dan filter.

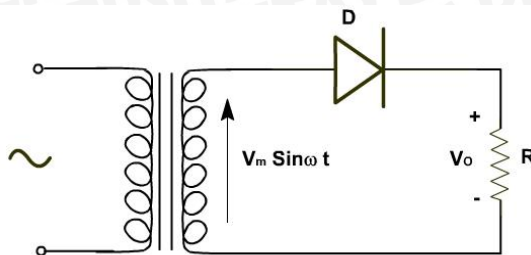


Gambar 2.10 - Blog Diagram *Rectenna*

Sumber : Barcak, J.Michael, 2008 : 1

Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

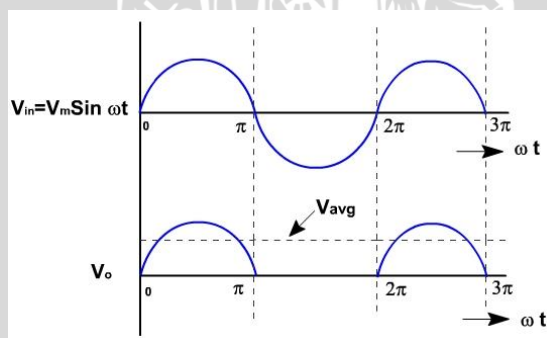
2.4.1 Penyearah Setengah Gelombang (*Half Wave rectifier*)



Gambar 2.11 - Half wave rectifier

Sumber : www.elektronika-dasar.web.id

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) seperti pada gambar 2.11, hanya menggunakan satu buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan *output* sisi positif dari gelombang AC maka dioda dalam keadaan *forward* bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi *reverse* bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar 2.12 sinyal *output* penyearah setengah gelombang berikut (Elektronika Dasar, 2012 : 1).

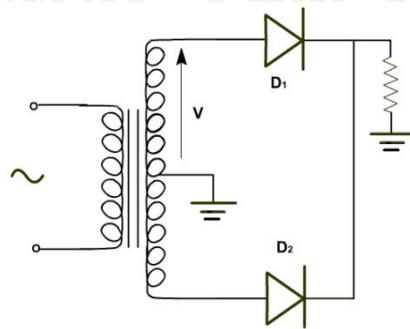


Gambar 2.12 - Output signal Half wave rectifier

Sumber : www.elektronika-dasar.web.id

2.5.2 Penyearah Gelombang Penuh (*Full Wave rectifier*)

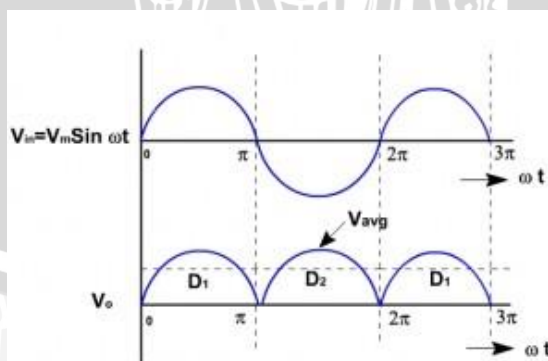
Penyearah gelombang dengan menggunakan 2 dioda serta menggunakan tranformator dengan CT (*Center Tap*). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Full Wave Rectifier (2 dioda)

Sumber : www.elektronika-dasar.web.id

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada gambar di atas dapat memberikan *output* tegangan AC pada kedua terminal output sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa 180° . Pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak positif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi *forward* dan D2 pada posisi *reverse*. Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemudian pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi *reverse* dan D2 pada posisi *forward*. Sehingga sinyal puncak positif dilewatkan melalui D2 (Elektronika Dasar, 2012 : 1). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.14.



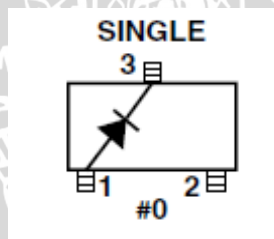
Gambar 2.14 - Output Signal Full Wave Rectifier (2 dioda)

Sumber : www.elektronika-dasar.web.id

2.5. Schottky Diode

Dioda merupakan sebuah komponen elektronika dengan 2 terminal (anoda dan katoda) dan terbentuk dari dua jenis semikonduktor (silikon jenis N dan silikon jenis P) yang tersambung. Bahan ini mampu dialiri arus secara relatif mudah dalam satu arah. Dioda dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran serta amat berguna. Dari pengertian dioda, maka pada simbol dioda terdapat tanda menyerupai anak panah yang menunjukkan arah aliran arus listrik.

Dioda yang akan digunakan pada rangkaian penyearah tegangan merupakan *dioda schottky*. *Dioda Schottky* merupakan tipe khusus dari dioda yang mampu dialiri tegangan yang relatif rendah (*Datasheet Dioda HSMS-282X :1*). Ketika arus mengalir melalui dioda akan ditahan oleh hambatan internal, yang menyebabkan tegangannya menjadi kecil di terminal dioda. Tipe dioda *shottky* yang penulis pakai dalam penelitian ini adalah HSMS-2820-SOT 23- *Single* seperti pada gambar 2.15.



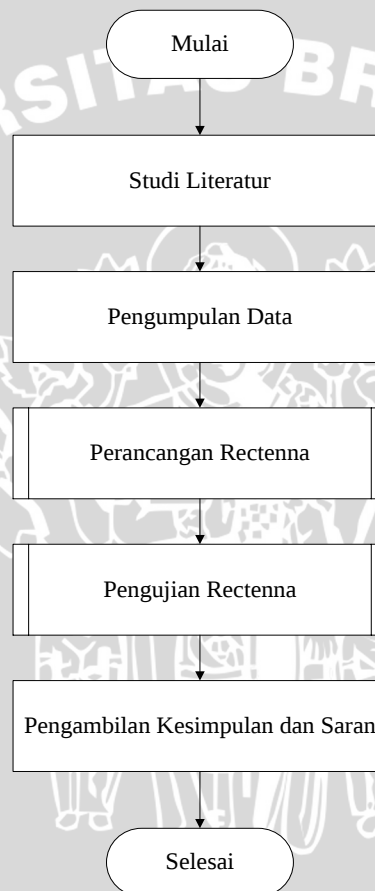
Gambar 2.15 - Top View HSMS-2820-SOT 23 Single

Sumber : *Datasheet Dioda HSMS-2820*

HSMS-282x Avago DC telah dirancang dan dioptimalkan untuk untuk frekuensi dari 915 MHz – 5,8 GHz. Cocok untuk frekuensi GSM dan aplikasi *Tag* RF serta deteksi sinyal besar, modulasi, RF konversi DC atau penggandaan tegangan (*Datasheet Dioda HSMS-282X :1*).

BAB III METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan antena penyearah (*rectifier antenna*) mikrostrip *rectangular patch array* dengan frekuensi kerja GSM 1800 MHz. Adapun metodologi yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 - Diagram alir metodologi

Sumber : Perencanaan

3.1. Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik, analisis dan desain antena mikrostrip *rectangular patch array* yang bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz serta kajian pustaka untuk memahami analisis desain *rectifier* sehingga dapat menghasilkan output DC apabila diberi masukan sebuah tegangan AC.

3.2. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah berupa data primer dan data sekunder.

a. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari simulasi hasil dan pengukuran secara praktik.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur (buku, jurnal-jurnal, dan internet). Data sekunder lain yang diperlukan dalam kajian ini adalah:

Spesifikasi dari dimensi substrat antenna, meliputi :

- 1) Bahan substrat yang digunakan adalah Epoxy fiberglass – FR4.
- 2) Konstanta dielektrik relatif substrat Epoxy fiberglass – FR4.
- 3) Ketebalan lapisan dielektrik substrat Epoxy fiberglass – FR4.

Spesifikasi dari bahan pelapis substrat (konduktor), yang meliputi :

- 1) Konduktor yang digunakan adalah tembaga.
- 2) Konduktivitas tembaga.

3.3. Perancangan dan Simulasi *Rectenna (Rectifier Antenna)*

Perancangan antenna mikrostrip *rectangular patch array* dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur, begitu pula dengan perancangan rangkaian penyearah tegangan (*rectifier*). Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan *software* perancangan untuk mengetahui parameter antenna serta *rectifier* tersebut. *Software* yang akan digunakan pada perancangan antenna adalah *Software Simulator CST 2010* sedangkan *Software Multisim 2011* akan digunakan untuk melakukan simulasi perancangan pada *rectifier* untuk mengetahui nilai tegangan awal yang akan menjadi acuan pada saat pengukuran *rectifier* pada *Function Generator*. Tahap perancangan dan simulasi *rectifier* dan antenna ini penting, untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan.

Untuk mensimulasikan antenna dan *rectifier* pada *software* CST 2010 dan Multisim 11, terlebih dahulu akan ditentukan spesifikasi antenna dan *rectifier* yang akan dirancang serta spesifikasi bahan substrat yang akan dipakai untuk merancang antenna tersebut. Bahan substrat yang digunakan pada simulasi dan perancangan antenna adalah :

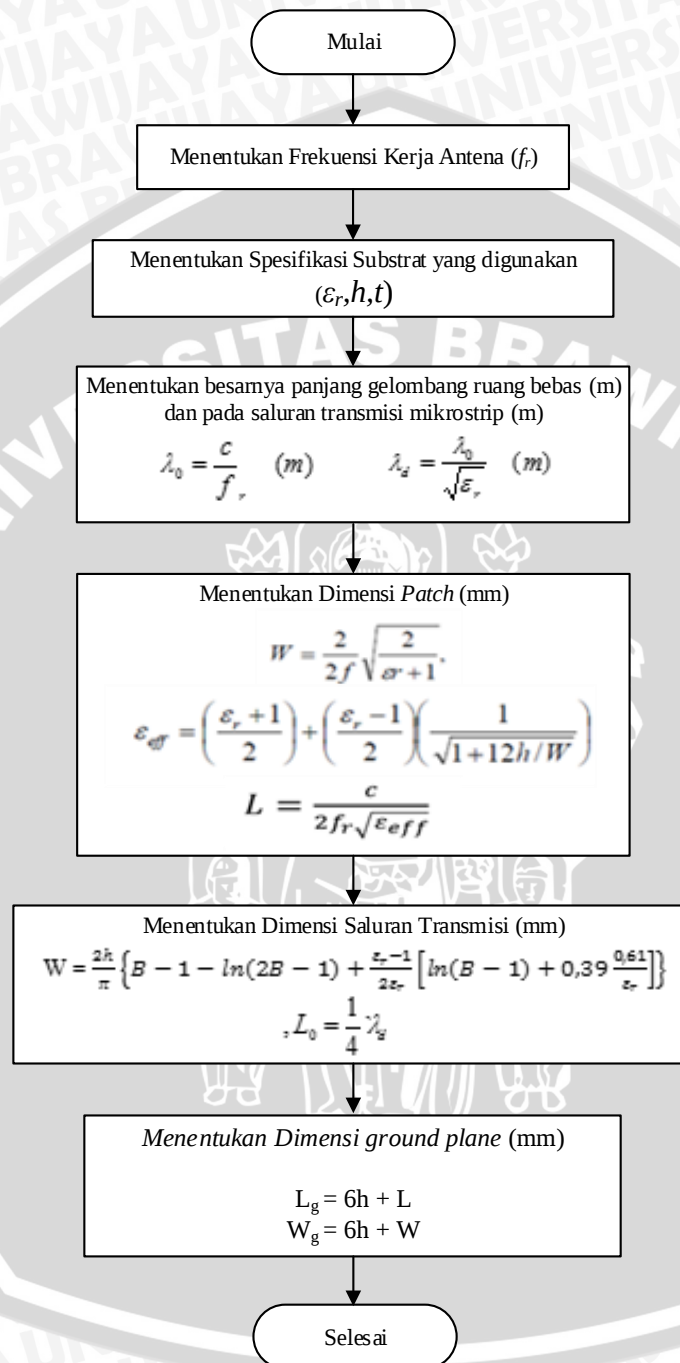
- Bahan Epoxy fiberglass - FR 4
 - Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
 - Ketebalan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm
 - Loss *tangen* ($\tan \delta$) = 0,018
- Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:
 - Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m
 - Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹
 - Impedansi karakteristik saluran (Z_0) = 50 Ω

Sedangkan spesifikasi antenna yang akan digunakan pada perancangan *rectenna* adalah :

- Rentang frekuensi kerja : 1775 MHz - 1825 MHz
- VSWR : < 2
- Gain : > 5 dBi
- *Return Loss* : < -10 dB

Dan juga spesifikasi komponen *diode schottky* rangkaian *rectifier* yang akan digunakan pada perancangan *rectenna*, sesuai dengan spesifikasi *datasheet diode schottky Agilent HSMS-282x Surface Mount RF Schottky Barriers Diode*.

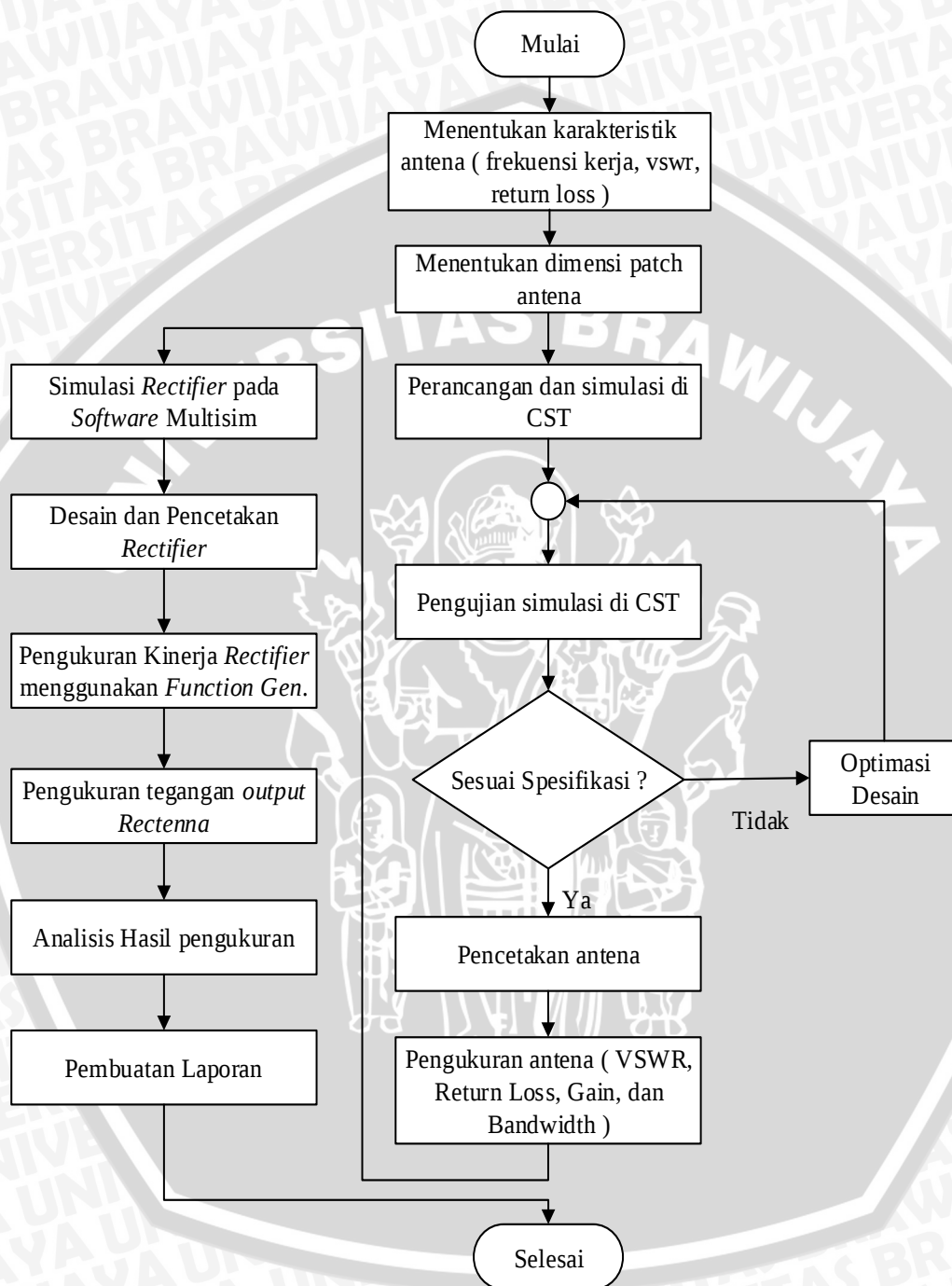
Diagram alir perhitungan dimensi antenna mikrostrip *rectangular patch array* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 - Diagram alir perhitungan dimensi antenna

Sumber : Perencanaan

Sedangkan diagram alir perencanaan dan pembuatan *Rectifier Antenna* (*rectenna*) adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 - Diagram alir perencanaan dan pembuatan *rectenna*

Sumber : Perencanaan

3.4. Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan terbagi ke dalam dua tahap, yaitu pengujian pada antenna dan juga pengujian pada *rectifier*. Pada antenna, pengujian dilakukan melalui pengukuran terhadap parameter antenna berupa *bandwidth*, *gain*, VSWR, *return loss* pada frekuensi kerjanya. Pengukuran terhadap antenna yang sudah difabrikasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja antenna yang sebenarnya. Pengukuran antenna meliputi beberapa hal antara lain:

3.4.1 Pengukuran *Bandwidth* melalui *Return Loss*, dan Perhitungan VSWR

Dari hasil pengukuran impedansi dan *return loss* dapat dihitung nilai VSWR dan koefisien pantul antenna. Dari perhitungan VSWR nantinya dapat diketahui rentang frekuensi dari antenna sehingga *bandwidth* antenna dapat diketahui. Dalam pengukuran ini alat-alat yang digunakan mempunyai spesifikasi yaitu :

- 1) *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
- 2) *Directional Coupler*
- 3) Antena uji
- 4) Kabel koaksial RG-58A/U
- 5) Konektor N *Female*

3.4.2 Pengukuran *Gain* Antena

Pada pengukuran *gain* antenna ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antenna referensi (P_{ref}), daya antenna yang diuji (P_{RX}), dan *gain* antenna yang diuji (G) kemudian dari parameter tersebut dapat dihitung *gain* antenna uji. Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam pengukuran *gain* yaitu :

- 1) *Signal Generator FR M13 200 kHz - 3 GHz Aeroflex.*
- 2) *Spectrum Analyzer GSP-827 2,7 GHz Gw INSTEK*
- 3) Dua buah antenna standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
- 4) Antena uji
- 5) Kabel koaksial RG-58A/U
- 6) Konektor tipe N *Female*
- 7) Dua Buah Tiang penyangga

Sedangkan pada *rectifier*, pengujian dilakukan melalui pengukuran terhadap parameter keluaran *rectifier* berupa tegangan *output* yang dihasilkan. Pengukuran terhadap *rectifier* yang sudah difabrikasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja awal dari sebuah *rectifier*, apakah *rectifier* tersebut berfungsi atau tidak. Pengukuran pada *rectifier* meliputi beberapa hal antara lain:

3.4.3 Pengukuran Tegangan Output Rectifier

Pada pengukuran *rectifier*, perangkat yang nantinya akan digunakan sebagai masukan pada *rectifier* adalah perangkat *Function Generator*. Dimana *Function Generator* akan membangkitkan sinyal gelombang AC sebagai masukan ke rangkaian *rectifier*. Kemudian oleh *rectifier*, tegangan AC tersebut diubah menjadi DC. Dan nantinya akan diukur tegangan keluaran DC tersebut dengan multimeter digital. Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam pengukuran tegangan *output rectifier* yaitu :

- 1) *Power Supply*
- 2) *Function Generator*
- 3) Kabel *Jumper*
- 4) *Rectifier* yang akan diuji
- 5) *Digital Multimeter* SANWA CD800A
- 6) *Osilloscope*

3.5. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil analisis dari simulasi dan pengujian antena yang dilakukan. Pada bagian ini dijelaskan secara singkat tentang hasil yang telah dicapai beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.

BAB IV

PERANCANGAN DAN REALISASI RECTENNA

4.1. Tinjauan Umum

Perancangan antenna penyearah (*rectifier antenna*) sangat bergantung pada spesifikasi antenna dan rangkaian penyearah (*rectifier*) yang akan dibuat. Untuk mendapatkan hasil maksimal pada antenna, maka pemilihan bahan atau substrat yang baik perlu diperhatikan. Sedangkan untuk hasil yang maksimal pada *rectifier*, pemilihan *diode schottky* yang baik juga perlu diperhatikan. Langkah awal dari perancangan *rectenna* adalah merancang antenna dengan frekuensi kerja yang diinginkan, bentuk *patch*, dan substrat yang digunakan. Kemudian, langkah selanjutnya adalah merancang *rectifier* sesuai spesifikasi frekuensi kerja antenna yang telah dibuat.

Tujuan utama pada skripsi ini adalah merancang sebuah antenna penyearah (*rectifier antenna*) yang bekerja pada frekuensi GSM 1800 MHz. Dari antenna penyearah ini, akan dihasilkan tegangan DC yang relatif kecil namun diharapkan untuk dapat meyalakan sebuah LED. Kemudian, dilakukan pengujian terhadap performansi antenna dan performansi *rectifier* yang telah difabrikasi serta menganalisis parameter-parameter dari antenna dan *rectifier* yang telah dibuat.

4.2. Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan panjang gelombang di udara bebas (λ_o), dimana frekuensi resonansi yang menjadi acuan adalah 1800 MHz. Maka frekuensi acuan (f_r) pada antenna akan diaplikasikan pada gelombang mikro 1800 MHz. Untuk pengujian, pada penulisan skripsi ini, antenna akan diuji pada frekuensi 1775-1825 MHz. Nilai perambatan di ruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan (2-17), maka panjang gelombang di udara bebas adalah :

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

$$\lambda_o = \frac{3 \times 10^8}{1.80 \times 10^9} = 0.166 \text{ m} = 166 \text{ mm}$$

4.2.1 Perencanaan Dimensi Patch

Patch antena yang akan didesain untuk skripsi ini adalah *antenna rectangular patch*. Dimana, *patch* dari antena inilah yang nantinya akan menangkap gelombang radiasi elektromagnetik yang kemudian akan didaur ulang menjadi arus AC setelah itu akan diubah menjadi arus DC oleh *rectifier*. Langkah-langkah perhitungan *antenna rectangular patch*, adalah sebagai berikut.

- a. Menentukan lebar *patch* (w)

$$w = \frac{c}{2fc} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2-18)$$

dimana, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ dan nilai $f_c = 1.8 \text{ GHz}$, maka :

$$w = \frac{c}{2fc} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.8 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{4.5 + 1}} = 58.25 \text{ mm}$$

- b. Menentukan permitivitas dielektrik efektif substrat (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right) \quad (2-19)$$

dimana, $w = 100.1 \text{ mm}$ dan $h = 1,6 \text{ mm}$, maka :

$$\epsilon_{eff} = \frac{4.5 + 1}{2} + \frac{4.5 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{1.6}{58.25}}} \right) = 4.3530$$

- c. Menentukan panjang *patch* (L)

$$L = \frac{c}{2fr \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2-20)$$

dimana, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ dan nilai $\epsilon_{eff} = 4.3530$ maka :

$$L = \left(\frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.8 \times 10^9 \sqrt{4.3530}} \right) = 39.6 \text{ mm}$$

4.2.2 Perencanaan Dimensi *Ground Plane*

Untuk panjang dan lebar minimal *ground plane* masing-masing diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan (2-25) dan (2-26):

$$L_g = 6h + L = (6 \times 1,6 \times 10^{-3}) + (39,6 \times 10^{-3})$$

$$= 49,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 49,2 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + W = (6 \times 1,6 \times 10^{-3}) + (58,25 \times 10^{-3})$$

$$= 67,85 \times 10^{-3} \text{ m} = 67,85 \text{ mm}$$

4.3. Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menentukan dimensi saluran transmisi, yang harus dilakukan pertama kalinya adalah mencari panjang dan lebar saluran transmisi tersebut. Untuk menentukan panjang saluran transmisi mikrostrip (L_0) dihitung dengan sebelumnya ditentukan terlebih dahulu panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip dengan persamaan (2-24):

$$\lambda_d = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} (m)$$

$$\lambda_d = \frac{0,166}{\sqrt{4,5}} = 0,078 \text{ m} = 78 \text{ mm}$$

Kemudian, masukkan nilai (λ_d) ke dalam persamaan (2-23) :

$$L_0 = \frac{1}{4} \lambda_d$$

$$L_0 = \frac{1}{4} \times 78 \text{ mm} = 19,5 \text{ mm}$$

Untuk lebar saluran transmisi ditentukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (2-21). Dengan nilai konstanta B dapat dihitung menggunakan persamaan (2-22) :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3,14^2}{50 \sqrt{4,5}} = 5,57$$

Kemudian, masukkan nilai (B) ke dalam persamaan (2-22) :

$$\begin{aligned} W_0 &= \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \\ &= \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,57 - 1 - \ln(2 \times 5,57 - 1) + \frac{4,5-1}{2 \times 4,5} \left[\ln(5,57 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,5} \right] \right\} \\ &= 1,019 \{ 4,57 - \ln(10,1) + 0,3 [\ln(4,57) + 0,2] \} = 2.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Model saluran transmisi yang digunakan dalam perancangan ini adalah model *insert feed*, yang dinyatakan dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} y_0 &= 0,3d \\ &= 0,3 \times 39.6 \text{ mm} \\ &= 11.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

dengan :

y_0 = kedalaman saluran yang menjorok ke dalam elemen peradiasi (mm)
 d = panjang elemen peradiasi, dalam hal ini adalah panjang *patch* (mm)

4.4. Simulasi dan Optimasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan simulator CST 2010 untuk mengetahui parameter antena. Tahap perancangan dan simulasi antena ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan sebelum dilakukan fabrikasi serta sebagai pengujian pengaruh slot lingkaran terhadap kinerja antena mikrostrip *rugby ball* dengan slot lingkaran.

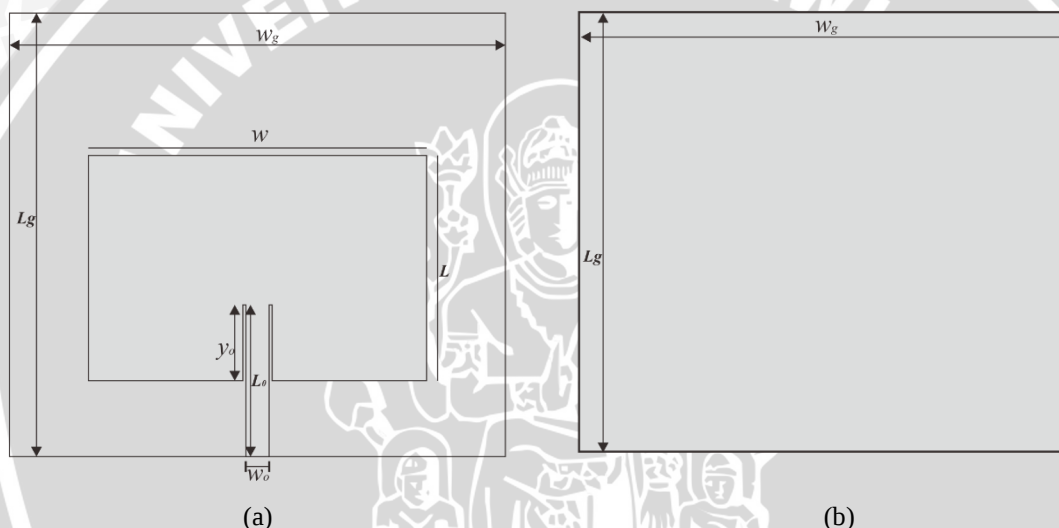
Langkah-langkah perancangan dan simulasi dengan simulator CST 2010 adalah sebagai berikut :

1. Membuka program simulator CST 2010.
2. Menentukan parameter dasar.
3. Membuat antena mikrostrip *rectangular patch* sesuai dimensi yang telah di kalkulasi.

4. Melakukan simulasi pada rentang frekuensi yang diinginkan.
5. Melakukan tabulasi parameter hasil simulasi sebelum dilakukan analisis

4.4.1 Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Setelah mendapatkan dimensi *patch*, *ground plane*, slot, dan saluran transmisi, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui performansi antena. Simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator CST 2010. Dalam proses simulasi ini parameter awal yang diamati adalah *Return Loss* untuk mengetahui ke-*matching*-an antena. Bentuk geometri antena *rectangular patch* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 - Geometri antena mikrostrip *rectangular patch* yang telah dirancang.
Tampak depan (a) dan Tampak Belakang (b)

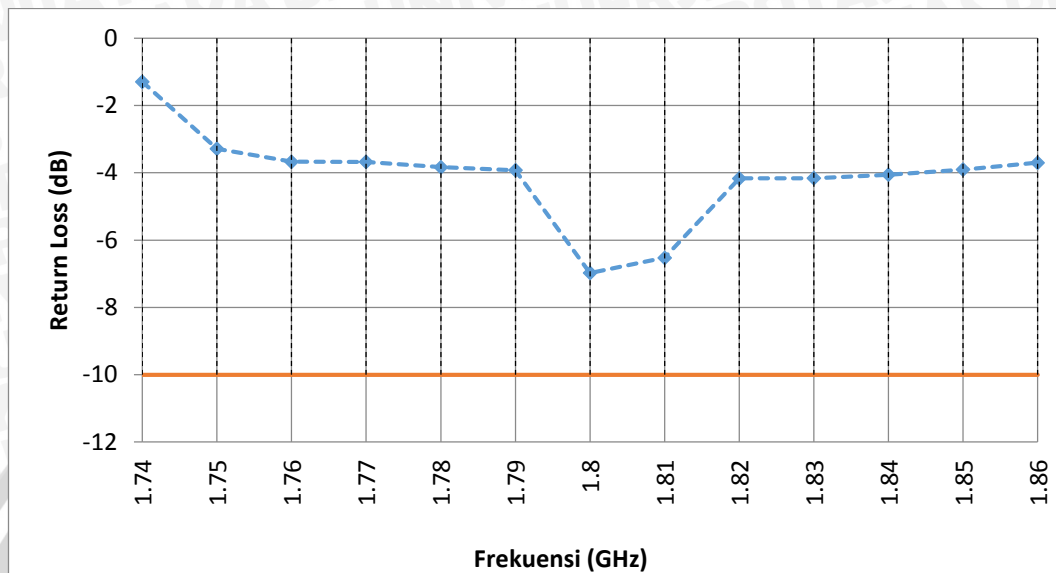
Sumber : Perencanaan

Tabel 4.1 - Tabel dimensi perancangan antena *rectangular patch*

Sumber : Perancangan

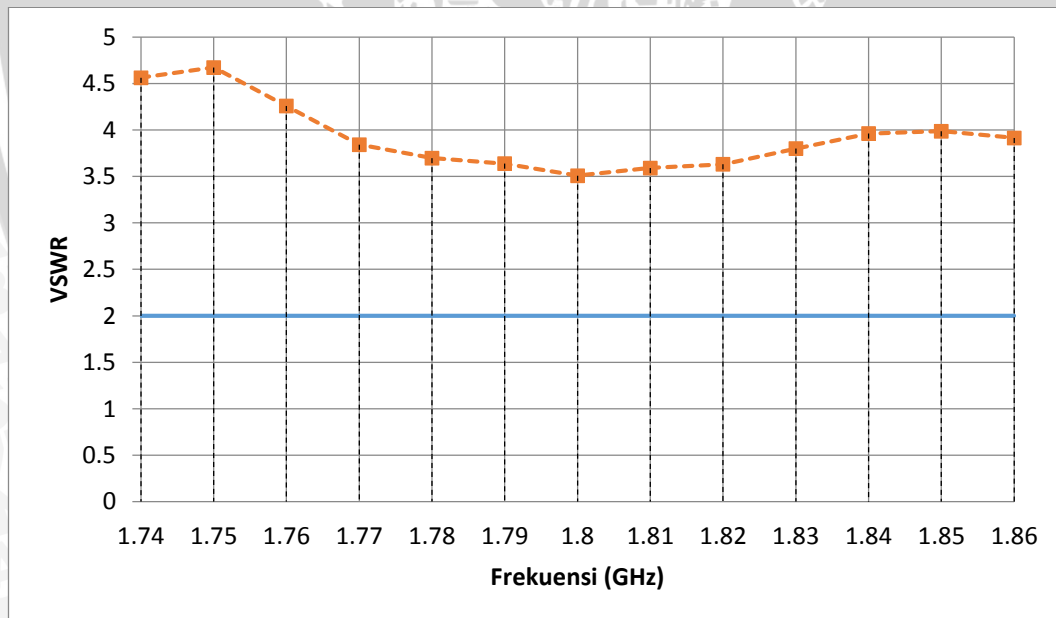
Variabel	Dimensi (mm)
W (lebar <i>patch</i>)	58.25
L (panjang <i>patch</i>)	39.6
W_0 (lebar saluran transmisi)	2.75
L_0 (panjang saluran transmisi)	19.5
Y_0 (panjang <i>insert feed</i>)	11.8
W_g (lebar minimum <i>ground plane</i>)	67.85
L_g (panjang minimum <i>ground plane</i>)	49.2

Setelah dilakukan simulasi menggunakan simulator CST 2010, didapatkan hasil parameter *Return Loss* dan juga *VSWR* yang ditunjukkan pada grafik 4.1 dan grafik 4.2.



Grafik 4.1 - *Return Loss* antenna mikrostrip *rectangular patch*. (sebelum optimasi)

Sumber : Hasil Simulasi



Grafik 4.2 - *VSWR* antenna mikrostrip *rectangular patch*. (sebelum optimasi)

Sumber : Hasil Simulasi

Grafik 4.1 dan grafik 4.2 menunjukkan bahwa hasil simulasi tidak memenuhi kriteria yang diinginkan sebab tidak ada frekuensi yang berada pada

rentang *Return Loss* ≤ -10 dB dan juga VSWR yang dihasilkan ≥ 2.0 . Hasil simulasi juga menunjukkan antenna belum memenuhi syarat perencanaan antenna, yaitu bekerja pada rentang frekuensi 1775-1825 MHz, sehingga masih perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang memuaskan.

4.4.2 Optimasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Perancangan antenna pada skripsi ini merupakan perancangan antenna *single-band* yang akan dioperasikan pada sebuah rangkaian penyearah tegangan. Maka, parameter yang menjadi perhatian utama dari antenna yang akan dirancang adalah *bandwidth* dan *gain* antenna itu sendiri. Faktor utama yang ingin dicapai pada perancangan ini adalah antenna dengan *bandwidth* yang relatif sempit, namun memiliki *gain* yang besar. Maka dari itu, yang menjadi pertimbangan utama pada proses optimasi antenna yang dirancang adalah optimasi *ground plane* dan saluran transmisi. Parameter *gain* akan diperhitungkan setelah didapatkan dimensi *ground plane* dan saluran transmisi terbaik, yang nantinya akan di-array-kan menjadi antenna array 2 patch rectangular. Dengan meng-array-kan antenna ini, diharapkan antenna akan menghasilkan *gain* yang relatif besar. Proses optimasi yang dilakukan antara lain:

4.4.2.1 Optimasi Ukuran *Ground Plane*

Berdasarkan dimensi dari perhitungan, didapatkan bahwa antenna *rectangular patch* belum memenuhi syarat *bandwidth*, *return loss* dan VSWR yang direncanakan. Oleh karena itu, optimasi akan dilakukan dengan cara mengubah dimensi lebar dan panjang dari *ground plane* antenna yang dirancang, dimana dimensi antenna lain tetap sesuai perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.2 - Tabel optimasi dimensi *ground plane* antenna *rectangular patch*

Sumber : Perancangan

Konfigurasi	Skala Patch	Panjang (L)	Lebar (w)	Rentang Frekuensi (Mhz)	Bandwidth
1	100%	49.2	67.8	0	0
2	90%	44.2	61.02	0	0
3	110%	54.1	74.5	1785.6 – 1816.1	30.5
4	125%	76.5	84.5	1770 – 1810.5	40.5
5	140%	85.7	94.9	1780.5 – 1817.2	36.7

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa konfigurasi 4 dengan panjang *ground plane* 76.5 mm dan lebar *ground plane* 84.5 mm yang memiliki rentang frekuensi yang paling lebar di antara saluran transmisi lain. Dengan lebar *bandwidth* yang dihasilkan sebesar 40.5 MHz yang bekerja pada frekuensi 1770 – 1810.5 MHz. Setelah dilakukan optimasi *ground plane*, langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi dimensi saluran transmisi untuk mendapatkan hasil *bandwidth* yang presisi dan sesuai dengan perencanaan, yaitu 1775-1825 MHz.

4.4.2.2 Optimasi Dimensi Saluran Transmisi

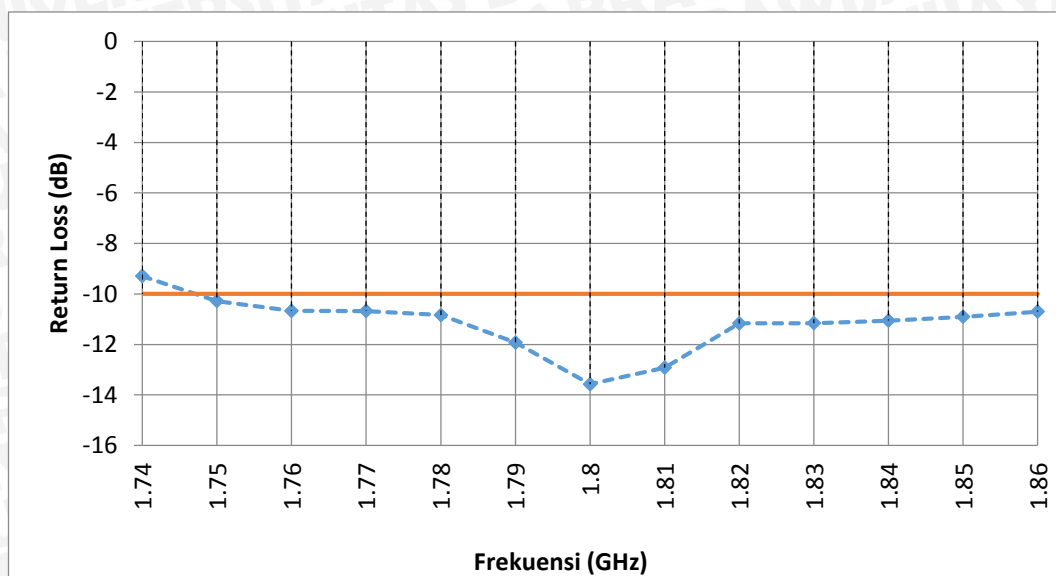
Optimasi *ground plane* menunjukkan bahwa konfigurasi terbaik dihasilkan oleh konfigurasi 4 dengan panjang *ground plane* 76.5 mm dan lebar *ground plane* 84.5 mm. Oleh karena itu, untuk mendapatkan *bandwidth* yang presisi dengan rencana awal, perlu dilakukan optimasi panjang saluran transmisi. Optimasi panjang saluran transmisi akan dilakukan berdasarkan dimensi konfigurasi 4 dengan variasi panjang saluran transmisi berikut ini.

Tabel 4.3 - Tabel optimasi dimensi saluran transmisi antenna *rectangular patch*

Sumber : Perancangan

Konfigurasi	L_0 (mm)	Rentang Frekuensi (MHz)	Total Bandwidth (MHz)
6	19.5	1798 - 1808.8	10.8
7	20	1799 - 1810.2	11.2
8	22	1790 – 1805.8	25.8
9	24	1782.2 – 1814.9	32.7
10	26	1775.5 – 1825	50

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa konfigurasi 10 dengan saluran transmisi sepanjang 26 mm memiliki rentang frekuensi yang paling presisi diantara saluran transmisi lain. Berdasarkan hasil optimasi *ground plane* dan saluran transmisi antenna, didapatkan bahwa antenna dengan panjang *ground plane* 76.5 mm, lebar *ground plane* 84.5 mm dan saluran transmisi sepanjang 26 mm memiliki *bandwidth* paling presisi mendekati rencana awal, yaitu 1775-1825 MHz. Dimensi pada konfigurasi 4 dan konfigurasi 10 kemudian disimulasikan kembali untuk melihat hasil *return loss* dan VSWR.



Grafik 4.3 - *Return Loss* antenna mikrostrip rectangular patch. (setelah optimasi)

Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.4 - Tabel *Return Loss* antenna rectangular patch

Sumber : Hasil Simulasi

Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1740	-9.2965
1750	-10.2854
1760	-10.6706
1770	-10.6776
1780	-10.8336
1790	-11.9233
1800	-13.5751
1810	-12.924
1820	-11.1677
1830	-11.1587
1840	-11.0588
1850	-10.9065
1860	-10.7009

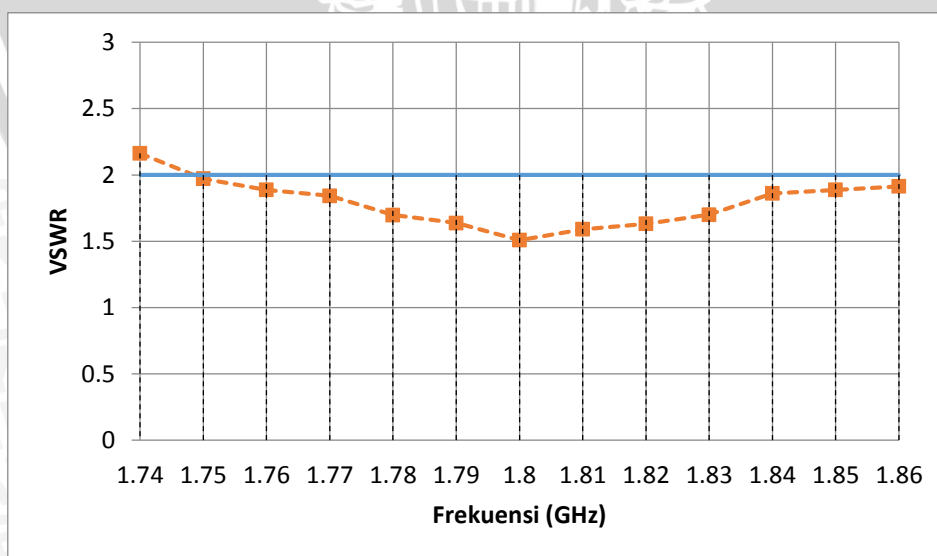
Setelah melakukan optimasi pada dimensi *ground plane* dan panjang saluran transmisi, maka dari hasil simulasi *return loss* pada grafik 4.3 menunjukkan bahwa *bandwidth* yang baik dan presisi sesuai rencana awal telah di dapatkan. Pada tabel 4.4 terlihat bahwa pada *range* frekuensi 1775-1825 MHz memiliki nilai *return loss* ≥ 10 dB dan nilai *VSWR* ≤ 2.0 . Dimensi keseluruhan dari antenna setelah dilakukan optimasi ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 - Tabel dimensi antenna *rectangular patch* setelah optimasi

Sumber : Perancangan

Variabel	Dimensi (mm)
W (lebar <i>patch</i>)	58.25
L (panjang <i>patch</i>)	39.6
W ₀ (lebar saluran transmisi)	2.75
L ₀ (panjang saluran transmisi)	26
Y ₀ (panjang <i>insert feed</i>)	11.8
Wg (lebar <i>ground plane</i>)	84.5
Lg (panjang <i>ground plane</i>)	76

Dimensi antenna *rectangular patch* hasil optimasi pada tabel 4.5 disimulasikan kembali untuk mengetahui parameter-parameter lain yang diinginkan sebagai berikut :



Grafik 4.4 - VSWR antenna mikrostrip *rectangular patch*. (setelah optimasi)

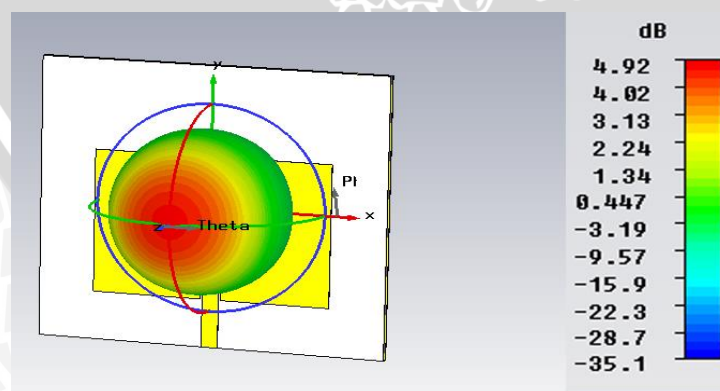
Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.6 - Tabel VSWR antenna *rectangular patch*

Sumber : Hasil Simulasi

Frekuensi (MHz)	VSWR
1740	2.1631
1750	1.9717
1760	1.8872
1770	1.8424
1780	1.6981
1790	1.6381
1800	1.5087
1810	1.5907
1820	1.6312
1830	1.7002
1840	1.8611
1850	1.8873
1860	1.9143

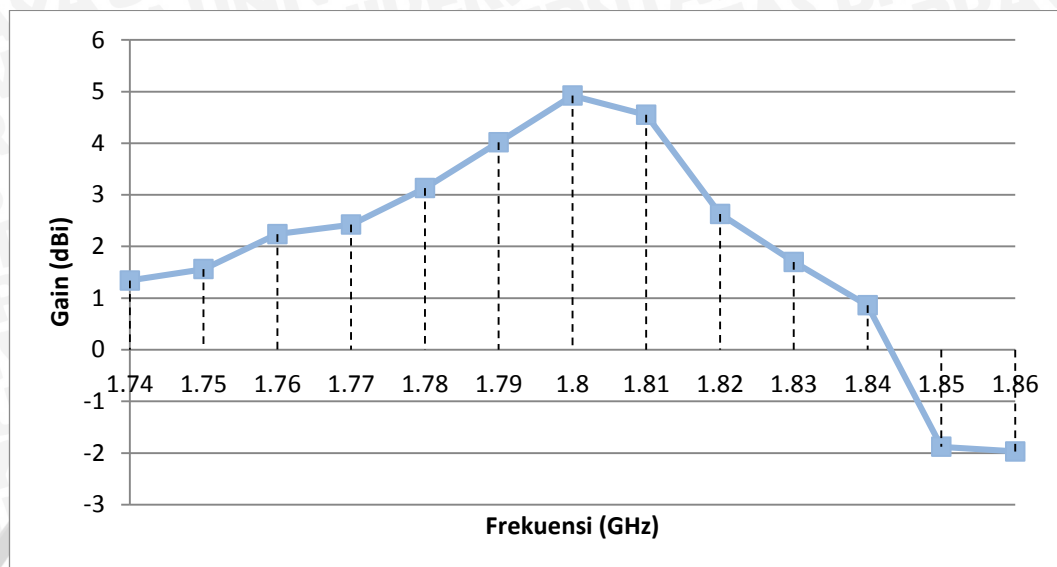
Hasil simulasi VSWR antenna pada grafik 4.4 (antena hasil optimasi) menunjukkan bahwa VSWR antenna telah memenuhi perencanaan antenna dengan nilai VSWR dibawah 2 pada *range* frekuensi 1775-1825 MHz. Simulasi pada gambar 4.2 dibawah memperlihatkan gambar tiga dimensi (3D) distribusi penguatan (*gain*) antenna.



Gambar 4.2 - Gambar 3D distribusi *gain* Antena mikrostrip *rectangular patch*.

Sumber : Hasil Simulasi

Dan grafik 4.5 berikut merupakan grafik distribusi *gain* hasil simulasi antenna mikrostrip *rectangular patch* setelah optimasi.



Grafik 4.5 - *Gain* antenna mikrostrip *rectangular patch*. (setelah optimasi)

Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.7 - Tabel *gain* antenna *rectangular patch*

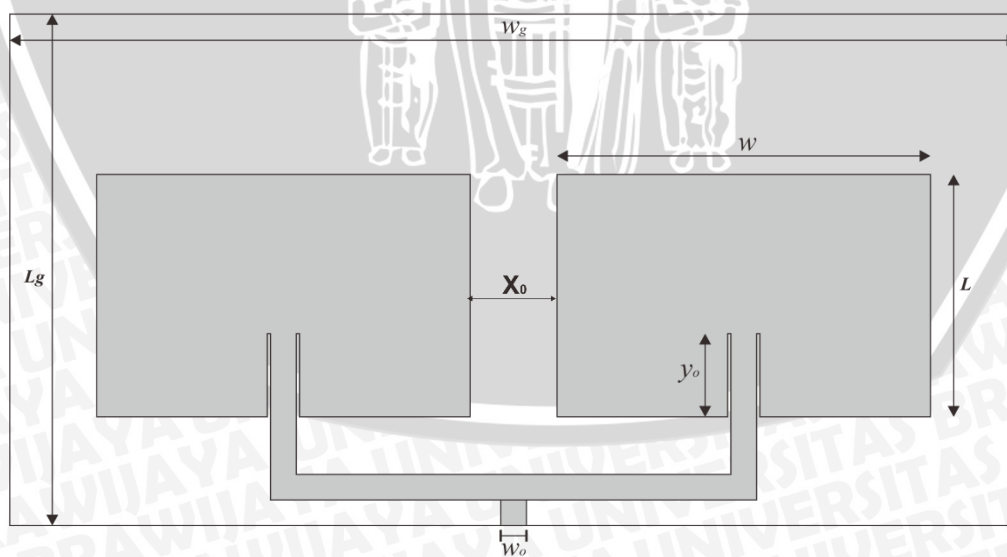
Sumber : Hasil Simulasi

Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1740	1.34
1750	1.56
1760	2.24
1770	2.42
1780	3.13
1790	4.02
1800	4.92
1810	4.55
1820	2.63
1830	1.7
1840	0.86
1850	-1.88
1860	-1.97

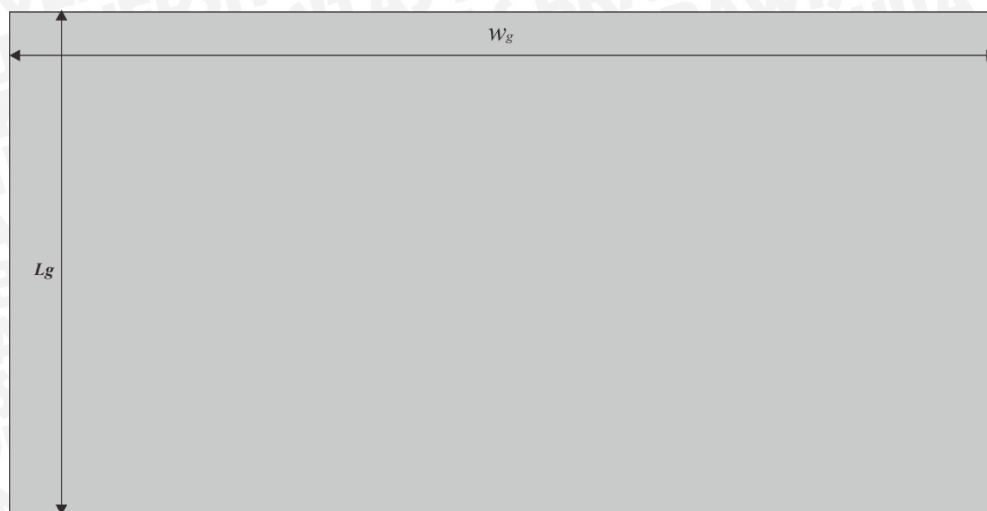
4.5. Simulasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Array*

Pada perancangan antena mikrostrip *rectangular patch*, *gain* yang dihasilkan oleh antena tersebut belum maksimal. *Gain* yang maksimal, sangat dibutuhkan untuk menghasilkan tegangan yang relatif besar yang nantinya akan masuk ke dalam rangkaian *rectifier*. Pada umumnya, tegangan yang masuk pada *rectifier* sangatlah kecil, ini dikarenakan rugi-rugi pada konektor antena cukup besar. Maka dari itu, diperlukan antena dengan *gain* yang besar sehingga mampu menangkap gelombang elektromagnetik dengan baik dan maksimal sehingga tegangan yang masuk ke dalam rangkaian penyearah tegangan (*rectifier*) juga maksimal.

Oleh karena itu, perlu dilakukan lagi optimasi dengan cara memodifikasi antena yang telah dibuat. Modifikasi antena yang akan dilakukan adalah dengan meng-array-kan antena mikrostrip *rectangular patch*. Nantinya, antena mikrostrip tersebut akan memiliki 2 *patch* yang berukuran sama, sehingga kedua *patch* antena tersebut akan saling menguatkan dan menghasilkan *gain* yang relatif besar. Simulasi antena dilakukan dengan menggunakan simulator CST 2010. Dalam proses simulasi ini diharapkan parameter *gain* antena semakin besar dan parameter antena lainnya seperti *return loss* dan VSWR tidak berubah. Bentuk geometri antena *rectangular patch* dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 (a)



Gambar 4.3 (b)

Gambar 4.3 - Geometri antenna mikrostrip *rectangular patch array* yang telah dirancang
Tampak depan (a) dan Tampak Belakang (b)

Sumber : Perancangan

Pada antenna *rectangular patch array*, dimensi antenna yang akan digunakan sebagai referensi awal yaitu dimensi antenna *rectangular patch* setelah optimasi, seperti yang ada pada tabel 4.5. Kemudian pada *software* simulator CST 2010, dilakukan penggandaan elemen peradiasi dan *ground plane*. Kedua elemen peradiasi dan *ground plane* nantinya akan dihubungkan menjadi satu oleh sebuah saluran transmisi dengan ukuran yang sama dengan antenna *rectangular patch* yang telah didesain sebelumnya. Pada saat melakukan proses *array*, jarak antara kedua elemen peradiasi perlu diperhatikan. Jarak yang baik akan menentukan penguatan antenna yang baik. Maka perlu dilakukan simulasi penentuan jarak antara *patch* pertama dan *patch* kedua, untuk mendapatkan hasil *gain* antenna yang paling baik pada frekuensi 1800 MHz. Berikut merupakan tabel simulasi penentuan jarak antara *patch* pertama dan *patch* kedua dengan korelasi *gain* yang dihasilkan.

Tabel 4.8 - Tabel simulasi penentuan jarak antar patch antenna *rectangular patch array*

Sumber : Perancangan

Konfigurasi	Jarak Antar Patch (mm)	Gain maksimal yang dihasilkan (dBi)
11	9	5.76
12	10	6.23
13	10.5	7.06
14	11	7.01
15	11.5	7.0

Setelah melakukan simulasi penentuan jarak, pada tabel 4.8 terlihat bahwa pada konfigurasi 13 jarak antar *patch* sebesar 10.5 mm dapat menghasilkan *gain* atau penguatan terbaik pada antenna, yaitu 7.06 dBi. Maka, dimensi *antena rectangular patch array* dapat dilihat pada tabel 4.9.

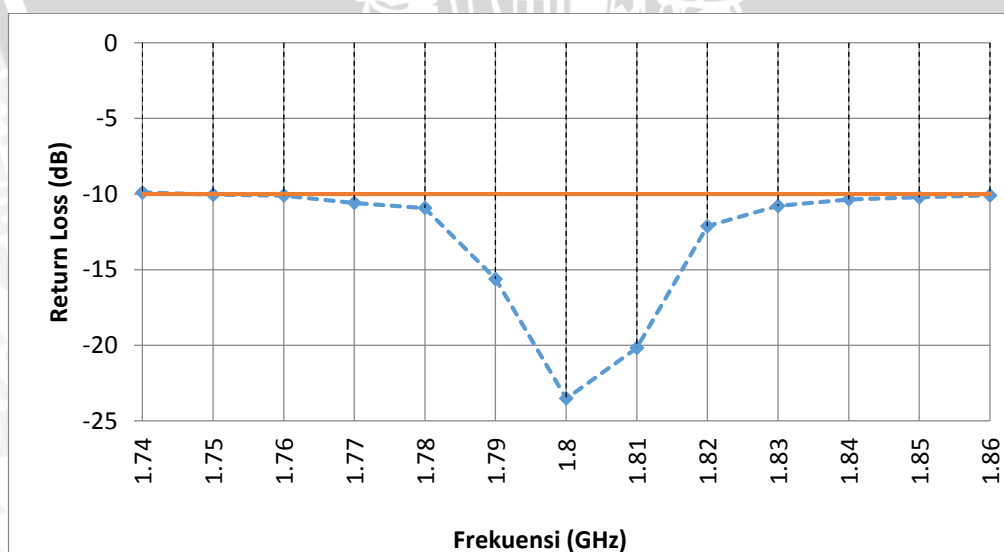
Tabel 4.9 - Tabel dimensi antenna *rectangular patch array*

Sumber : Perancangan

Variabel	Dimensi (mm)
W (lebar <i>patch</i>)	58.25
L (panjang <i>patch</i>)	39.6
W ₀ (lebar saluran transmisi)	2.75
L ₀ (panjang saluran transmisi)	26
Y ₀ (panjang <i>insert feed</i>)	11.8
Wg (lebar <i>ground plane</i>)	85
Lg (panjang <i>ground plane</i>)	76
X ₀ (Jarak antara <i>patch</i>)	10.5

Dimensi antenna *rectangular patch array* pada tabel 4.9 disimulasikan kembali untuk mengetahui parameter-parameter lain yang diinginkan sebagai berikut:

- **Bandwidth dan Return Loss**



Grafik 4.6 - Return Loss antenna mikrostrip *rectangular patch array*

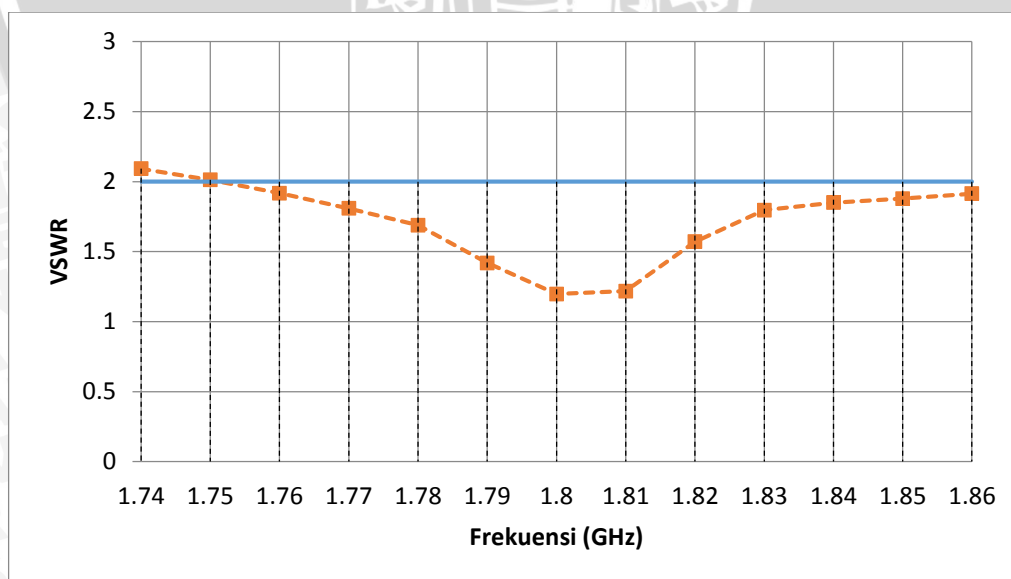
Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.10 - Tabel *Return Loss* antenna *rectangular patch array*

Sumber : Hasil Simulasi

Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)
1740	-9.8975
1750	-10.052
1760	-10.1049
1770	-10.5884
1780	-10.9218
1790	-15.6219
1800	-23.527
1810	-20.1782
1820	-12.1238
1830	-10.7901
1840	-10.3569
1850	-10.2195
1860	-10.0854

- **VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)**



Grafik 4.7 - VSZR antenna mikrostrip *rectangular patch array*

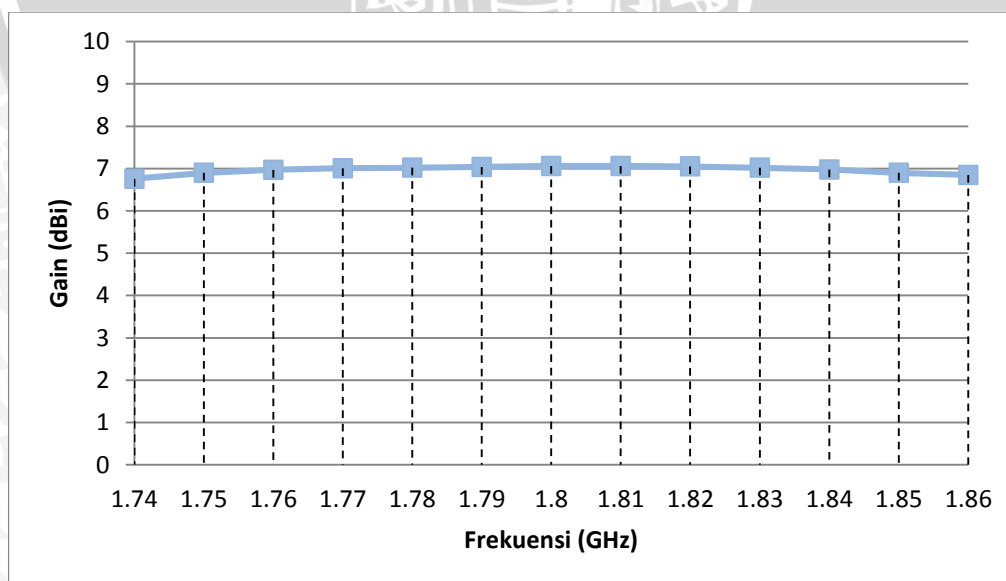
Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.11 - Tabel VSWR antenna *rectangular patch array*

Sumber : Hasil Simulasi

Frekuensi (MHz)	VSWR
1740	2.0928
1750	2.0125
1760	1.917
1770	1.8086
1780	1.6892
1790	1.4189
1800	1.1966
1810	1.2172
1820	1.5709
1830	1.7964
1840	1.8504
1850	1.878
1860	1.9143

- **Gain Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Array***



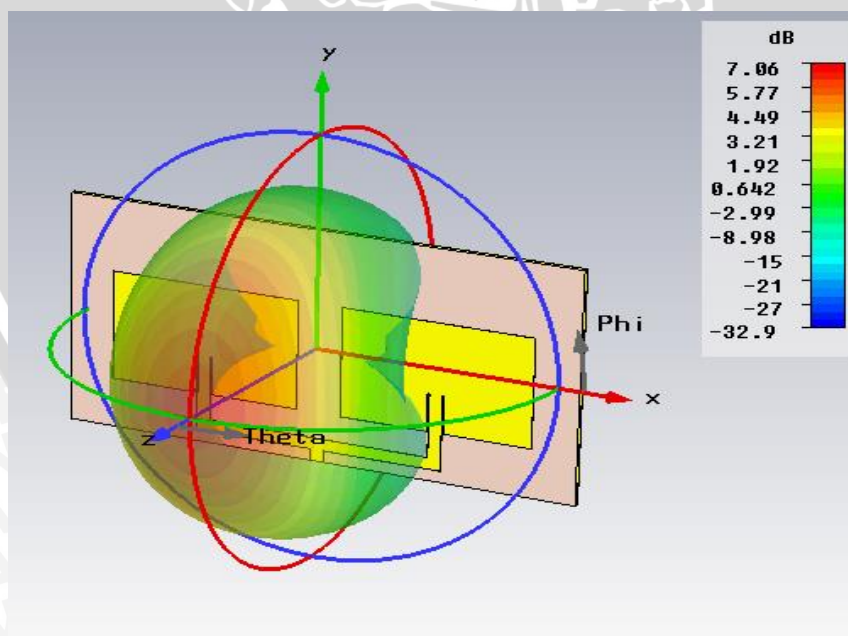
Grafik 4.8 - Gain antenna mikrostrip *rectangular patch array*

Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.12 - Tabel *gain* antenna *rectangular patch*

Sumber : Hasil Simulasi

Frekuensi (MHz)	Gain (dBi)
1740	6.76
1750	6.9
1760	6.97
1770	7.01
1780	7.02
1790	7.04
1800	7.06
1810	7.06
1820	7.05
1830	7.02
1840	6.98
1850	6.9
1860	6.85



Gambar 4.4 - Gambar 3D distribusi *gain* Antena mikrostrip *rectangular patch array*

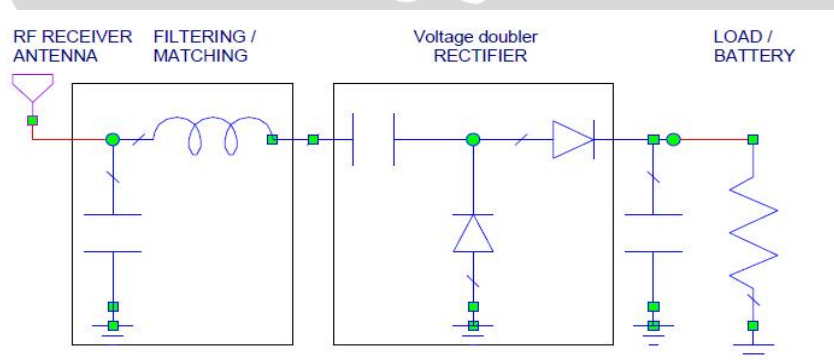
Sumber : Hasil Simulasi

Tabel 4.13 - Tabulasi Hasil Simulasi Perbandingan Antena Mikrostrip *Rectangular Patch* dengan Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Array*

Jumlah Patch	Bandwidth				Gain	
	Rentang Frekuensi (MHz)	Total Bandwidth (MHz)	VSWR Terendah	Return Loss (dB)	Frekuensi Gain Maksimum (MHz)	Gain Maksimum (dBi)
Single Patch	1775-1825 (sesuai spesifikasi)	50	1.5087	-13.5751	1800	4.92
Patch Array	1775-1825 (sesuai spesifikasi)	50	1.19	-23.527	1800	7.06

4.6. Perancangan dan Simulasi Rectifier

Dalam perancangan rangkaian penyearah (*rectifier*) ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Diantaranya adalah nilai komponen yang akan digunakan. Karena frekuensi gelombang elektromagnetik adalah sinyal AC, dan untuk mendapatkan sinyal DC maka digunakan rangkaian penyearah yang disesuaikan dengan karakteristik antena penerima hasil perancangan. Antena penerima yang digunakan pada skripsi ini merupakan antenna yang bekerja pada frekuensi GSM-1800 MHz, maka perlu dilakukan perancangan *rectifier* yang sesuai (match) dan mampu menangkap gelombang elektromagnetik pada frekuensi 1800 MHz. Dan juga, pada rangkaian penyearah ini dioda yang dipakai adalah dioda *Schottky* tipe HSMS-2820-SOT 23- Single yang dapat bekerja pada frekuensi dari 1800 MHz. Gambar 4.5 berikut merupakan *layout* perancangan *rectenna* secara umum.



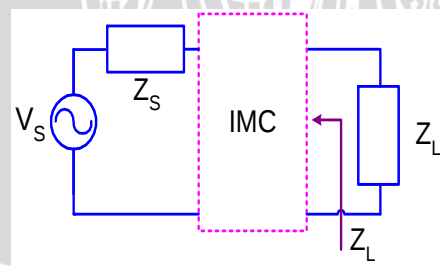
Gambar 4.5 - Layout Perancangan Rectenna

Sumber : Barcak, J.Michael, 2008 : 1

Dalam pembuatan rangkaian dasar sebuah *rectifier* harus melihat tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan *rectenna* ini. Yaitu harus mempunyai kemampuan untuk mengkonversi gelombang tegangan AC menjadi DC dengan tegangan yang dihasilkan juga relatif besar. Sebelum direalisasikan, maka *rectenna* ini akan disimulasikan ke dalam *software* Multisim 11. Dimana pada simulasi, tegangan keluaran masing-masing rangkaian *rectifier*, akan digunakan untuk menyalakan sebuah LED.

Proses simulasi pada *rectifier* kali ini akan dilakukan sebanyak dua kali, dengan dua pilihan rangkaian *rectifier* yang berbeda yaitu penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) yang hanya menggunakan satu buah dioda (*single diode rectifier*) dan penyearah gelombang penuh (*full wave rectifier*) yang menggunakan 2 dioda (*double diode rectifier*) sebagai perbandingan untuk mendapatkan hasil tegangan keluaran yang terbaik.

Untuk melakukan simulasi rangkaian penyearah, maka terlebih dahulu perlu dilakukan perhitungan nilai komponen *matching circuit* atau nilai komponen dari kapasitor dan induktor blok *matching circuit* pada gambar 4.5. Yang pertama harus dilakukan adalah menganalisis *Impedance Matching Circuit* (rangkaian penyesuaian impedansi) yang akan digunakan. Rangkaian ini digunakan untuk menghasilkan impedansi yang tampak sama dari impedansi beban maupun impedansi sumber agar terjadi transfer daya maksimum. Penyesuaian impedansi ini hanya dapat diaplikasikan pada rangkaian dengan sumber AC, atau *rectifier* itu sendiri (Budi Prasetya, 2008 : 2).

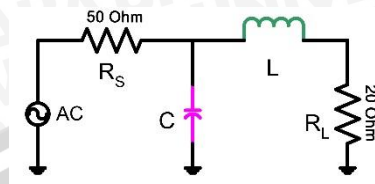


Gambar 4.6 - Impedance Matching Circuit (IMC)

Sumber : Budi Prasetya, 2008 : 3

Daya akan mengalami transfer daya maksimum ke Z_L apabila nilai $Z_S = Z_L$. Tetapi dikarenakan nilai Z_S tidak sama dengan Z_L , maka tidak akan terjadi transfer daya maksimum. Maka digunakanlah IMC (*Impedance Matching Circuit*) sebagai

solusi untuk *pe-matching*-kan nilai Z_L dan Z_S dengan cara menambahkan komponen penyesuaian impedansi 2 elemen, yaitu induktor dan kapasitor (Budi Prasetya, 2008 : 4). Rangkaian penyesuaian impedansi yang akan digunakan adalah rangkaian dengan komponen resistif yang bersifat *low pass*, dengan nilai $R_S > R_L$.



Gambar 4.7 - *Impedance Matching Circuit* menggunakan 2 komponen yang bersifat *low pass*

Sumber : Budi Prasetya, 2008 : 8

Berikut merupakan langkah-langkah penentuan nilai dari komponen penyesuaian impedansi, sesuai rangkaian IMC pada gambar 4.7.

- Menentukan nilai faktor kualitas seri atau faktor kualitas paralel.

$$Q_s = Q_p = \sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1} = \sqrt{\frac{50}{20} - 1} = 1.22$$

- Mencari nilai komponen kapasitor.

$$Q_p = \frac{R_p}{X_p} \Rightarrow X_p = \frac{R_p}{Q_p} = \frac{50}{1.22} = 40.82$$

$$\text{Maka, } X_p = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_p} = \frac{1}{2\pi(1.8 \times 10^9)40.82} = 2.1 \times 10^{-12} \approx 2.2 \text{ pF}$$

Nilai kapasitor adalah 2.1 pF, namun nilainya dibulatkan menjadi 2.2 pF di karenakan nilai komponen kapasitor 2.1 pF sulit untuk didapatkan di pasaran.

- Mencari nilai komponen resistor

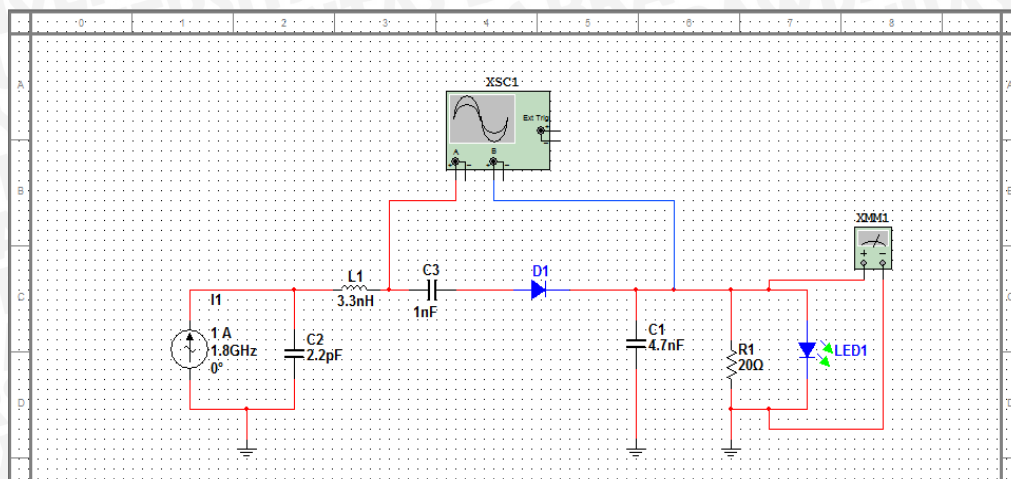
$$Q_s = \frac{X_s}{R_s} \Rightarrow X_s = Q_s \cdot R_s = 1.22 \times 20 = 24.4$$

$$\text{Maka, } X_s = 2\pi f L \Rightarrow L = \frac{X_s}{2\pi f} = \frac{24.4}{2\pi(1.8 \times 10^9)} = 3.1 \times 10^{-9} = 3.3 \text{ nH}$$

Nilai induktor adalah 3.1 nH, namun nilainya dibulatkan menjadi 3.3 nH di karenakan nilai komponen induktor 3.1 pF sulit untuk didapatkan di pasaran.

4.6.1 Simulasi *Single Diode Rectifier (Half Wave Rectifier)*

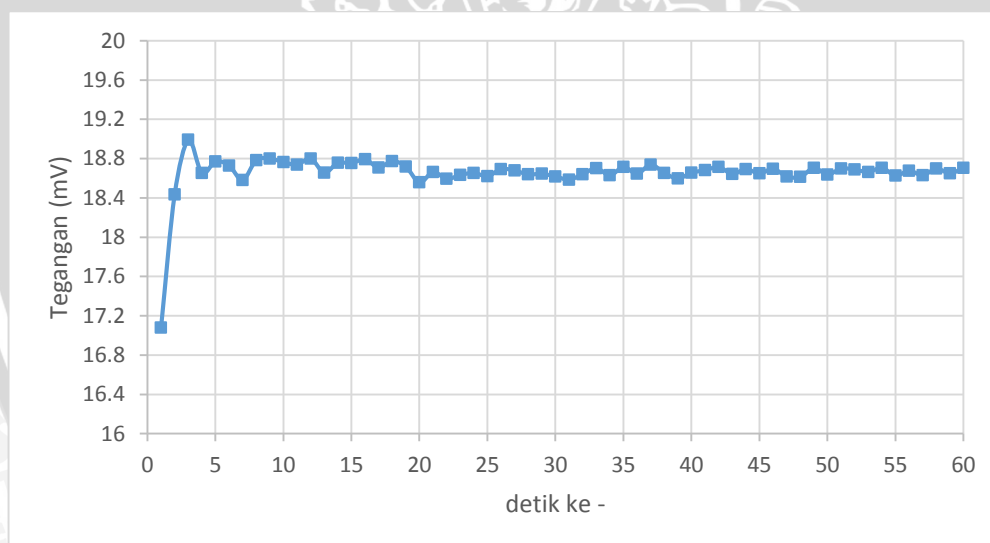
Rangkaian *single diode rectifier* merupakan jenis *rectifier* yang menggunakan satu buah dioda saja. Simulasi *rectifier single diode rectifier* pada *software* Multisim 11 dapat dilihat seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 - Simulasi rangkaian *Single Diode Rectifier (half Wave Rectifier)*

Sumber : Hasil Simulasi

Hasil tegangan DC yang terukur pada multimeter adalah 18.6 mV. Dengan nilai tegangan 18.6 mV, rangkaian *rectifier* mampu menyalakan sebuah LED. Grafik 4.9 berikut memperlihatkan nilai tegangan yang mengalir pada LED.

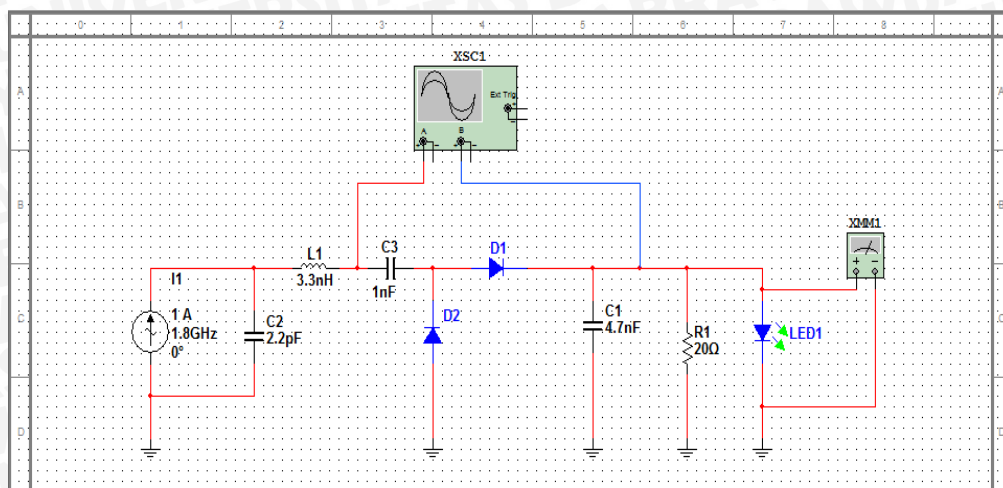


Grafik 4.9 - Grafik tegangan *output single diode rectifier* yang terukur pada simulasi

Sumber : Hasil Simulasi

4.6.2 Simulasi *Double Diode Rectifier (Full Wave Rectifier)*

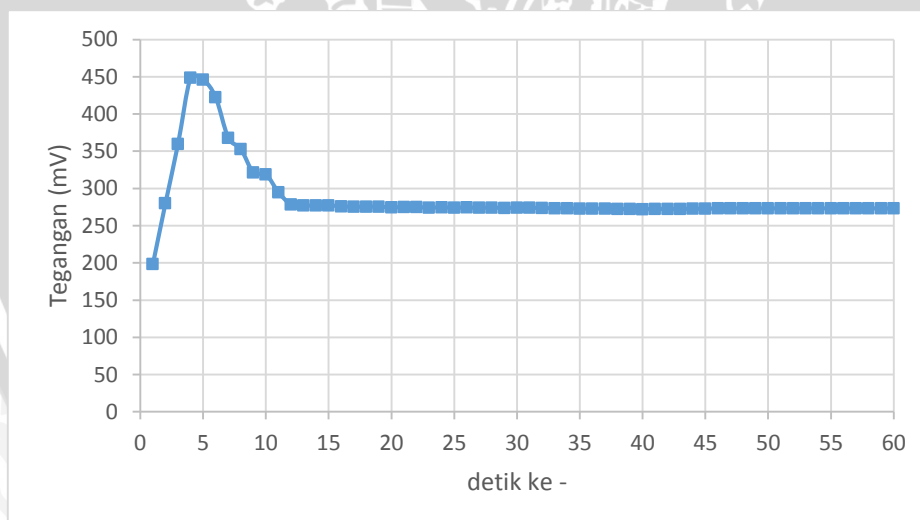
Rangkaian *double diode rectifier* atau yang sering disebut dengan rangkaian *voltage doubler*, merupakan jenis *rectifier* yang menggunakan dua buah dioda. Simulasi *rectifier double diode rectifier* pada software Multisim 11 dapat dilihat seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 - Simulasi rangkaian *Double Diode Rectifier* (Full Wave Rectifier)

Sumber : Hasil Simulasi

Pada simulasi rangkaian *double diode rectifier*, hasil tegangan maksimum DC yang terukur pada multimeter adalah 273 mV. Dengan nilai tegangan 273 mV, rangkaian *rectifier* juga dapat menyalakan sebuah LED. Grafik 4.10 berikut memperlihatkan nilai tegangan yang mengalir pada LED rangkaian *double diode rectifier*.



Grafik 4.10 - Grafik tegangan *output double diode rectifier* yang terukur pada simulasi

Sumber : Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi rangkaian *single diode rectifier* dan *double diode rectifier*, dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan keluaran terbesar dapat dihasilkan oleh rangkaian *double diode rectifier*. Oleh karena itu, rangkaian yang akan difabrikasi adalah rangkaian *double diode rectifier*.

Tabel 4.14 - Tabel Tegangan *Output Rectifier* hasil simulasi

Sumber : Hasil Simulasi

Jenis Dioda	Tegangan Output DC (mV)	Indikator LED
<i>Single Diode Rectifier</i>	18.6	LED menyala
<i>Double Diode Rectifier</i>	273.0	LED menyala

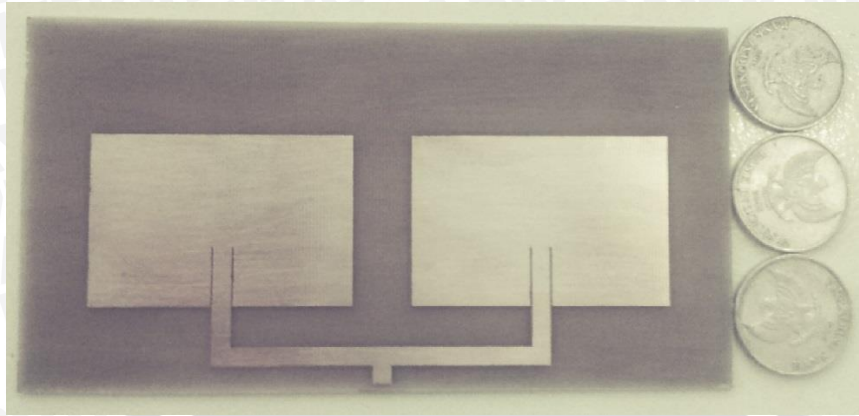
4.7. Fabrikasi Antena dan *Rectifier*

Setelah melakukan proses simulasi maka berdasarkan hasil yang diperoleh dipilih antenna yang mempunyai spesifikasi *bandwidth*, *return loss*, *VSWR*, dan *gain* terbaik. Serta dipilih juga rangkaian *rectifier* yang mempunyai penguatan yang paling besar. Hasil simulasi rangkaian *rectifier* memperlihatkan bahwa rangkaian yang mempunyai penguatan tegangan paling besar adalah rangkaian *double diode rectifier* karena dapat menghasilkan tegangan sebesar 273 mV. Selanjutnya jalur *footprint* rangkaian *double diode rectifier* akan dibuat untuk nantinya akan difabrikasi pada lembar PCB. Gambar 4.10 memperlihatkan jalur *footprint rectifier* yang siap dicetak pada lembar PCB dan gambar 4.11 dan gambar 4.12 memperlihatkan hasil fabrikasi antenna dan *rectifier*.



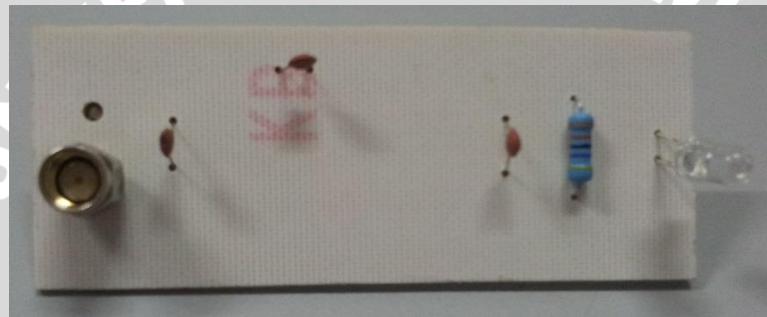
Gambar 4.10 - Jalur *footprint rectifier* yang siap difabrikasi

Sumber : Perancangan

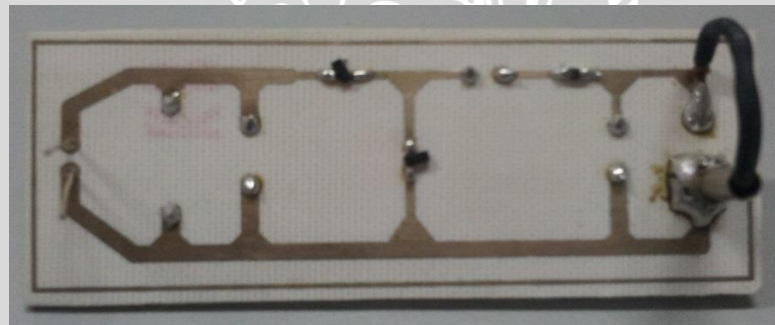


Gambar 4.11 - Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Array* yang telah difabrikasi

Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.12 - (a)



Gambar 4.12 - (b)

Gambar 4.12 - *Rectifier* yang telah difabrikasi dan dipasang komponen
Tampak depan (a) dan Tampak Belakang (b)

Sumber : Dokumentasi

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS *RECTENNA*

5.1. Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai prosedur pengujian parameter-parameter antena, pengujian rangkaian *rectifier* serta akan dijelaskan hasil pengujian *rectenna* yang diperoleh serta analisisnya. Dengan demikian, pada antena akan diketahui karakteristik serta performansi dari *patch array* yang telah disimulasikan, pada *rectifier* akan diketahui apakah performansi *rectifier* tersebut sesuai dengan yang telah disimulasikan.

Tujuan utama dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data-data karakteristik *rectenna* yang telah dibuat dan mengetahui berapa tegangan *output* yang dihasilkan oleh rangkaian *rectenna* tersebut melalui pengukuran langsung terhadap performansi antena dan *rectifier*. Data yang diperlukan untuk diketahui adalah karakteristik antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah difabrikasi dan karakteristik tegangan keluaran *rectifier* yang telah difabrikasi. Pengukuran *rectenna* yang dilakukan meliputi :

1. Pengukuran *Return Loss* antena.
2. Perhitungan VSWR antena melalui pengukuran *Return Loss* antena.
3. Pengukuran *gain* antena.
4. Pengukuran tegangan *output Rectifier*.
5. Pengukuran kinerja *Rectenna*.

Pengukuran parameter-parameter antena dan *rectifier* dilakukan di Laboratorium Teknik Telekomunikasi POLITEKNIK Negeri Malang.

5.2. Pengujian *Return Loss* Antena

Sebuah antena dikatakan memenuhi standar jika antena pada frekuensi kerja yang diinginkan memiliki *Return loss* ≤ -10 dB.

5.2.1 Tujuan Pengukuran *Return Loss* Antena

Adapun tujuan dari pengukuran *return loss* antena kali ini, adalah :

1. Untuk mengetahui nilai *return loss* dari antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi.
2. Untuk nantinya dapat membantu mengetahui nilai VSWR dari antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah difabrikasi.

5.2.2 Peralatan yang digunakan untuk pengujian *Return Loss* Antena

Beberapa peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan pengukuran *Return Loss* antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi, antara lain :

1. Antena Uji (1buah)
2. *Spectrum analyzer* (1buah)
3. *Directional coupler* (1buah)
4. Konektor SMA (1buah)
5. *Adapter SMA to BNC* (1buah)

5.2.3 Prosedur Pengujian *Return loss* Antena

Berikut ini merupakan prosedur pengukuran *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah difabrikasi, antara lain :

1. Susun rangkaian seperti pada gambar 5.1.
2. *Input Directional coupler* dipasang pada *output spectrum analyzer*.
3. *Tap Directional coupler* disambungkan ke *input spectrum analyzer*.
4. *Output Directional coupler* disambungkan ke konektor SMA pada antena mikrostrip *rectangular patch array*.
5. Mengatur alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827 pada frekuensi 1000 – 2700 MHz
6. Setelah mendapatkan nilai *return loss* pada frekuensi yang diinginkan, maka lakukan perhitungan seperti di bawah ini :

$$RL = \text{Level}_{\text{terbaca}} + \text{Attenuation}_{\text{DC}} + \text{Level}_{\text{referensi}}$$

Keterangan :

RL : *Return loss* antenna

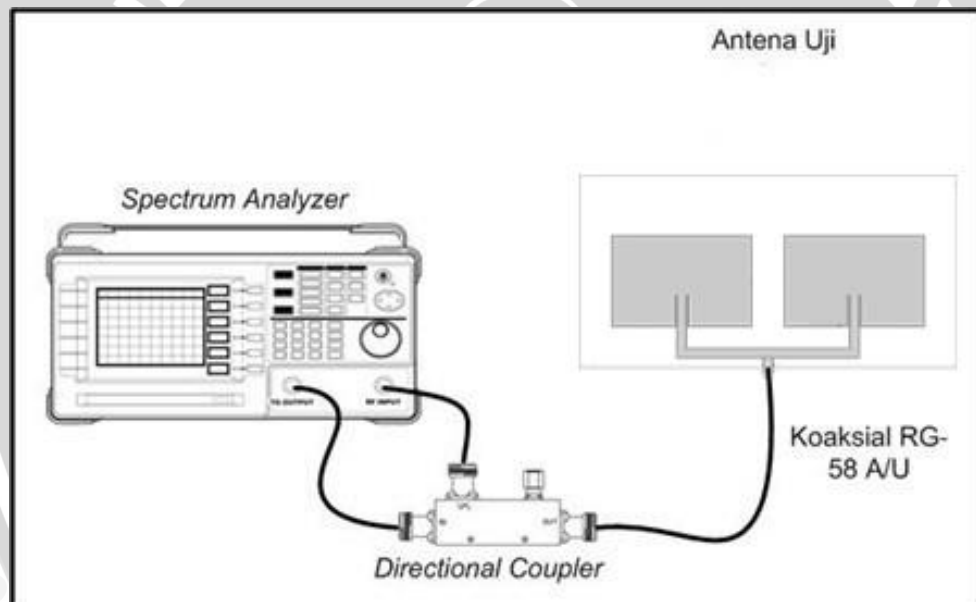
Level_{terbaca} : *Return loss* yang terbaca pada *spectrum analyzer*

Attenuation_{DC}: *Attenuation directional coupler* bernilai -20 dB

Level_{referensi} : Nilai referensi dari *spectrum analyzer*

5.2.4 Hasil Pengukuran *Return Loss* Antena

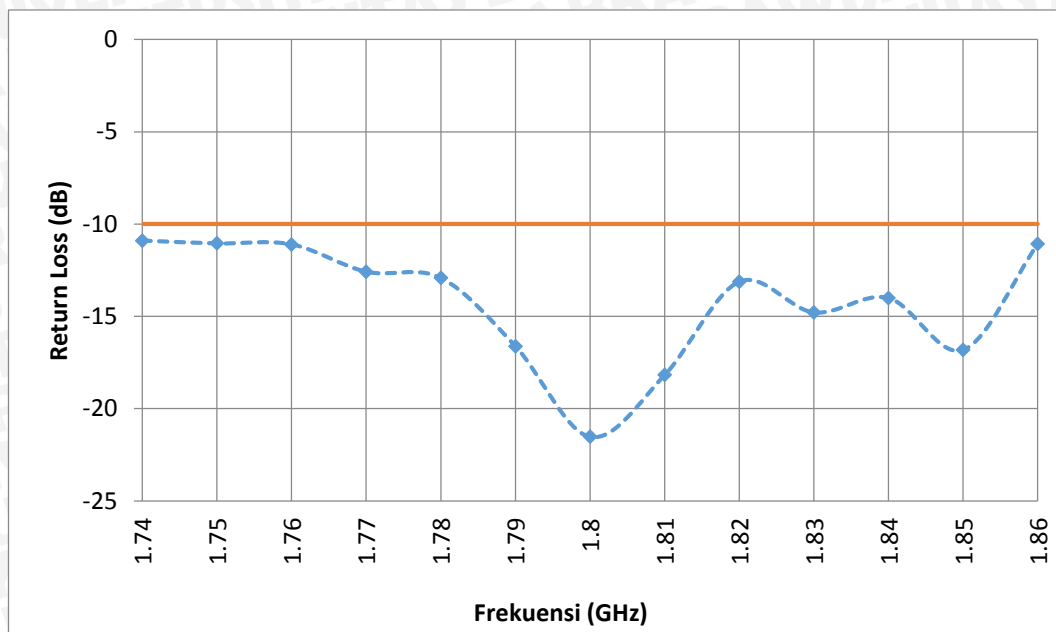
Dengan menggunakan persamaan RL yang telah dijabarkan di atas, maka pengukuran *Return Loss* antena mikrostrip *rectangular patch array* menggunakan *spectrum analyzer* dapat dilakukan.



Gambar 5.1 - Rangkaian Pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengujian

Setelah dilakukan rangkaian di atas dan kemudian dilakukan pengujian, maka nilai *return loss* dapat terbaca pada layar *spectrum analyzer*. Nilai beserta grafik *return loss* dapat dilihat pada grafik 5.1 dan tabel 5.1 berikut.



Grafik 5.1 - Grafik pengujian *Return Loss* antenna mikrostrip *rectangular patch array*

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 5.1 - Hasil Pengukuran *Return Loss* antenna uji

Sumber : Hasil Pengujian

Frekuensi (MHz)	Return Loss (dB)
1740	-10.89
1750	-11.052
1760	-11.104
1770	-12.588
1780	-12.921
1790	-16.621
1800	-21.527
1810	-18.178
1820	-13.123
1830	-14.79
1840	-14.008
1850	-16.819
1860	-11.085

Hasil pengukuran *Return Loss* antena mikrostrip *rectangular patch array* diatas menunjukkan rentang frekuensi 1775 - 1825 MHz memiliki nilai *Return Loss* dibawah -10 dB sehingga dapat dikatakan bahwa antena dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi tersebut. Selanjutnya akan dilakukan pengukuran VSWR.

5.3. Perhitungan VSWR Antena

Perhitungan VSWR antena dilakukan berdasarkan data dari *return loss* antena yang telah diketahui sebelumnya. Sebuah antena dikatakan memenuhi standar apabila memiliki $VSWR \leq 2$ (Punit, 2004:19).

5.3.1 Tujuan Perhitungan VSWR Antena

Tujuan utama dalam menghitung VSWR antena mikrostrip *rectangular patch array* ini adalah untuk mengetahui apakah antena tersebut dapat mentransmisikan energi gelombang elektromagnetik ke dalam rangkaian *rectifier* secara maksimal tanpa adanya gelombang yang dipantulkan.

5.3.2 Prosedur Perhitungan VSWR Antena

Berikut ini merupakan prosedur pengukuran VSWR antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi, antara lain :

1. Hitung nilai $|\Gamma|$ dengan menggunakan rumus :

$$RL = 20 \log |\Gamma|$$

$$|\Gamma| = 10^{\left(\frac{RL}{20}\right)}$$

2. Setelah mendapatkan nilai Koefisien Pantul, maka nilai VSWR dapat diketahui menggunakan rumus :

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

Keterangan :

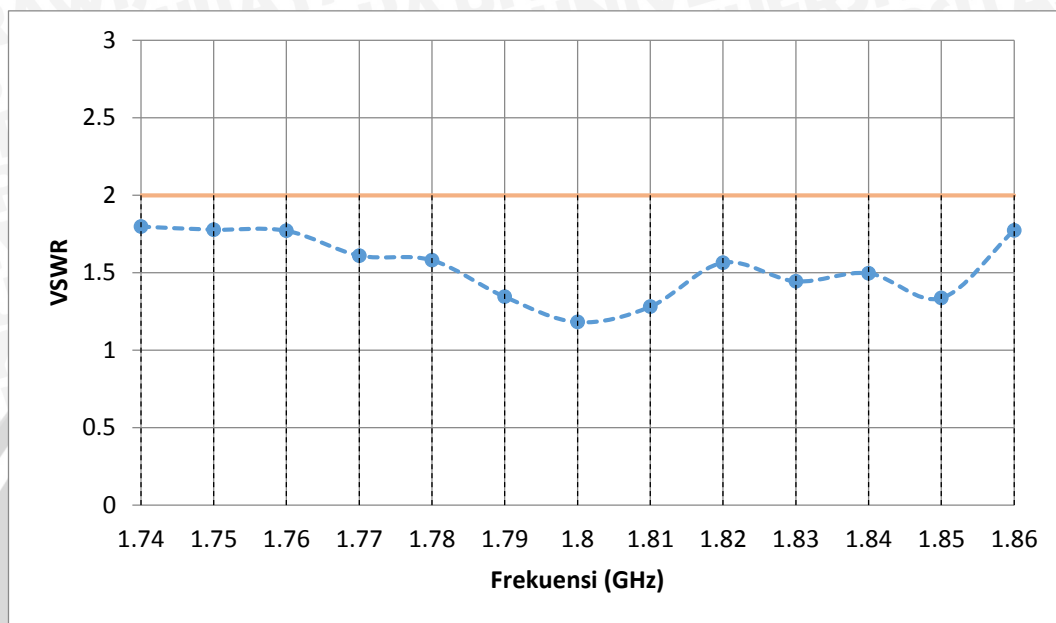
RL = Nilai *return loss* antena mikrostrip *rectangular patch array*

Γ = Nilai koefisien pantul antena mikrostrip *rectangular patch array*

VSWR = Nilai VSWR antena mikrostrip *rectangular patch array*

5.3.3 Hasil Perhitungan VSWR Antena

Dengan menggunakan data hasil pengukuran *Return Loss*, VSWR antena mikrostrip *rectangular patch array* dapat dilihat pada grafik 5.2 dan tabel 5.2 dibawah ini.



Grafik 5.2 - Grafik pengujian VSWR antena uji

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 5.2 - Hasil Perhitungan VSWR antena uji

Sumber : Hasil Pengujian

Frekuensi (MHz)	VSWR
1740	1.797
1750	1.777
1760	1.77
1770	1.61
1780	1.58
1790	1.344
1800	1.181
1810	1.28
1820	1.564
1830	1.444
1840	1.496
1850	1.336
1860	1.773

Hasil pengukuran VSWR antenna mikrostrip *rectangular patch array* diatas dapat dianalisis bahwa pada rentang frekuensi 1775 - 1825 MHz nilai VSWR antenna dibawah 2 sehingga dapat dikatakan bahwa antenna dapat bekerja dengan baik dan mampu mentransmisikan energi gelombang elektromagnetik ke dalam rangkaian *rectifier* secara maksimal.

5.4. Pengukuran *Gain* Antena

Gain dari sebuah antenna dapat diketahui dengan cara membandingkan level penerimaan antenna yang diuji dengan level penerimaan antenna referensi, biasanya dibandingkan dengan antenna standar yaitu antenna *dipole* $1/2\lambda$.

5.4.1 Tujuan Pengujian *Gain* Antena

Untuk mengetahui penguatan antenna mikrostrip *rectangular patch array* terhadap antenna referensi.

5.4.2 Peralatan Yang Digunakan Untuk Pengujian *Gain* Antena

Peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan pengukuran *Gain* antenna mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi, antara lain :

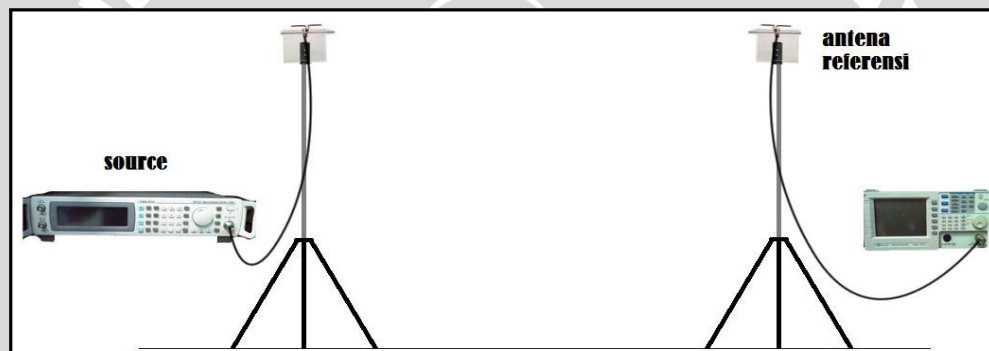
1. Antena Uji (1 buah)
2. Antena *dipole* $1/2\lambda$ (1 buah)
3. *Spectrum Analyzer* (1 buah)
4. *Signal Generator* (1 buah)
5. Konektor SMA (1 buah)
6. *Adapter* SMA to BNC (1 buah)
7. *Adapter* BNC to N (1 buah)
8. Tiang penyangga (2 buah)

5.4.3 Prosedur Pengujian *Gain* Antena

Berikut ini merupakan prosedur pengukuran *gain* antenna mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi, antara lain :

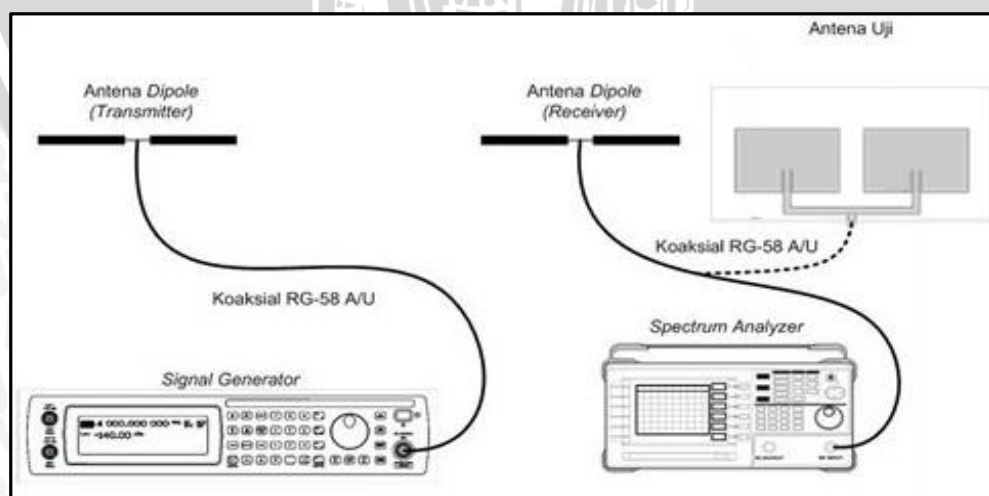
1. Susun rangkaian seperti gambar 5.2.
2. Atur *signal generator* mulai frekuensi 1740 MHz sampai 1860 MHz.

3. Gunakan antenna *dipole* $1/2\lambda$ berfungsi sebagai antenna penerima dan antenna *dipole* $1/2\lambda$ berfungsi sebagai antenna pemancar.
4. Level penerimaan antenna referensi dari *spectrum analyzer* dicatat mulai frekuensi 1740 MHz sampai 1860 MHz dengan interval 10 MHz dalam satuan dBm.
5. Susun rangkaian seperti gambar 5.3.
6. Antena referensi sebagai penerima diganti dengan antenna mikrostrip *rectangular patch array*.
7. Lakukan langkah pengujian nomor 4.
8. Hasil pengujian dari dua antenna tersebut dimasukkan dalam tabel dan dihitung nilai *gain* dalam satuan dBi



Gambar 5.2 - Rangkaian Pengukuran *Gain* antenna referensi

Sumber : Pengujian



Gambar 5.3 - Rangkaian Pengukuran *Gain* antenna uji

Sumber : Pengujian

5.4.4 Hasil Pengukuran *Gain* Antena

Pada pengukuran *Gain* antena ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi (P_{Ref}), daya antena yang diuji (P_U), dan *Gain* antena yang diuji (G_U). Nilai *Gain* antena yang diuji (G_U) diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan berikut :

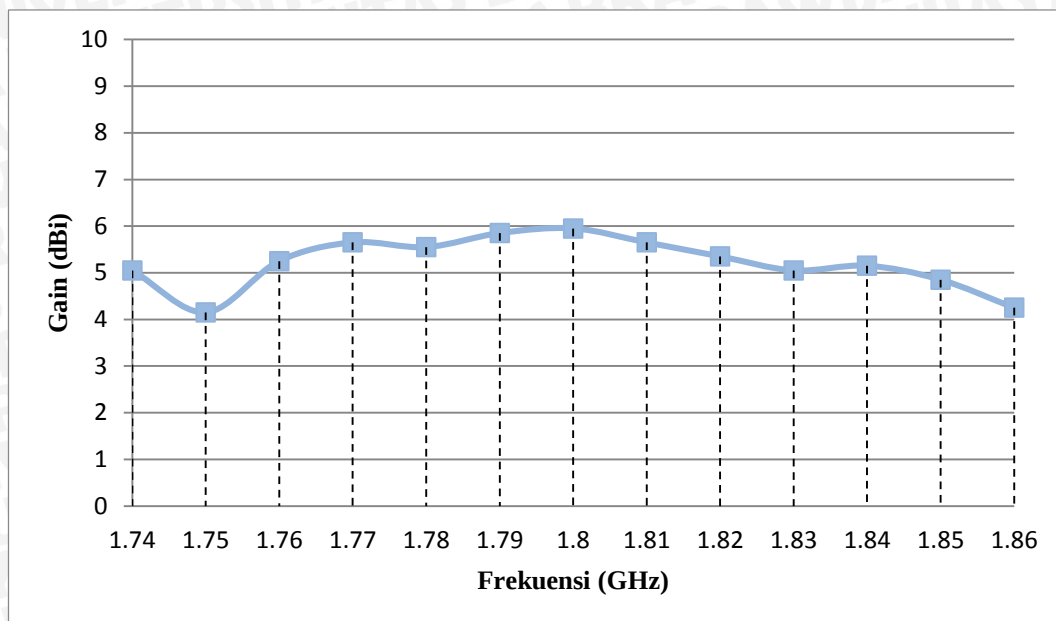
$$G_U = 2.15 + P_U \text{ (dBm)} - P_{Ref} \text{ (dBm)}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, hasil perhitungan *Gain* antena uji di tiap frekuensi dapat dilihat pada grafik 5.3 dan tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 - Hasil Pengukuran *Gain* antena uji

Sumber : Hasil Pengujian

Frekuensi (MHz)	Pengujian		
	Daya Ref (dBm)	Daya Uji (dBm)	<i>Gain</i> (dBi)
1740	-64.5	-61.6	5.05
1750	-60.4	-58.4	4.15
1760	-60.8	-57.6	5.25
1770	-60.9	-57.4	5.65
1780	-60.3	-56.9	5.55
1790	-59.4	-55.7	5.85
1800	-58.9	-55.8	5.95
1810	-58.4	-54.9	5.65
1820	-57.9	-54.7	5.35
1830	-69.1	-66.2	5.05
1840	-64.4	-61.4	5.15
1850	-57.3	-54.6	4.85
1860	-59.6	-57.5	4.25



Grafik 5.3 - Grafik pengujian *Gain* antenna mikrostrip *rectangular patch array*

Sumber : Hasil Pengujian

Pada pengukuran *gain* menggunakan antenna referensi yaitu antenna *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2.15 dBi. Hasil pengukuran *gain* diatas menunjukkan antenna memiliki nilai *gain* yang cukup bagus dengan rata-rata sebesar 5.45 dBi. *gain* terbesar yaitu 7.45 dBi pada frekuensi 1800 MHz

5.5. Pengukuran Tegangan Output Rectifier

Pengukuran tegangan keluaran (*output*) *rectifier* dilakukan agar dapat diketahui apakah *rectifier* yang telah difabrikasi mampu bekerja dengan baik sesuai dengan yang disimulasikan sebelumnya. Kriteria utama apakah *rectifier* yang telah difabrikasi itu berfungsi, ketika rangkaian tersebut mampu mengeluarkan tegangan DC yang diukur menggunakan sebuah *multimeter digital*.

5.5.1 Tujuan Pengukuran Tegangan Output Rectifier

Tujuan utama dalam mengukur tegangan keluaran dari rangkaian *rectifier* adalah untuk mengetahui kinerja dari *rectifier* tersebut apakah mampu mengeluarkan daya *output* yang sesuai dengan simulasi apabila diberi masukan frekuensi dari perangkat *Function Generator*.

5.5.2 Peralatan yang digunakan Untuk Pengujian Tegangan Output Rectifier

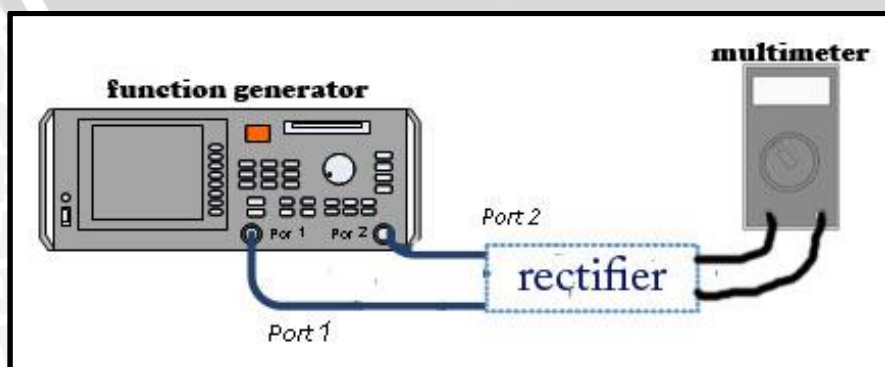
Peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan pengukuran rangkaian *rectifier* yang telah di fabrikasi, antara lain :

1. *Power Supply* (1 buah)
2. *Function Generator* (1 buah)
3. Kabel *Jumper* (1 buah)
4. *Rectifier* yang akan diuji (1 buah)
5. *Digital Multimeter* (1 buah)
6. *PicoScope* (1 buah)

5.5.3 Prosedur Pengujian Tegangan Output Rectifier

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengukuran tegangan *output rectifier* yang telah di fabrikasi, antara lain :

1. Susun rangkaian seperti pada gambar 5.4.
2. *Power Supply* dihubungkan ke *Function Generator*.
3. *Port 1 Function Generator* bagian positif disambungkan ke input bagian positif *rectifier* menggunakan kabel *Jumper*.
4. *Port 2 Function Generator* bagian negatif disambungkan ke bagian *ground rectifier* menggunakan kabel *Jumper*.
5. Mengaktifkan perangkat *power supply* dan kemudian mengaktifkan perangkat *Function generator*.
6. Mengatur alat ukur *Function Generator* pada frekuensi 1800 MHz.
7. Maka tegangan akan mengalir ke rangkaian *rectifier*. Setelah itu ukur tegangan *outputnya* pada kaki LED menggunakan multimeter.

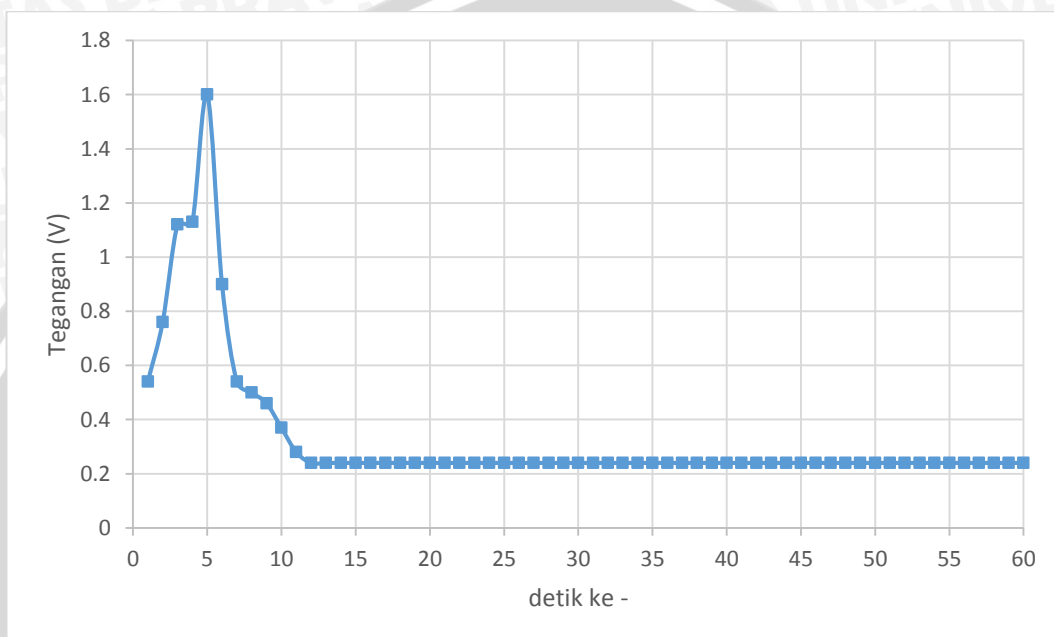


Gambar 5.4 - Rangkaian Pengukuran Tegangan Output Rectifier

Sumber : Pengujian

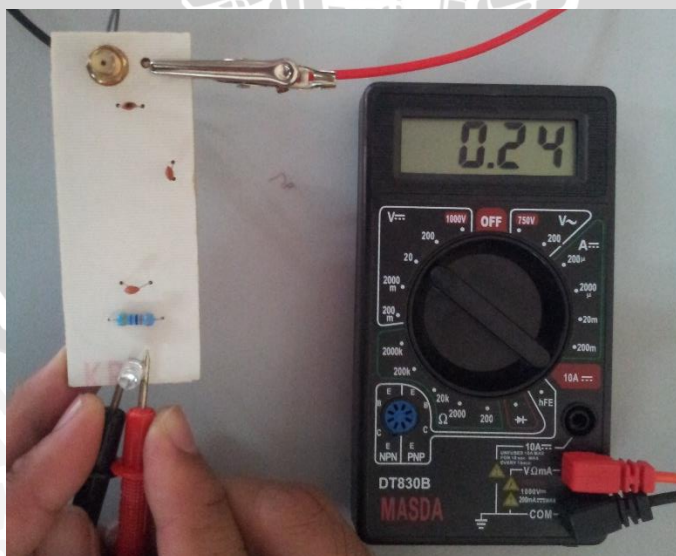
5.5.4 Hasil Pengukuran Tegangan Output Rectifier

Hasil pengukuran tegangan keluaran dari *rectifier* berupa tegangan DC yang akan diukur menggunakan *multimeter digital*. Dan juga akan digunakan perangkat Osiloskop untuk melihat gelombang DC hasil tegangan keluaran yang dihasilkan *rectifier*.



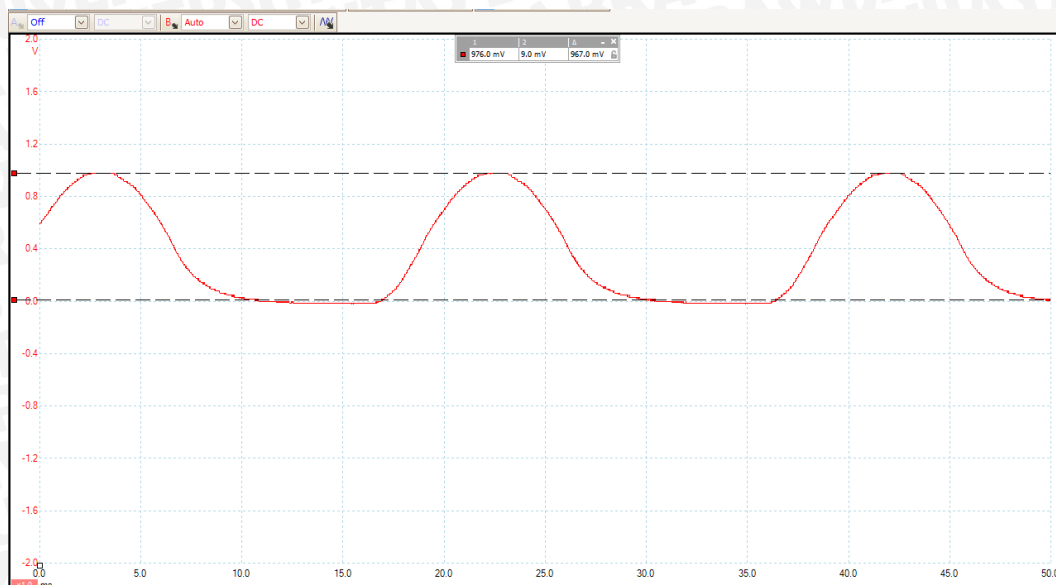
Grafik 5.4 - Grafik Tegangan Output Rectifier dengan inputan Function Generator

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 5.5 - Gambar Pengukuran Tegangan Output Rectifier

Sumber : Dokumentasi



Gambar 5.6 - Gambar Gelombang DC hasil Tegangan *output rectifier*

Sumber : Hasil Pengujian

Pengukuran tegangan *output* yang dihasilkan oleh *rectifier* adalah sekitar 0.24 Volt atau 240 mV pada frekuensi 1800 MHz, cukup kecil untuk menyalakan sebuah LED namun LED masih dapat menerima tegangan sehingga mampu menyalakan LED tersebut. Dapat di lihat pada grafik 5.4 bahwa tegangan pada LED stabil pada detik ke 10 dan tegangan yang terukur sekitar 240 mV. Dan pada gambar 5.6, gelombang DC yang terlihat tidak begitu sempurna diakibatkan adanya *ripple*. *Ripple* ini diakibatkan *rectifier* oleh komponen kapasitor yang ada pada rangkaian *rectifier* tidak bekerja secara maksimal sehingga membuat tegangan DC yang keluar dari *rectifier* tidak stabil. Tabel berikut merupakan hasil uji konversi dengan input *Function Generator* pada frekuensi antenna perencanaan awal, yaitu 1775 - 1825 MHz..

Tabel 5.4 - Hasil uji konversi *rectenna* dengan masukan *Function Generator*

Sumber : Hasil Pengujian

Frekuensi (MHz)	Output (Volt)
1775	0.20
1800	0,24
1825	0,23

5.6. Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Setelah pengukuran antena dan rangkaian *rectifier* dilakukan, maka selanjutnya akan dilakukan pengukuran kinerja *output* dari *rectenna* itu sendiri. Pengukuran kali ini akan menggunakan rangkaian *rectifier* yang diintegrasikan dengan antena uji yang telah di fabrikasi. Pengukuran ini tidak menggunakan inputan dari *Function Generator* tetapi akan menggunakan inputan frekuensi antena pemancar GSM 1800 MHz, yang sesuai dengan spesifikasi antena penerima yaitu antena GSM 1800 MHz. Sedangkan tegangan keluaran (*output*) *rectenna* ini akan diukur dengan menggunakan *multimeter digital*.

5.6.1 Tujuan Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Pengukuran kinerja *rectenna* merupakan permasalahan utama dalam penulisan skripsi ini. Tujuan utama dalam mengukur kinerja dari rangkaian *rectenna* adalah untuk mengetahui kemampuan *rectenna* mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi gelombang DC serta mengetahui seberapa besar tegangan hasil konversi yang dapat dihasilkan oleh *rectenna* tersebut.

5.6.2 Peralatan yang digunakan untuk Pengukuran Kinerja *Rectenna*

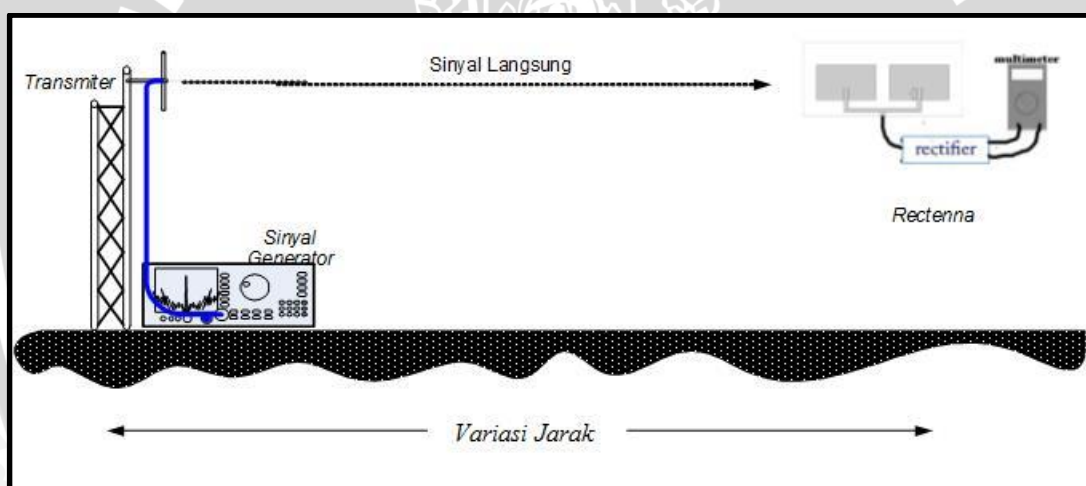
Peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan pengukuran kinerja *rectenna*, antara lain :

1. *Rectenna (rectifier antenna)* (1 buah)
2. Antena *dipole* $1/2\lambda$ (1 buah)
3. *Signal Generator* (1 buah)
4. Konektor SMA (1 buah)
5. *Adapter* SMA to BNC (1 buah)
6. *Adapter* BNC to N (1 buah)
7. Tiang penyangga (1 buah)
8. *Digital Multimeter* (1 buah)

5.6.3 Prosedur Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengukuran kinerja dari *rectenna*, antara lain :

1. Memasang antenna *dipole* $\lambda/2$ sebagai antenna pemancar GSM 1800 MHz dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
2. Memasang antenna uji sebagai antenna penerima kemudian menghubungkannya ke rangkaian *rectifier*, seperti ditunjukkan pada gambar 5.7.
3. Menguhungkan kaki LED pada rangkaian rectenna pada *digital multimeter*, untuk mengetahui tegangan.
4. Mengaktifkan *Signal Generator*, kemudian mengaturnya pada frekuensi 1800 MHz.
5. Mengukur tegangan *output* DC yang dihasilkan dengan bervariasi jarak antara rangkaian *rectenna* dengan antenna pemancar GSM.

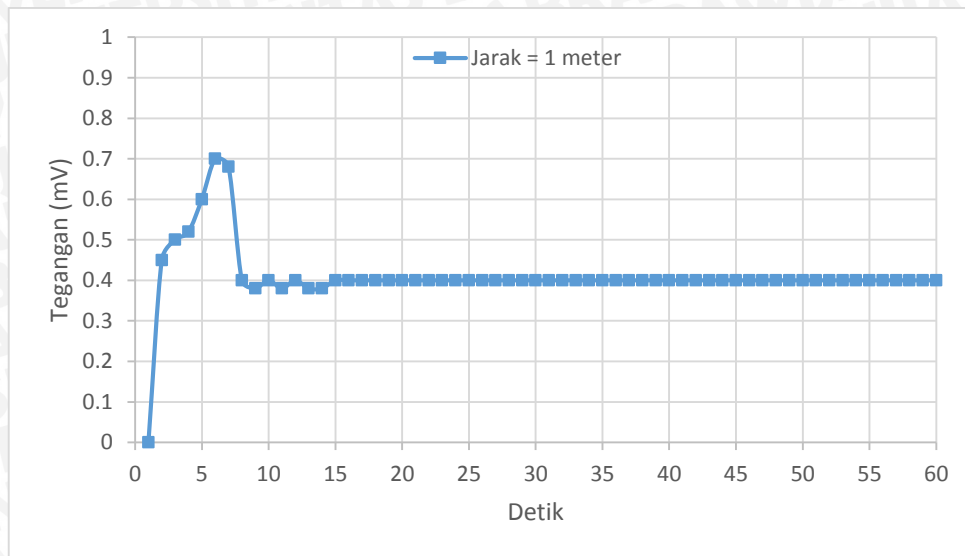


Gambar 5.7 - Rangkaian Pengukuran Rectenna

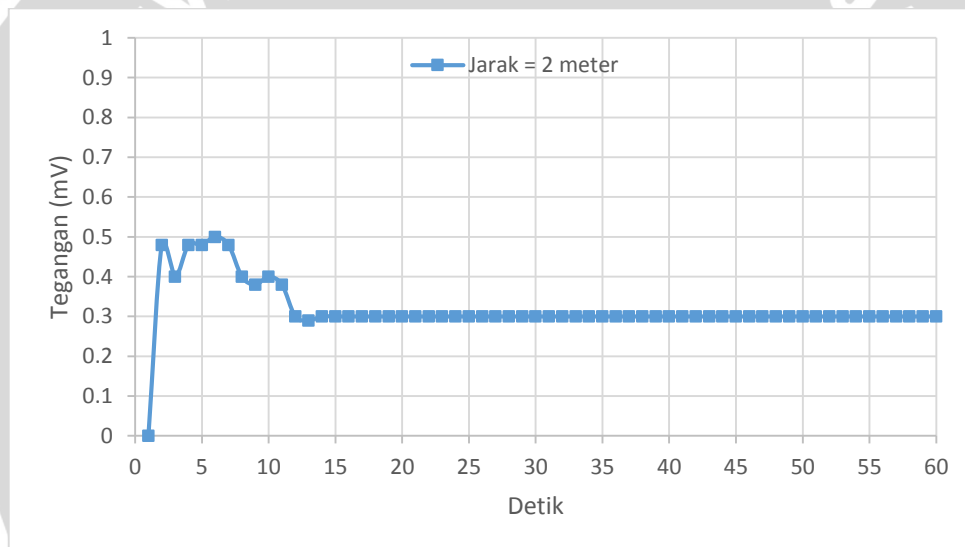
Sumber : Pengujian

5.6.4 Hasil Pengukuran Kinerja Rectenna

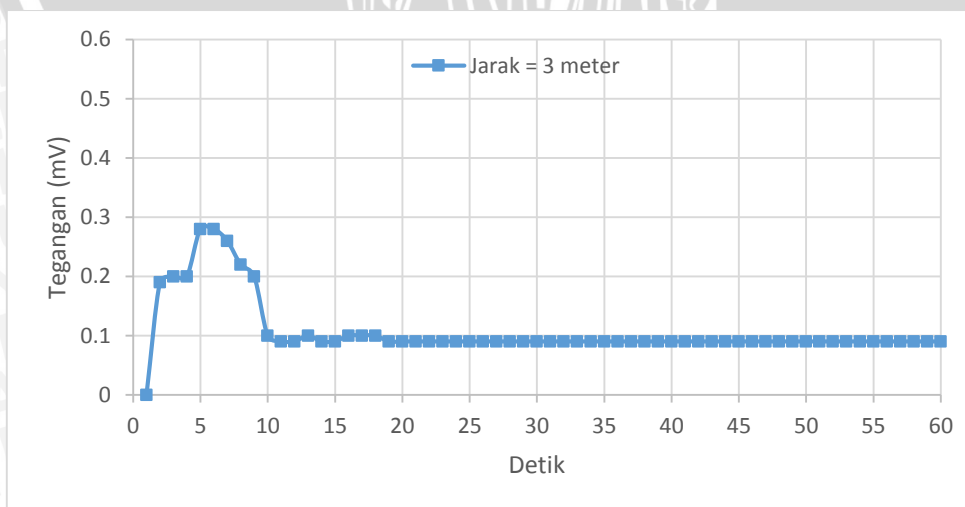
Variasi jarak pengukuran *rectenna* dilakukan untuk mengetahui berapa besar tegangan hasil konversi dari gelombang elektromagnetik menjadi gelombang DC di setiap titik jarak pengukuran. Pengukuran dilakukan lima kali dimana setiap pengukuran, jarak antara *rectenna* dan antenna pemancar yang di tentukan mulai dari sejauh 1 meter sampai dengan 5 meter. Hasil konversi tegangan keluaran dari *rectenna* berupa tegangan DC yang akan diukur menggunakan *multimeter digital*. Kemudian hasil *sampel* pengukuran dibuat dalam grafik 5.5 berikut.



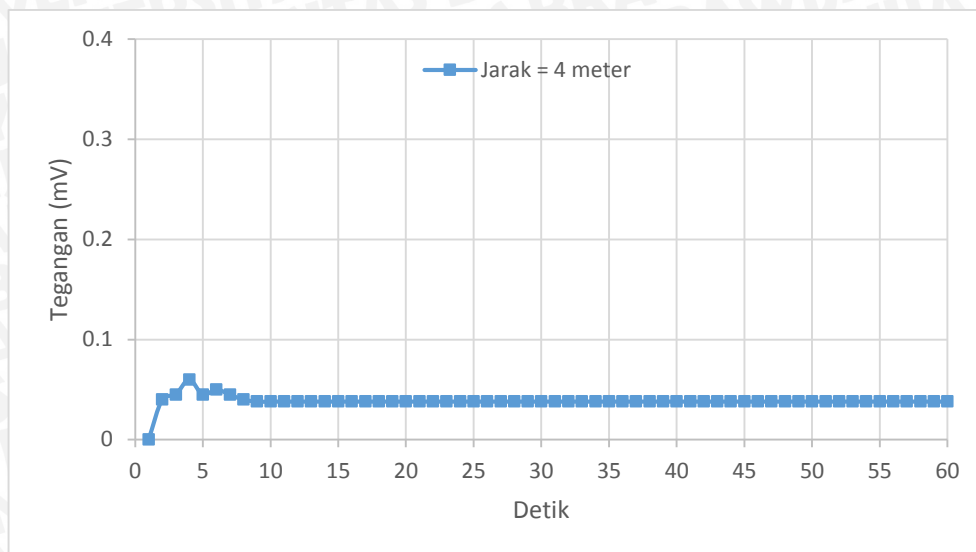
Grafik 5.5 (a)



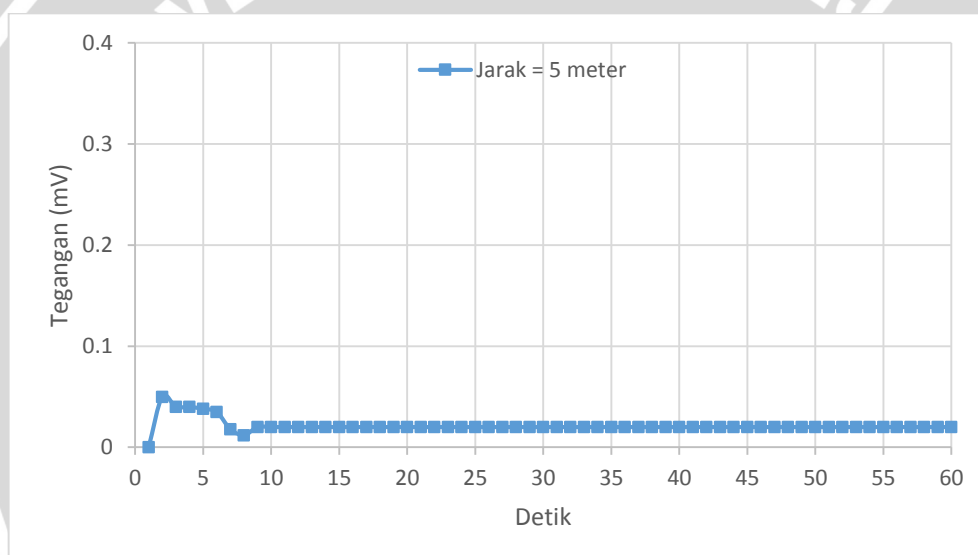
Grafik 5.5 (b)



Grafik 5.5 (c)



Grafik 5.5 (d)



Grafik 5.5 (e)

Grafik 5.5 - Grafik pengukuran tegangan *output* DC hasil konversi *rectenna*
Pengukuran *rectenna* dengan jarak 1 meter dari antenna pemancar (a), 2 meter (b), 3 meter (c),
4 meter (d), dan 5 meter (e). **Sumber** : Hasil Pengujian

Hasil konversi tegangan DC terbaik yang dilakukan oleh *rectenna* adalah pada jarak 1 meter didepan antenna pemancar yaitu sebesar 0.4 mV. Tegangan ini cukup kecil untuk dapat menyalakan sebuah LED yang dipasang pada *rectenna*. Dari grafik 5.5 dapat disimpulkan bahwa makin jauh antara antenna pemancar dengan *rectenna*, maka gelombang elektromagnetik yang mampu dikonversi oleh *rectenna* semakin kecil. Adapun tegangan terkecil yang dihasilkan oleh *rectenna* yaitu pada jarak 5 meter dengan tegangan DC bernilai 0.02 mV.

5.7. Analisis Perbandingan Kinerja *Output Rectenna*

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran dan simulasi *rectenna*, maka kita dapat melakukan beberapa analisa. Pada tabel 5.5 berikut ini, diperlihatkan perbandingan tegangan keluaran *rectifier* hasil simulasi *rectifier* yang diberi masukan frekuensi GSM 1800 MHz dari perangkat *function generator* dan apabila diberi masukan frekuensi GSM 1800 MHz dengan menggunakan antena pemancar (*rectenna*).

Tabel 5.5 - Tabulasi Perbandingan simulasi dan pengukuran *rectenna*

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Parameter	Pengukuran <i>rectifier</i> dengan inputan frekuensi <i>function generator</i> 1800 MHz		Pengukuran <i>rectenna</i> (mV)
	Simulasi (mV)	Realisasi (mV)	
Hasil Konversi Tegangan	273	240	0.4
Indikator LED	Menyala	Menyala	Tidak Menyala

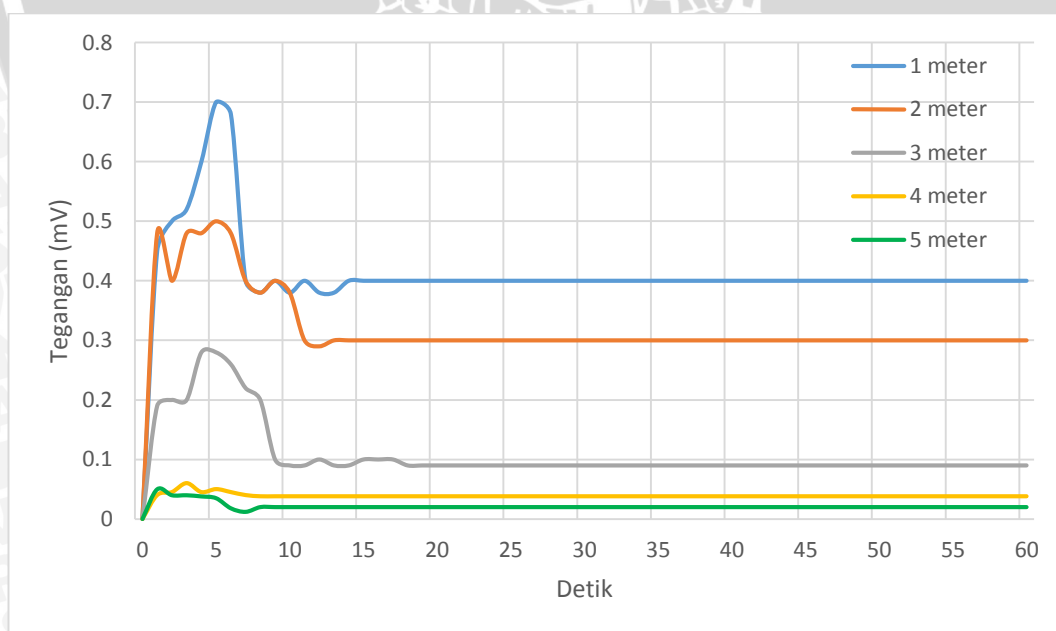
Kita dapat melihat bahwa nilai tegangan hasil konversi *rectifier* pada saat pengukuran *rectifier* yang telah difabrikasi, cukup mendekati nilai tegangan hasil konversi *rectifier* pada saat simulasi. Ini membuktikan bahwa *rectifier* mampu bekerja sesuai dengan perencanaan awal, jika diberi masukan frekuensi GSM 1800 MHz dari perangkat *function generator*. Tetapi pada saat pengukuran *rectifier* yang diintegrasikan dengan antena yang telah di fabrikasi (*rectenna*), maka tegangan hasil konversi cenderung mengecil menjadi sekitar 0.4 mV. Ini diakibatkan oleh antena uji yang telah di fabrikasi tidak mempunyai *gain* yang maksimal. Pada tabel 5.6 diperlihatkan bahwa, *gain* yang dihasilkan antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah difabrikasi hanya sebesar 5.95 dBi pada frekuensi 1800 MHz. Hasil tersebut tidak sesuai dengan *gain* hasil simulasi antena, yaitu 7.06 dBi. Berkurangnya *gain* pada antena yang telah difabrikasi, mengakibatkan penguatan dari antena untuk menangkap gelombang elektromagnetik berkurang. Kedua, *loss* atau rugi-rugi juga terjadi pada sambungan konektor antara antena dan *rectifier*. Hal ini juga cukup mempengaruhi daya yang masuk pada *rectifier* menjadi lebih kecil

sehingga *rectifier* hanya mampu mengkonversikan gelombang elektromagnetik menjadi tegangan output DC sekitar 0.4mV. Dan terakhir, dapat dianalisa pada grafik 5.6 bahwa jarak juga mempengaruhi konversi tegangan yang dilakukan oleh *rectenna*. Makin jauh jarak antenna pemancar GSM 1800 MHz dari *rectenna*, maka semakin kecil tegangan yang mampu dikonversi oleh *rectenna*. Hasil terbaik yang diberikan oleh *rectenna* yaitu pada jarak 1 meter dari antenna pemancar, dengan tegangan output hasil konversi sekitar 0.4 mV.

Tabel 5.6 - Tabulasi Perbandingan simulasi dan pengukuran *antenna*

Sumber : Hasil Simulasi dan Pengujian

Parameter Antena		Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Bandwidth	Rentang Frekuensi (MHz)	1775 - 1825	1775 - 1825
	Total <i>Bandwidth</i>	50	50
Gain	Frekuensi dengan <i>Gain</i> Maksimum (MHz)	1800	1800
	Nilai <i>Gain</i> (dB)	7.06	5.95
VSWR	VSWR Terendah	1.1966	1.181
Return Loss	RL Terendah	-23.5	-21.5



Grafik 5.6 - Grafik Variasi Jarak Pengukuran Tegangan Output *Rectenna*

Sumber : Hasil Pengujian

BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, pengukuran, serta analisis dari *rectenna (rectifier antenna)* yang telah di fabrikasi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, antenna mikrostrip *rectangular patch array*, yang terbuat dari bahan FR-4 Epoxy dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.5, pada frekuensi 1800 MHz, diperoleh dimensi elemen peradiasi antenna adalah sebagai berikut :

Variabel	Dimensi (mm)
W (lebar patch)	58.25
L (panjang patch)	39.6
W₀ (lebar saluran transmisi)	2.75
L₀ (panjang saluran transmisi)	26
Y₀ (panjang insert feed)	11.8
Wg (lebar ground plane)	85
Lg (panjang ground plane)	76
X₀ (Jarak antara patch)	10.5

2. Nilai tegangan keluaran (*output*) yang dihasilkan oleh rangkaian *rectenna* sangat dipengaruhi oleh jarak antara antenna pemancar gelombang elektromagnetik dengan *rectenna* tersebut. Dari analisis disimpulkan bahwa semakin dekat jarak antenna pemancar gelombang elektromagnetik ke arah *rectenna*, maka tegangan keluaran (*output*) *rectenna* tersebut semakin besar sebaliknya, apabila arah antenna pemancar gelombang elektromagnetik makin menjauhi *rectenna*, maka nilai tegangan keluaran (*output*) *rectenna* tersebut semakin kecil.

3. Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *rectenna* pada perancangan skripsi ini masih relatif kecil, sekitar 0.4 mV sehingga belum mampu menyalakan sebuah LED secara maksimal.

6.2. Saran

Adapun saran yang ingin penulis berikan demi pengembangan skripsi ini selanjutnya, antara lain :

1. Untuk saran pengembangan penelitian *rectenna* selanjutnya, dapat dilakukan dengan menggunakan antena mikrostrip yang mampu menangkap gelombang elektromagnetik dengan frekuensi *triple-band* atau dengan antena mikrostrip dengan frekuensi *ultra-wideband*.
2. Pada antena mikrostrip, dapat dilakukan pengoptimalisasian lebih lanjut dari *patch array* antena dengan kombinasi konfigurasi-konfigurasi *patch* yang baru, seperti *patch rugby ball*, *patch egg* atau *patch circular* agar didapatkan hasil yang lebih baik dan optimal.
3. Untuk mendapatkan hasil tegangan keluaran (*output*) yang lebih maksimal, maka pada *rectifier* dapat dilakukan dengan cara meng-*cascade*-kan rangkaian tersebut dua atau tiga *stage* lebih banyak, juga dengan melakukan proses simulasi *pe-matching*-an antena pada rangkaian *rectifier* tersebut. Simulasi *pe-matching*-an antara antena dan *rectifier* sangat perlu, untuk mengetahui berapa besar daya yang hilang dan rugi-rugi yang timbul akibat pemasangan konektor antara antena dan *rectifier* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. *"Antena Theory: Analysis and Design"*, 3rd Edition. John Wiley and Sons, 2005.
- Barcak, J. Michael and Hakan P. Partal, *"Efficient RF Energy Harvesting by Using Multiband Microstrip Antenna Arrays with Multistages Rectifiers"*, Jurnal IEEE 2008.
- Barnett, Raymond E., Jin Liu and Steve Lazar, *"A RF to DC Voltage Conversion Model for Multi-Stage Rectifiers in UHF RFID Transponders"*, IEEE Journal of solid-state circuits, vol.44, no. 2, Feb. 2009.
- Elektronika Dasar (2012), *"Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier)"*, diakses Juni - Juli, 2014.
www.elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/
- Firmasyah, Faizal, *"Rancang Bangun Desain Antena PIFA (Planar Inverted F-Antenna) untuk Penangkapan Daya Elektromagnetik pada Frekuensi GSM 900 MHz dan DCS 1800 MHz dengan Metode Electromagnetic Harvesting"*, Jurnal Teknik POMITS, vol.1, 2012.
- J. Paulo and P.D. Gaspar, *"Review and future trend of energy harvesting methods for portable medical devices"*, Proceedings of the World Congress on Engineering 2010, Vol II, WCE 2010, June 30 - July 2, 2010, London, U.K.
- Kraus, John Daniel. *Antennas*, McGraw-Hill International, 1988, New York.
- Liang, J., C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, *"Printed circular disc monopole antenna for Ultrawideband applications"*, Electronics Letters, Vol. 40, No. 20, September 30, Jurnal IEEE 2004.
- Nugraha, Rawan, *"Perancangan dan Realisasi Rectifier Antenna pada frekuensi 900 MHz - 5GHz sebagai sumber alternatif"*, Skripsi, 2013. Universitas Telkom, Bandung.
- Nakar, Punit S, *"Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices"*, Thesis, 2004. The Florida State University.
- Prasetya, Budi. *"Rangkaian Penyesuaian Impedansi"*, Modul Elektronika Telekomunikasi, 2008, STT Telkom, Bandung.
- S. Meninger, *"A low power controller for a MEMS based energy converter"*, Master's thesis, Dept. Electr. Eng. Comput. Sci., Mass. Inst. Technol., Cambridge, MA, Jun. 1999.
- Tudose, Dan Stefan and Andrei Voinescu, *"Rectifier Antenna Design for Wireless Sensor Networks"*, Jurnal IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 2013.
- Vullers. Ruud J.M, Visser. Huib J, (2008). *"RF Harvesting Using Antenna Structures on Foil. Proceeding of Power MEMS"*, Japan, 2008.
- Wang, Jiadong., Mark Patterson and Guru Subramanyam, *"Design of 2.45GHz Rectifier Antenna and Frequency Tunable Antenna Design"*, Jurnal IEEE 2008.

LAMPIRAN

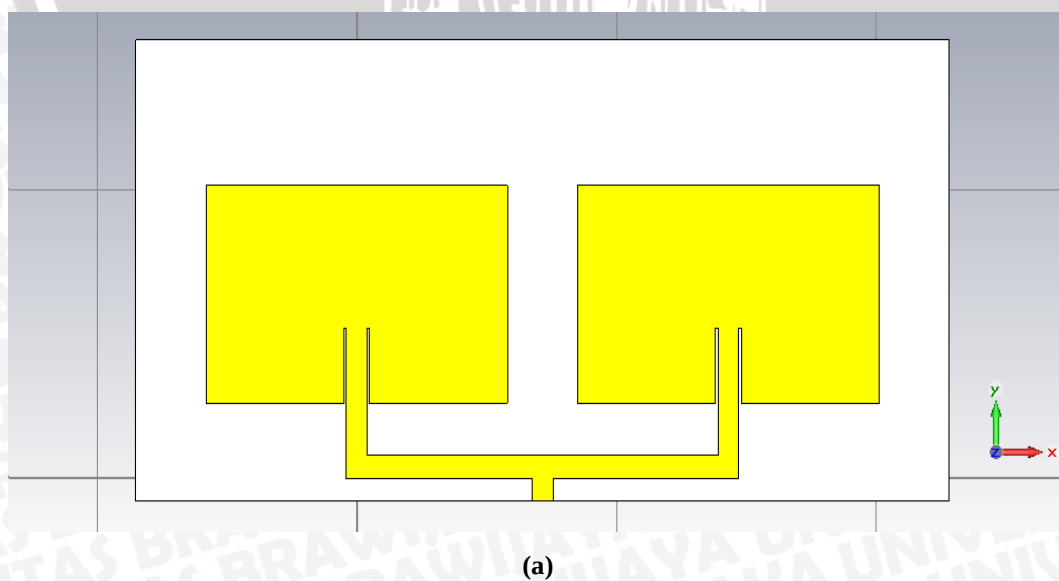
Lampiran 1. Langkah - langkah Simulasi Antena Menggunakan CST 2010

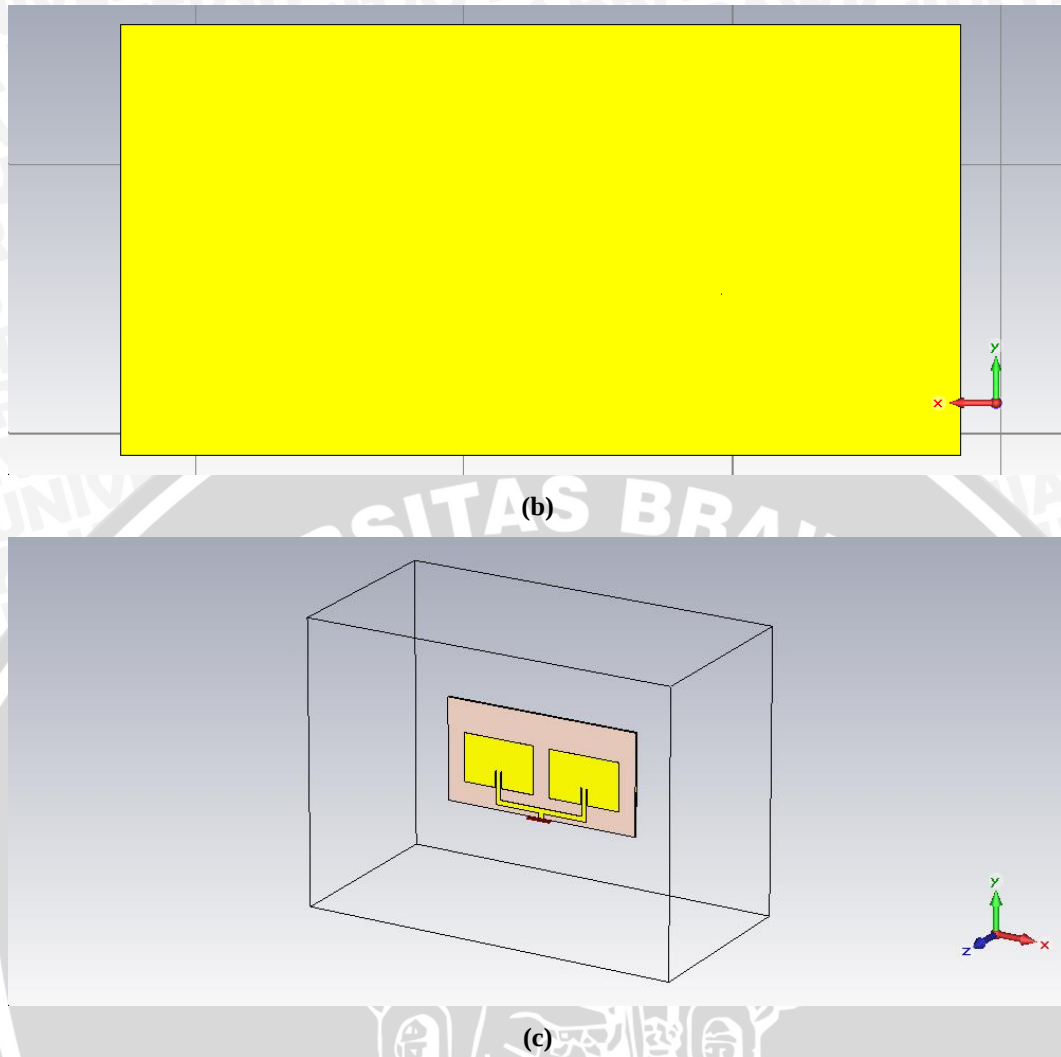
Dalam penyelesaian skripsi ini digunakan simulator CST 2010 untuk merancang antena dan mensimulasikan parameter-parameter dari antena hasil rancangan. Dalam perancangan ada beberapa langkah yang harus dilakukan.

Tahap 1 Pemodelan Elemen Peradiasi

Bentuk elemen peradiasi yang akan disimulasikan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Parameter dasar dari antena mikrostrip adalah sebagai berikut

- Bahan *Epoxy Fiberglass* – FR 4
 konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,5
 ketebalan lapisan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm
 loss tangent = 0,018
- Bahan pelapis substrat tembaga (konduktor)
 ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 mm
 konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m^{-1}
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

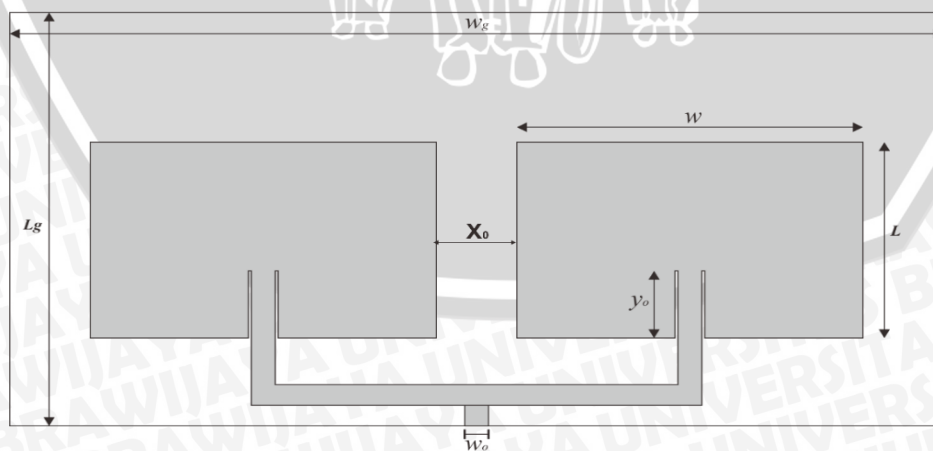




Gambar 1 - Gambar Antena Mikrostrip *Rectangular patch Array* pada Simulator CST 2010

(a) tampak depan (b) tampak belakang (c) tampak perspektif

Sumber : Perencanaan



Gambar 2 - Geometri *Rectangular Patch Array*

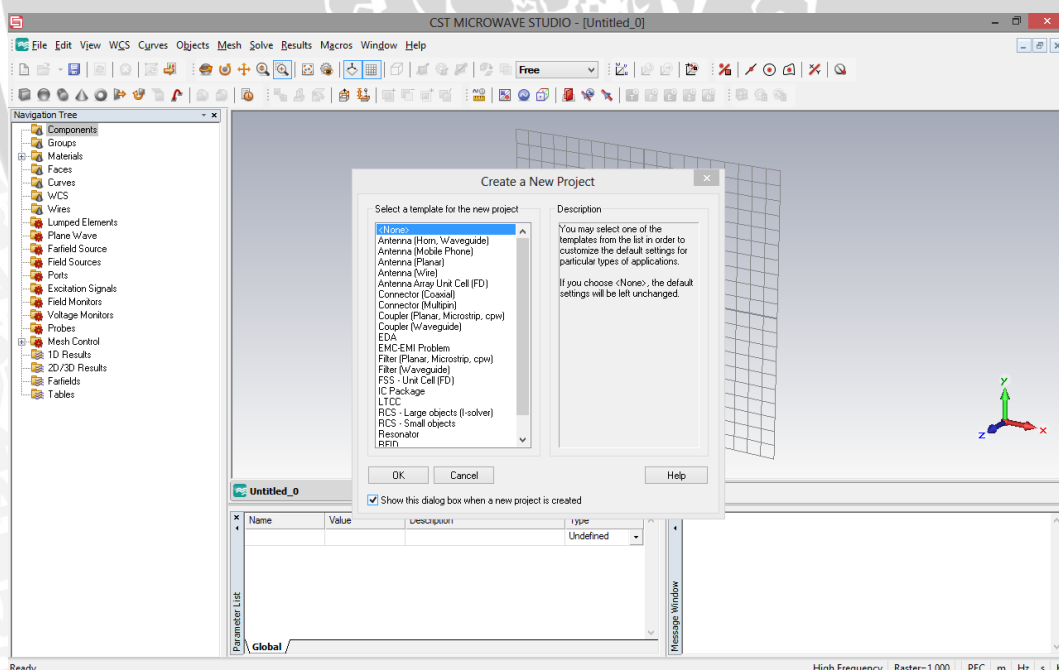
Sumber : Perencanaan

Tabel 1 - Tabel Dimensi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Array*

Variabel	Dimensi (mm)
W (lebar patch)	58.25
L (panjang patch)	39.6
W₀ (lebar saluran transmisi)	2.75
L₀ (panjang saluran transmisi)	26
Y₀ (panjang insert feed)	11.8
W_g (lebar ground plane)	85
L_g (panjang ground plane)	76
X₀ (Jarak antara patch)	10.5

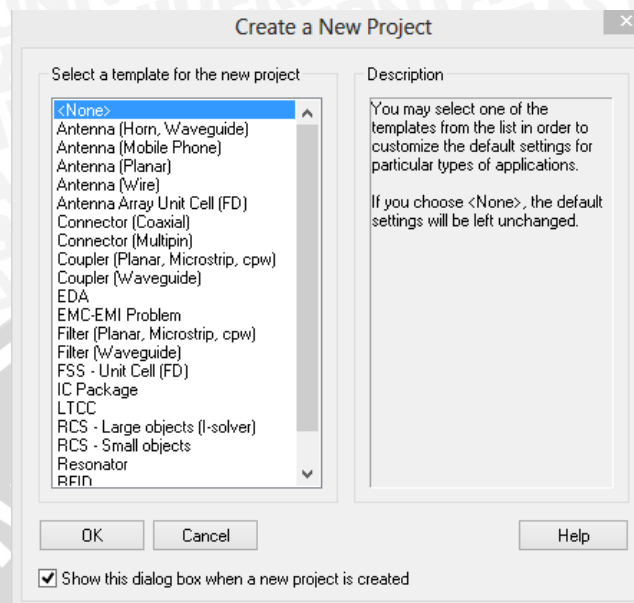
1. Menjalankan Program Simulator CST Studio Suite 2010

Jalankan program simulator CST 2010, kemudian pada jendela simulator CST 2010, pilih *create a new project* kemudian klik pada pilihan CST MICROWAVE STUDIO kemudian klik OK. Setelah itu, pada langkah awal langkah akan muncul gambar seperti di bawah ini :

**Gambar 3** - Interface awal

2. Membuat lembar *Project* baru

Pada jendela *create a new project*, klik *none* kemudian pilih OK.



Gambar 4 - Jendela *create a new project*

3. Memasukkan nilai-nilai *parameter list*

Nilai-nilai *parameter list* seperti panjang dan lebar *patch*, panjang dan lebar substrat, serta ukuran dari *ground plane* yang telah dihitung sebelumnya, dimasukkan ke dalam *window parameter list*. Nilai parameter yang telah dimasukkan ke *window parameter list* akan menjadi seperti gambar berikut :

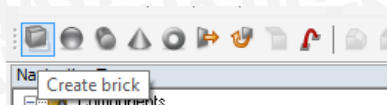
Name	Value	Description	Type
L	37.8	panjang patch	Undefined
Is	26	panjang strip	Undefined
Lsb	76	panjang substrat	Undefined
W	58	lebar patch	Undefined
Ws	4	lebar strip	Undefined
Wsb	85	lebar substrat	Undefined
h	0.1	tinggi tembaga	Undefined

Gambar 5 - Window Parameter List

4. Perancangan Substrat

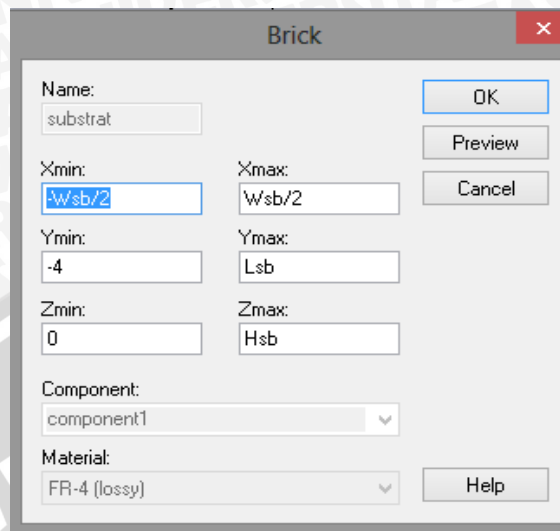
Langkah - langkah perancangan substrat antenna adalah sebagai berikut :

a. Pada *toolbar* pilih *item create brick*



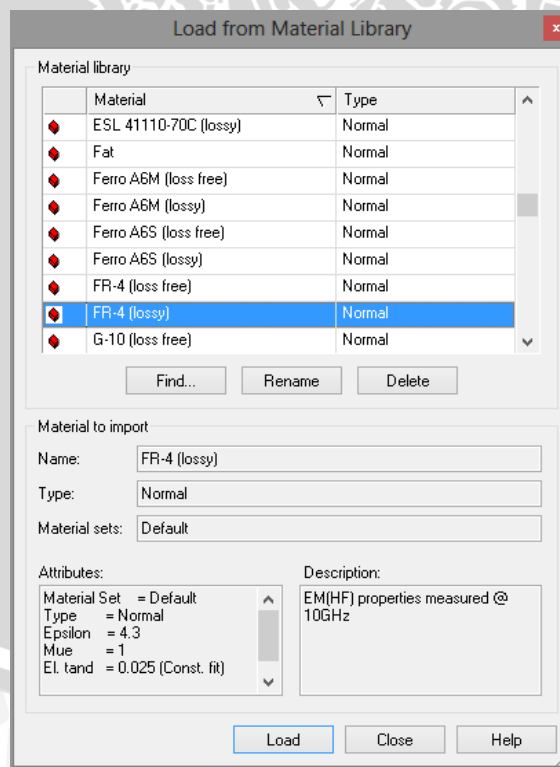
Gambar 6 - *item create brick* untuk membuat substrat

- b. Klik *esc*, dan masukkan koordinat serta nilai dari dimensi substrat yang sebelumnya telah dimasukkan ke dalam *parameter list*.



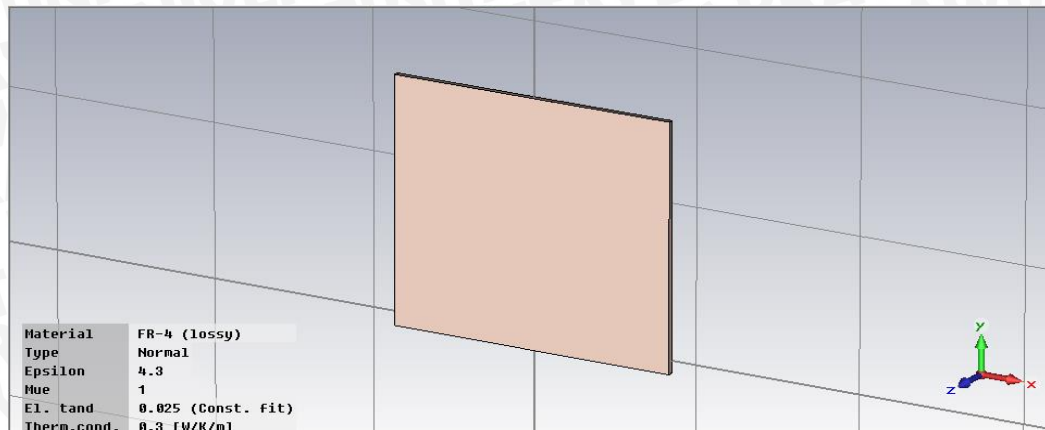
Gambar 7 - Window koordinat dan dimensi substrat

- c. Klik *material*, kemudian klik *Load From Material Library*, kemudian ganti materialnya menjadi FR4, kemudian klik *Load*.



Gambar 8 - Window pemilihan material substrat

- d. Klik *preview* untuk melihat letak substrat yang telah dimasukkan nilai koordinatnya, apabila sudah benar, beri nama 'substrat' kemudian klik OK. Gambar substrat akan seperti gambar 9.

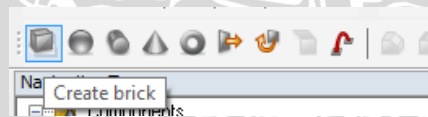


Gambar 9 - Gambar substrat antenna mikrostrip *rectangular patch*

5. Perancangan *Ground Plane*

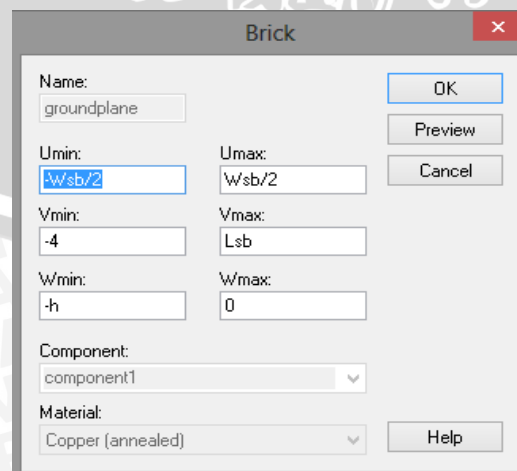
Langkah - langkah perancangan *ground plane* antenna adalah sebagai berikut :

- Langkah - langkah utama dalam perancangan *ground plane*, akan sama seperti pada langkah - langkah membuat substrat. Yang berbeda pada perancangan *ground plane* adalah nilai koordinat letak *ground plane* dan material penyusun *ground plane* tersebut.
- Pada *toolbar* pilih item *create brick*



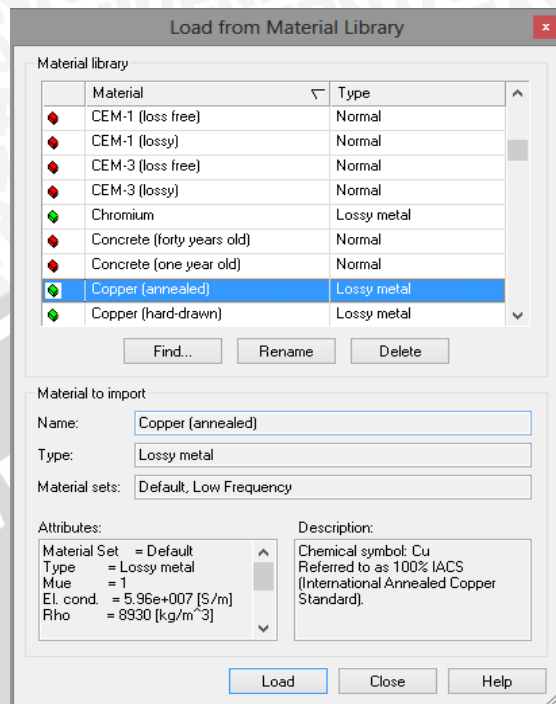
Gambar 10 - item *create brick* untuk membuat *ground plane*

- Klik *esc*, dan masukkan koordinat serta nilai dari dimensi *ground plane* yang sebelumnya telah dimasukkan ke dalam *parameter list*.



Gambar 11 - Window koordinat dan dimensi *ground plane*

- d. Klik material, kemudian klik *Load From Material Library*, kemudian ganti materialnya menjadi *cooper*, kemudian klik *Load*.



Gambar 12 - Window pemilihan material *ground plane*

- e. Klik *preview* untuk melihat letak substrat yang telah dimasukkan nilai koordinatnya, apabila sudah benar, beri nama '*ground plane*' kemudian klik OK.

6. Perancangan Elemen Peradiasi.

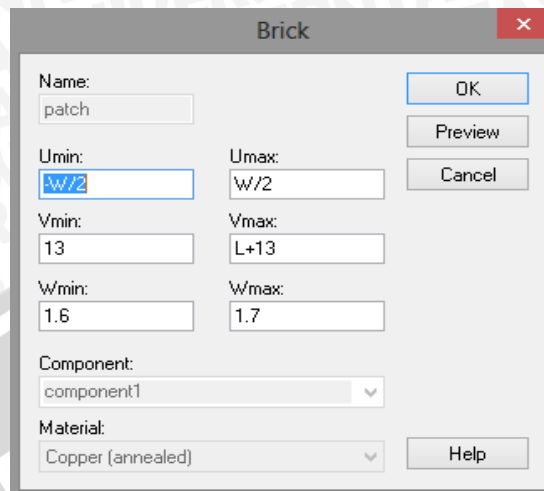
Langkah-langkah perancangan elemen peradiasi antenna adalah :

- Untuk membuat *patch rectangular array*, maka yang diperlukan hanya membuat satu buah *patch* berbentuk *rectangular*, yang kemudian nantinya *patch* tersebut akan digandakan (*copy-paste*) sehingga menghasilkan dua buah *patch* yang sama. Setelah itu, jarak antar kedua *patch* akan di atur dan dihubungkan dengan sebuah saluran transmisi yang telah dimasukkan nilai dimensinya pada *window parameter list*.
- Untuk membuat *patch rectangular*, pada toolbar pilih item *create brick*



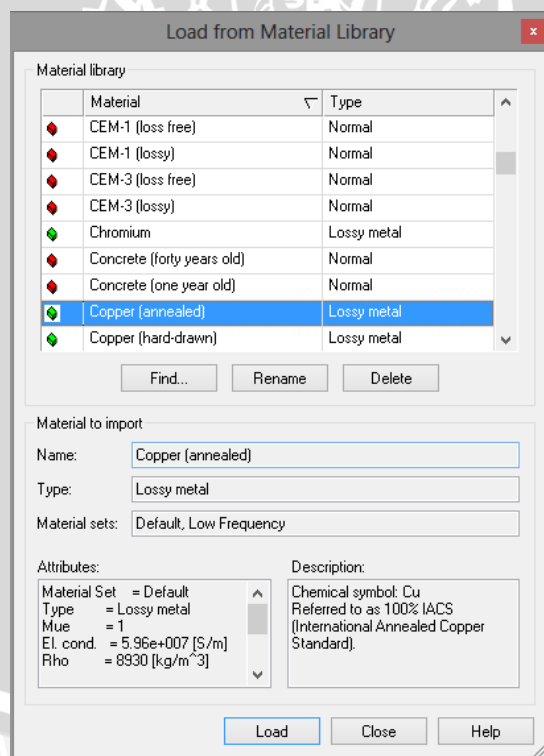
Gambar 13 - item *create brick* untuk membuat *patch rectangular*

- c. Klik *esc*, dan masukkan koordinat serta nilai dari dimensi *patch* yang sebelumnya telah dimasukkan ke dalam *parameter list*.



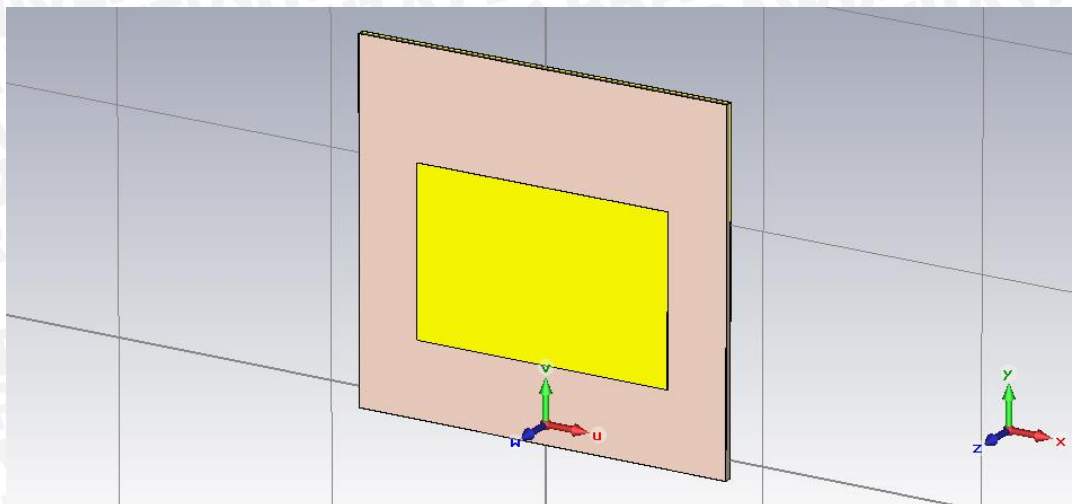
Gambar 14 - Window koordinat dan dimensi *patch*

- d. Klik material, kemudian klik *Load From Material Library*, kemudian ganti materialnya menjadi *copper*, kemudian klik *Load*.



Gambar 15 - Window pemilihan material *patch*

- e. Klik *preview* untuk melihat letak substrat yang telah dimasukkan nilai koordinatnya, apabila sudah benar, beri nama '*patch*' kemudian klik OK. Gambar substrat akan seperti gambar 16.



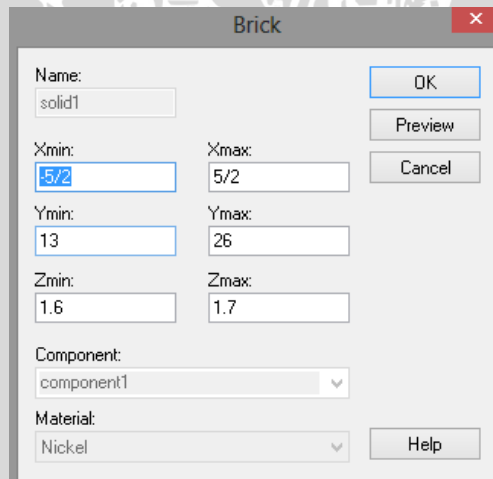
Gambar 16 - Gambar patch, substrat dan *ground plane* antenna mikrostrip *rectangular patch*

- f. Membuat bagian *insert feed* dari *patch* antenna. Pertama kali, akan dibuat sebuah kotak dengan memilih item *create brick*.



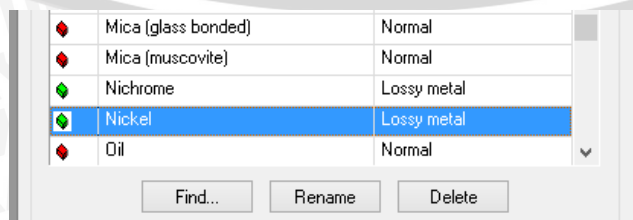
Gambar 17 - item *create brick* untuk membuat *insert feed*

- g. Klik *esc*, dan masukkan nilai koordinatnya.



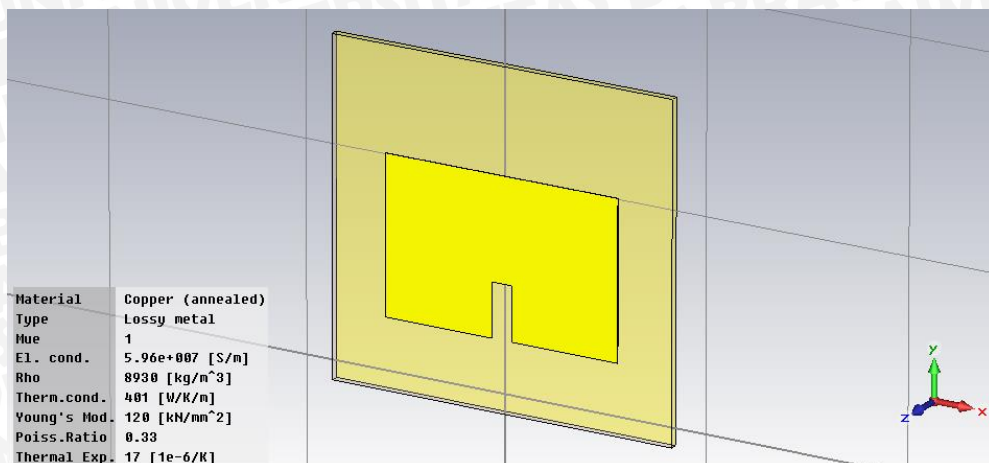
Gambar 18 - Window koordinat kotak *insert feed patch* antenna

- h. Klik material, kemudian klik *Load From Material Library* pilih *nickel*.



Gambar 19 - Window material *nickel* untuk material *insert feed* antenna

- i. kemudian klik *Load* dan klik *subtract*.



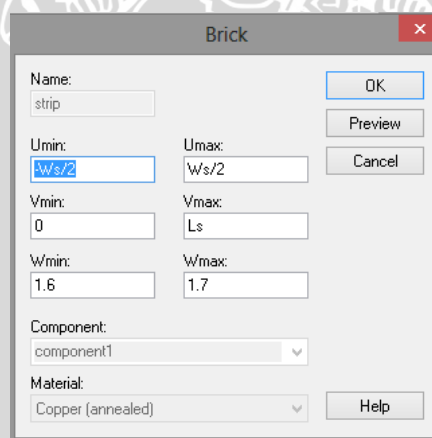
Gambar 20 - Pembentukan *insert feed* pada patch antenna

- j. selanjutnya akan membuat saluran transmisi. Pilih item *create brick*.



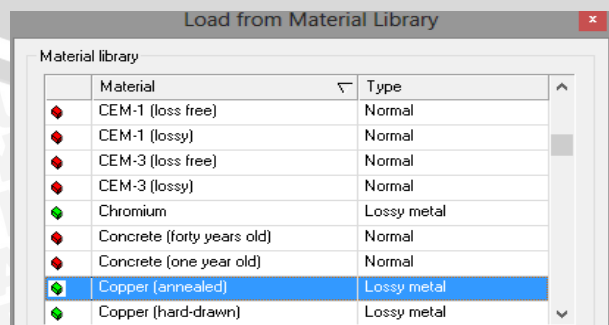
Gambar 21 - item *create brick* untuk membuat saluran transmisi

- k. Klik *esc*, dan masukkan nilai koordinatnya.



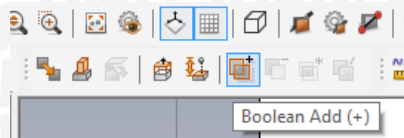
Gambar 22 - Window koordinat kotak saluran transmisi antenna

- l. Klik material, kemudian klik *Load From Material Library* pilih *copper*.



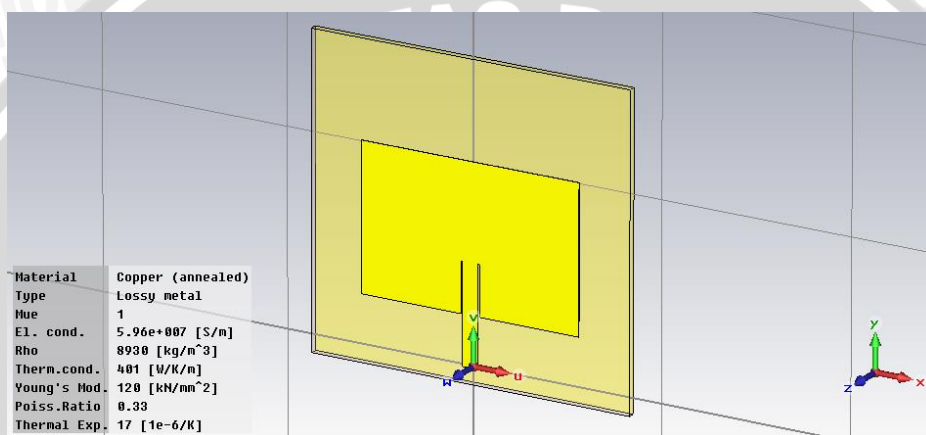
Gambar 23 - Window material *copper* untuk material saluran transmisi antenna

- m. Apabila sudah benar, beri nama 'strip' kemudian klik OK. Kemudian *patch* dan saluran transmisi digabungkan, dengan cara meng-klik *boolean add (+)* pada *toolbar*.



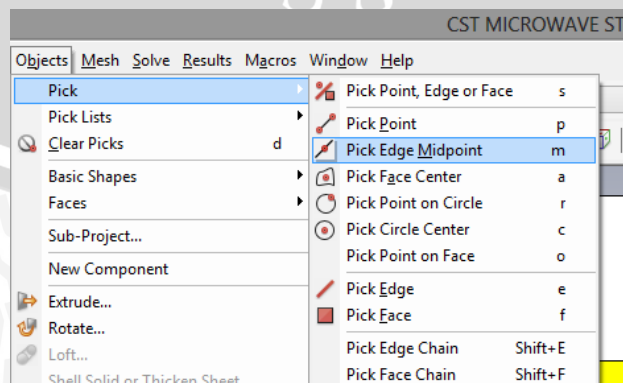
Gambar 24 - Boolean add (+) untuk menggabungkan *patch* dan saluran transmisi

- n. Gambar *patch* antenna dan saluran transmisi yang telah digabungkan akan menjadi seperti gambar 25.

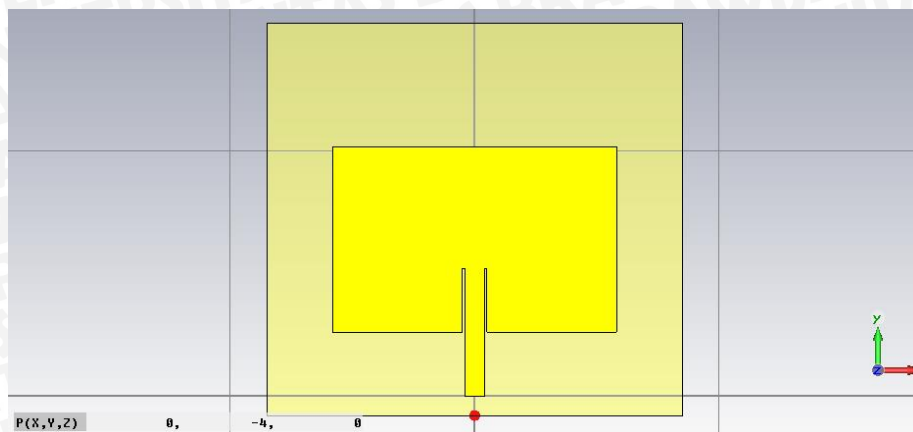


Gambar 25 - Gambar penggabungan antenna dengan saluran mikrostrip

7. Perancangan antenna mikrostrip *rectangular patch array* (penggandaan)
Langkah - langkah penggandaan antenna mikrostrip *rectangular patch* sehingga menjadi antenna mikrostrip *rectangular patch array* sebagai berikut :
- a. Klik *object*, lihat pada pilihan *pick*, kemudian pilih *pick edge/midpoint*. Kemudian sentuh bagian tengah, di tepi bawah substrat antenna.

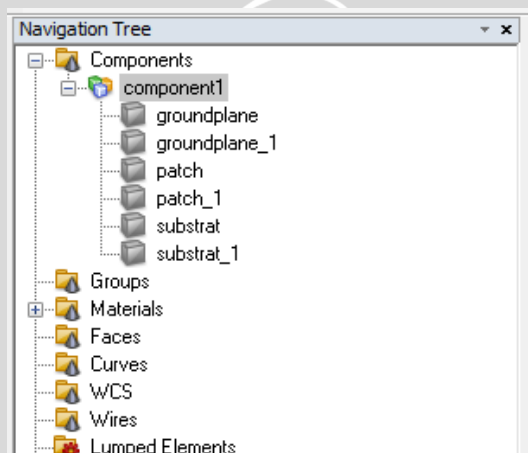


Gambar 26 - Option Pick Edge Midpoint

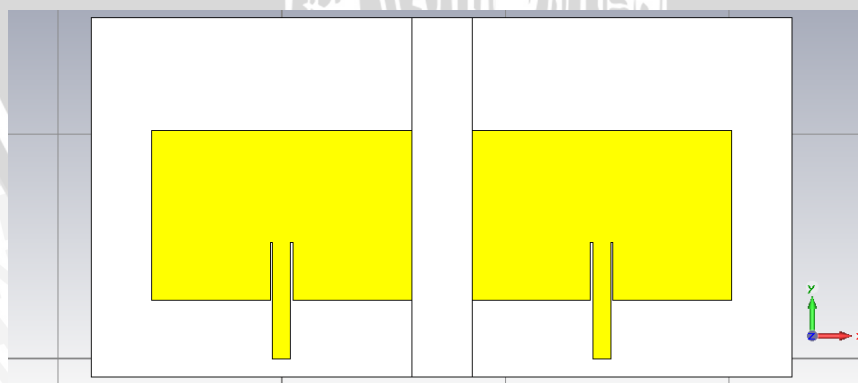


Gambar 27 - Titik merah hasil sentuhan bagian tengah tepi bawah substrat antenna

- b. Kemudian gandakan (*copy-paste*) bagian *patch*, *ground plane* dan substrat antenna pada *navigation tree*, dan geser sejauh lebar bagian substrat (dari patokan titik merah pada gambar 27 sampai selebar ukuran substrat)

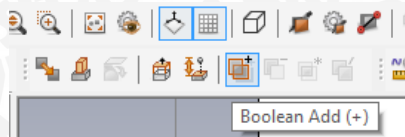


Gambar 28 - Bagian *patch*, *ground plane* dan substrat yang telah di gandakan

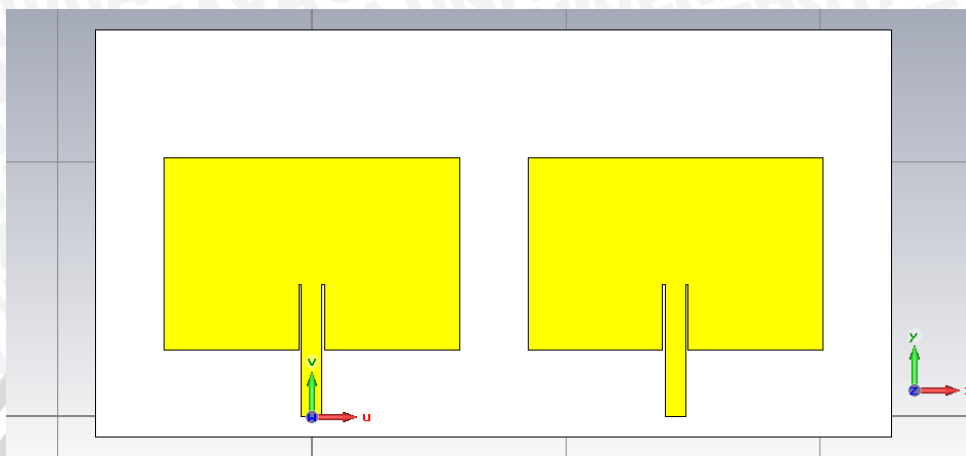


Gambar 29 - Bagian antenna yang telah digandakan kemudian digeser sejauh lebar substrat

- c. Kemudian bagian substrat serta *ground plane* antenna awal dan antenna hasil penggandaan di gabungkan, dengan cara meng-klik *boolean add (+)* pada *toolbar*.

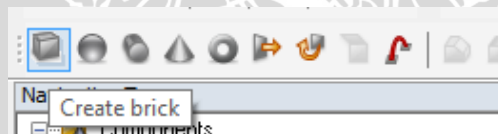


Gambar 30 - Boolean add (+) untuk menggabungkan substrat dan ground plane antenna



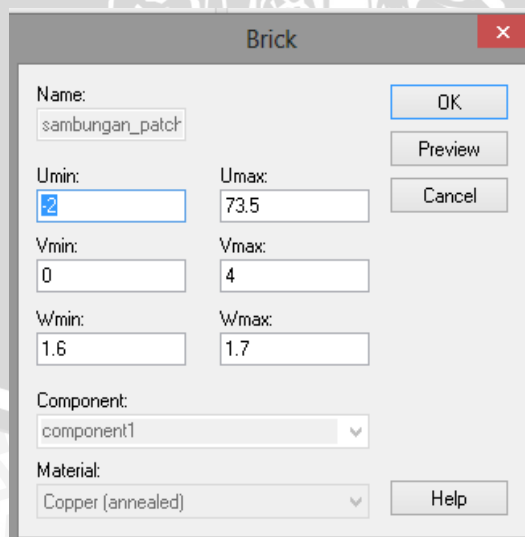
Gambar 31 - Gambar penggabungan antenna awal dan antenna hasil penggandaan

- d. Membuat sambungan saluran transmisi antar antenna agar dapat terhubung menjadi satu port saja. Pertama, pilih *item create brick* pada toolbar.



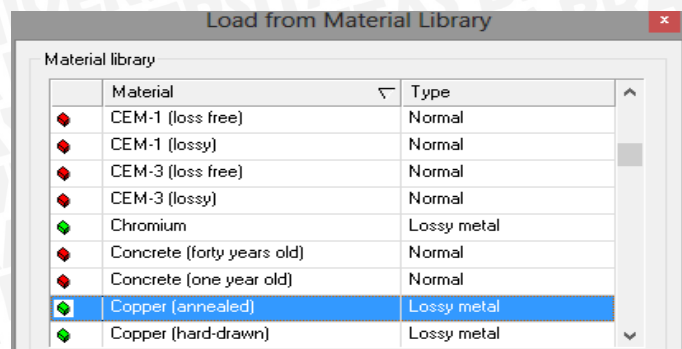
Gambar 32 - *item create brick* untuk membuat sambungan antar saluran transmisi

- e. Klik esc, dan masukkan nilai koordinatnya



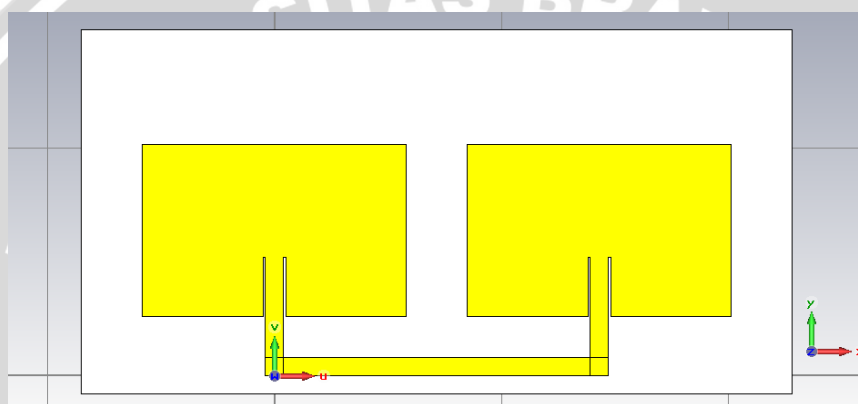
Gambar 33 - Window koordinat kotak sambungan saluran transmisi

- f. Klik material, kemudian klik *Load From Material Library* pilih *copper*.



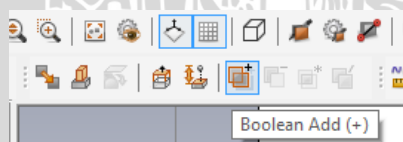
Gambar 34 - Window material *copper* untuk material sambungan saluran transmisi

- g. Apabila sudah benar, beri nama '*sambungan_patch*' kemudian klik OK.

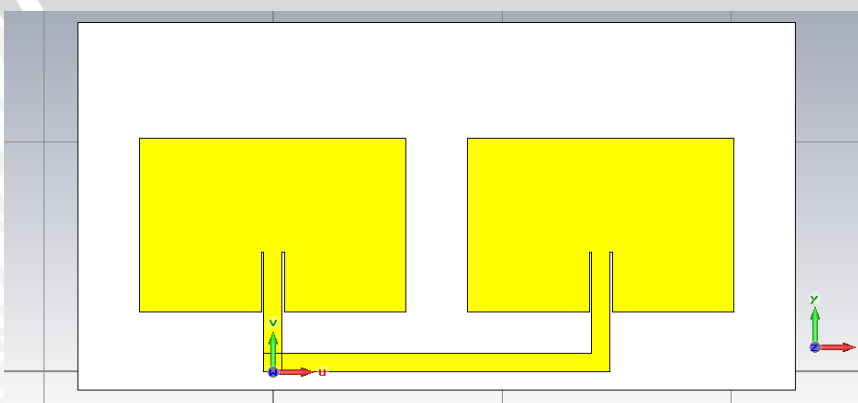


Gambar 35 - Gambar sambungan yang menghubungkan dua saluran transmisi yang terpisah

- h. Kemudian sambungan saluran transmisi dan saluran transmisi patch bagian kanan digabungkan, dengan cara meng-klik *boolean add (+)* pada *toolbar*.

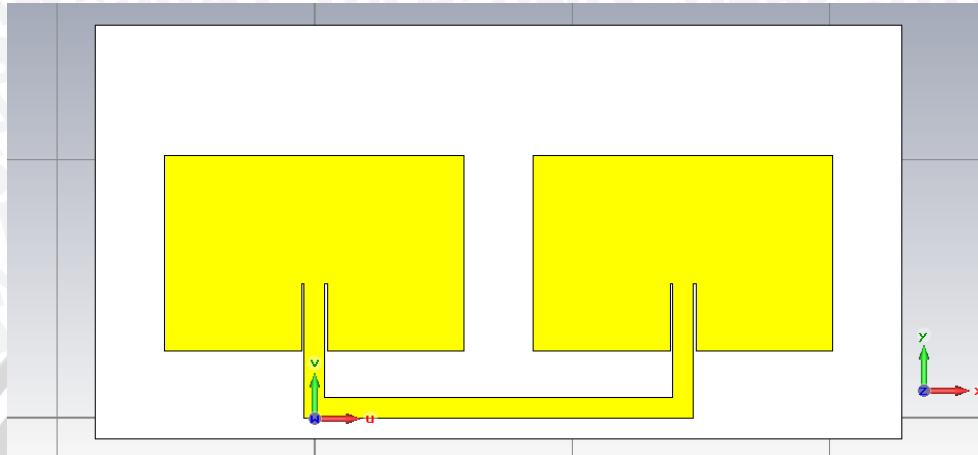


Gambar 36 - *Boolean add (+)* untuk menggabungkan *patch* bagian kanan dan sambungan saluran transmisi



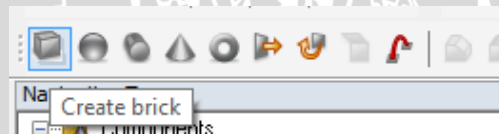
Gambar 37 - Gambar sambungan saluran transmisi yang telah tergabungkan dengan *patch* kanan

- i. Kemudian ulangi tahap *boolean* diatas untuk menyambungkan *patch* kiri dengan *patch* kanan yang sudah terhubung dengan sambungan saluran transmisi.



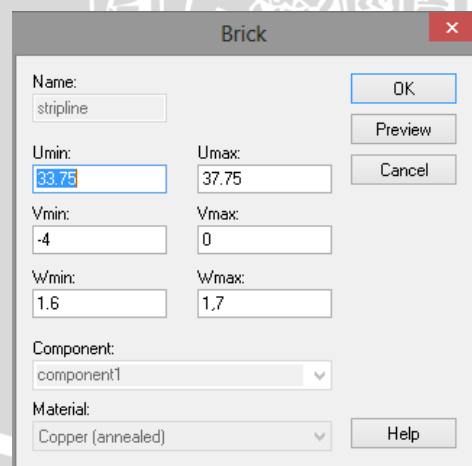
Gambar 38 - Gambar *patch* kiri dan *patch* kanan yang sudah terhubung

- j. kemudian membuat ujung *port*. Pilih item *create brick* pada *toolbar*.



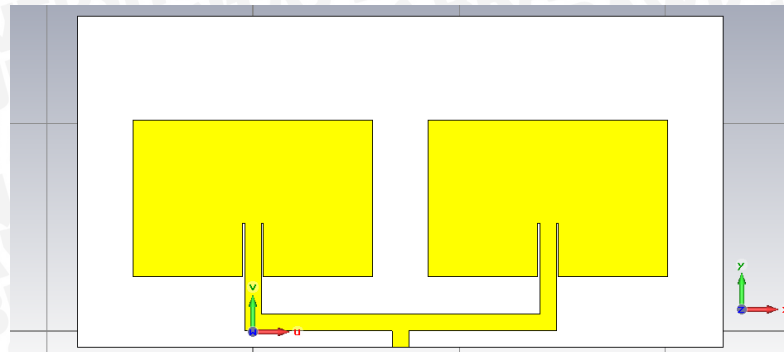
Gambar 39 - item *create brick* untuk membuat ujung *port*

- k. Klik *esc*, dan masukkan nilai koordinatnya.



Gambar 40 - Window koordinat kotak ujung *port*

- l. Klik *material*, kemudian klik *Load From Material Library* pilih *copper*. Apabila sudah benar, beri nama '*stripline*' kemudian klik OK.
- m. Kemudian sambungan dengan *patch*, dengan cara meng-klik *boolean add (+)* pada *toolbar*.



Gambar 41 - Gambar ujung *port* yang telah terhubung dengan *patch*

8. Perancangan *port* saluran pencatu.

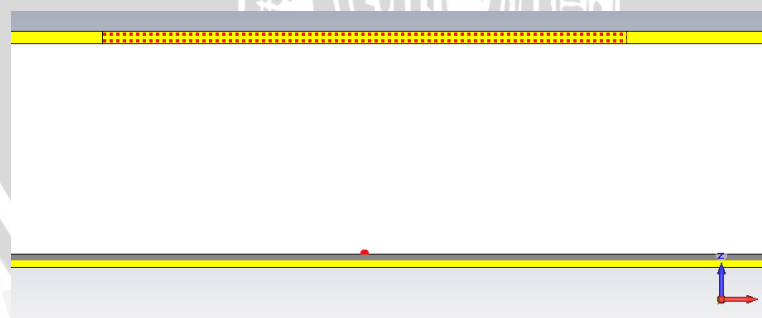
Langkah - langkah membuat *port* saluran pencatu adalah :

- Klik *pick face*, pada menu bar *Object*
- Kemudian, sentuh tepi dasar *port* dari elemen peradiasi



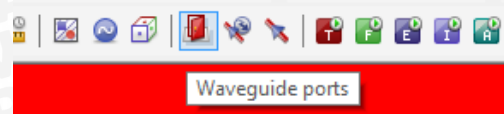
Gambar 42 - Gambar tepi dasar *port* elemen peradiasi

- Klik *pick edge/midpoint*, pada menu bar *Object*.
- Kemudian, sentuh tepi dasar *ground plane* tepat dibagian tengah.

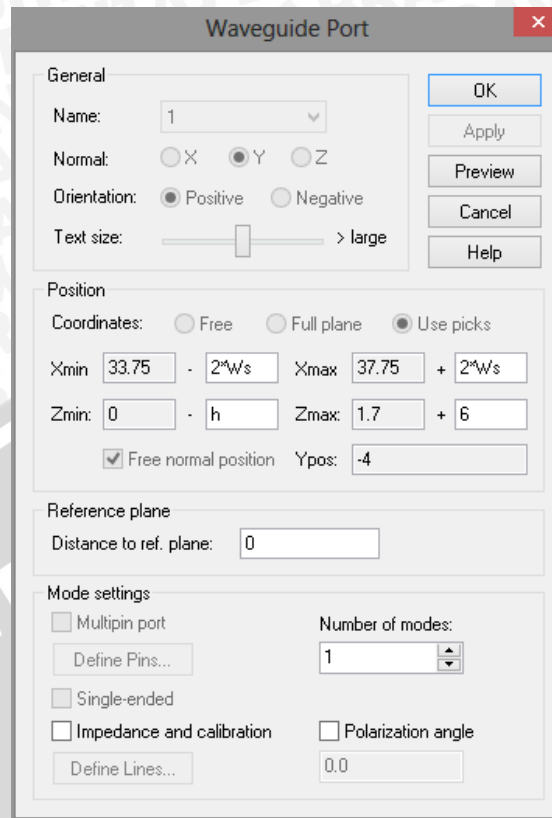


Gambar 43 - Gambar tepi dasar *ground plane* bagian tengah (titik merah)

- Define *port* tersebut dengan meng-klik *waveguide port* pada *toolbar*.

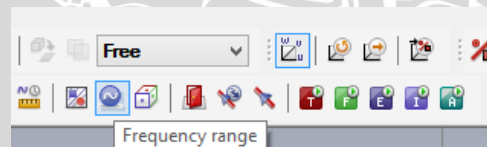


Gambar 44 - *waveguide port*

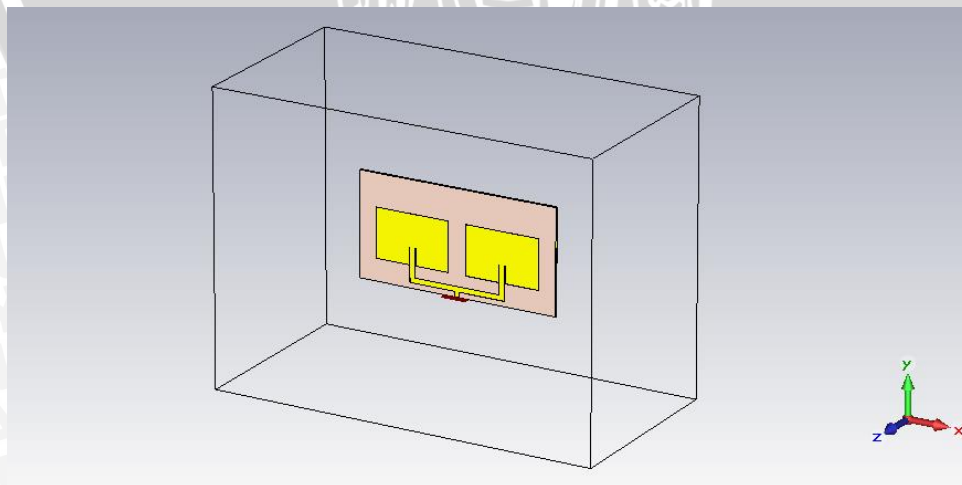


Gambar 45 - Define Waveguide Port

- f. *Define frequency range*, dengan meng-klik *frequency range* pada toolbar. Maka boundary akan terbentuk secara otomatis.

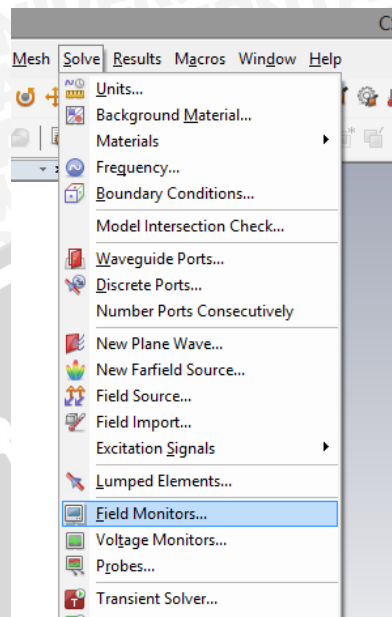


Gambar 46 - Frequency Range



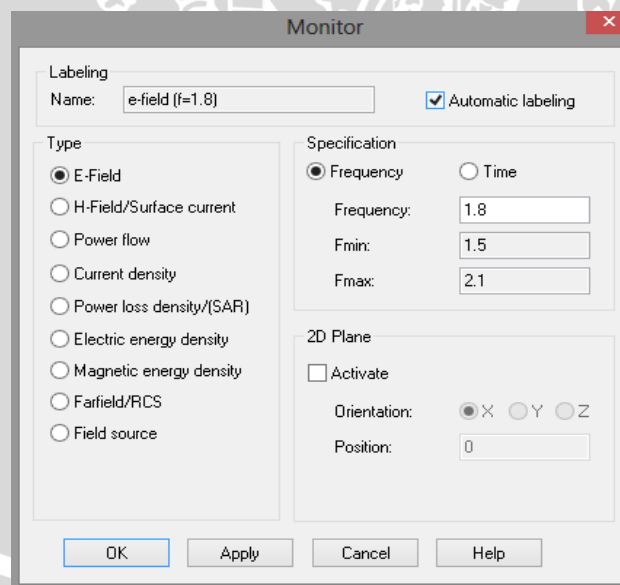
Gambar 47 - Boundary antenna mikrostrip rectangular patch array

9. Menjalankan Simulasi
 - a. Klik *field monitor* pada menu bar *Solve*.

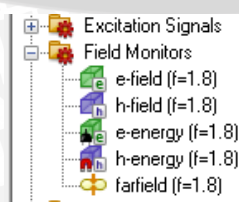


Gambar 48 - menu *field monitor*

- b. Pada *window monitor*, pilih *type* E-field, H-field, E-energy, H-energy dan *farfield* yang telah di atur pada frekuensi tengah 1.8 GHz, kemudian klik OK.

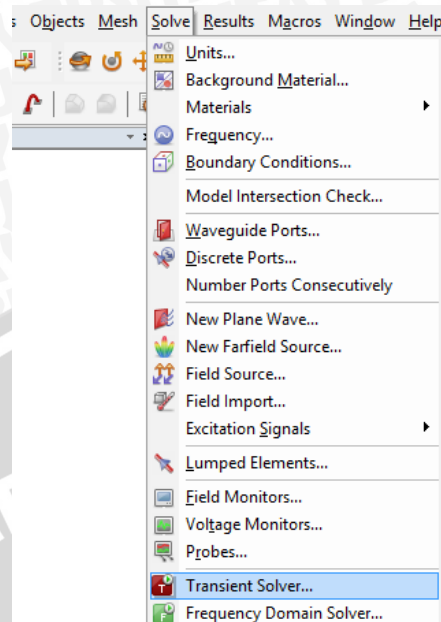


Gambar 49 - Window *field monitor*



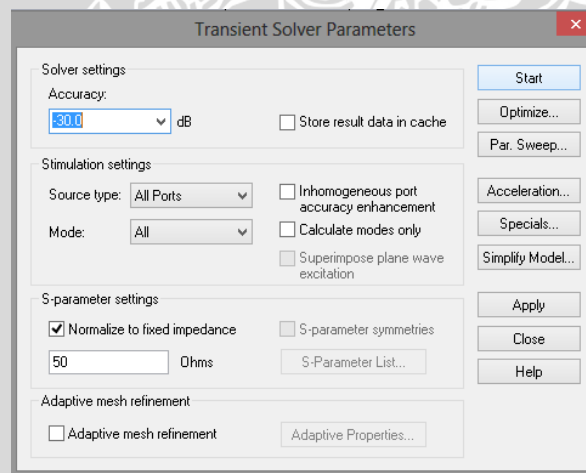
Gambar 50 - Navigation Tree hasil pilihan dari *field monitor*

- c. Klik *Transien Solver* pada menu bar *Solve*.



Gambar 51 - Transien Solver

- d. Pada *Window Transien Solver Parameter*, berikan nilai 50 Ohm pada nilai impedansinya, kemudian klik *start* untuk siap me-running performansi antenna.



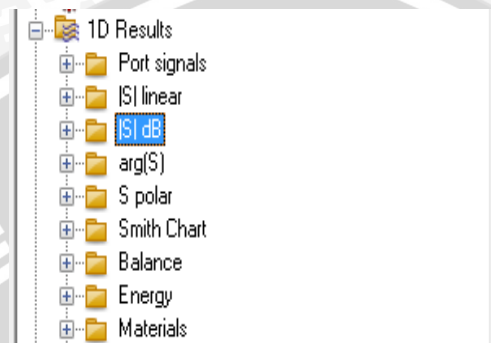
Gambar 52 - Transien Solver Parameters

Tujuan utama dari me-running *transien solver* parameter ini supaya kita dapat melihat performansi antenna yang telah dirancang juga menganalisis kelayakan dari antenna yang telah dirancang, dan apabila terjadi kesalahan dalam perhitungan dimensi atau terdapat *error* pada model antenna yang telah dibuat, maka akan kelihatan pada *message window* yang terletak dibagian kanan bawah layar simulator.

10. Menampilkan Hasil Simulasi

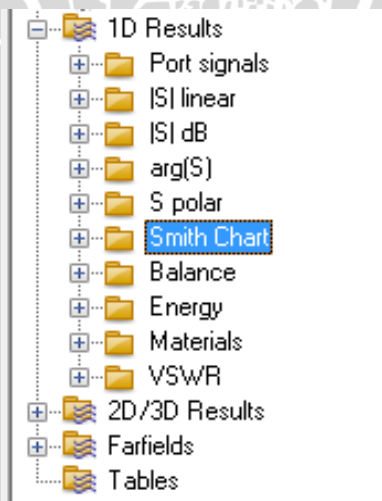
Langkah - langkah menampilkan hasil simulasi antenna perancangan adalah sebagai berikut :

- a. Untuk menampilkan grafik hasil dari *return loss*, dapat langsung meng-klik '*1D Result*' pada *navigation tree*, kemudian mengklik '|S| dB'. Maka grafik *return loss* langsung dapat terlihat.



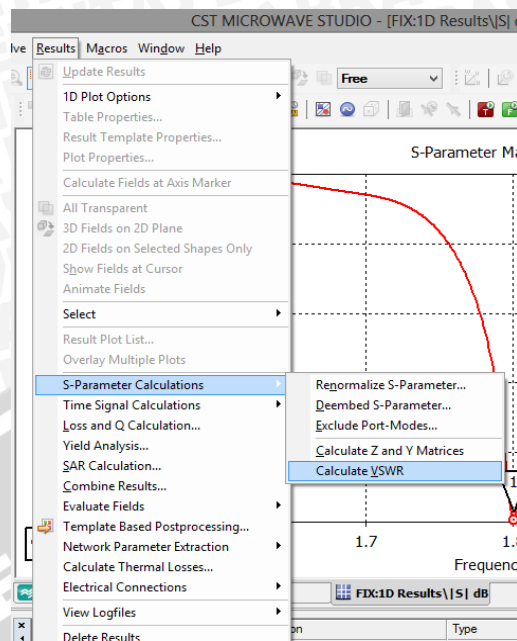
Gambar 53 - Menampilkan grafik *return loss*

- b. Untuk menampilkan impedansi terminal antenna, dapat langsung meng-klik '*1D Result*' pada *navigation tree*, kemudian mengklik '*Smith Chart*'. Maka grafik impedansi terminal antenna langsung dapat terlihat.



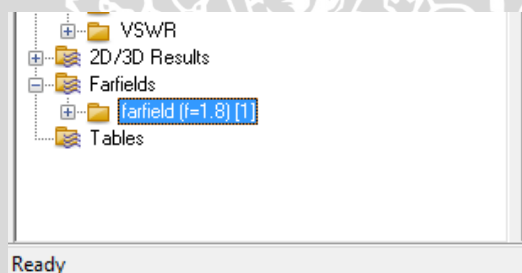
Gambar 54 - Menampilkan Impedansi Terminal Antena

- c. Untuk menampilkan grafik VSWR, maka pada menu bar klik '*Results*' kemudian pilih '*S-Parameter Calulations*', dan klik '*Calculate VSWR*'. Maka grafik VSWR langsung dapat terlihat.



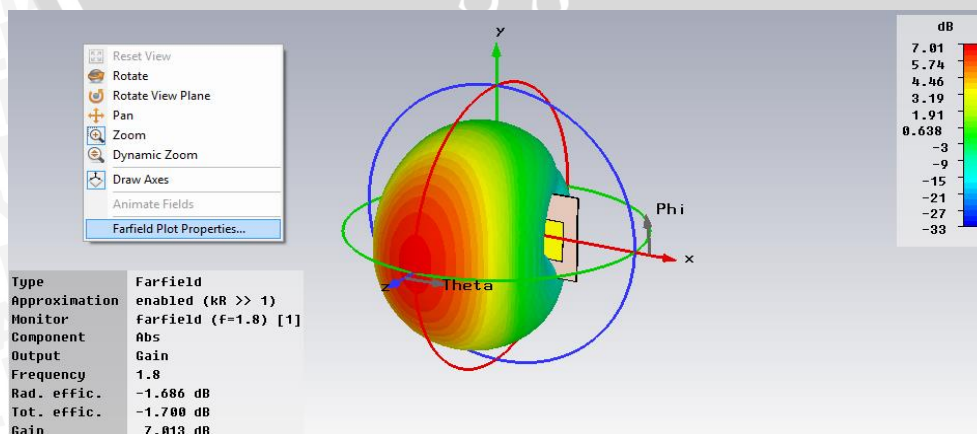
Gambar 55 - Menampilkan grafik VSWR

- d. Untuk menampilkan *gain* dan pola radiasi dan polarisasi, dan kearah an antenna, dapat dilihat pada menu *farfield* yang terdapat pada *navigation tree*.



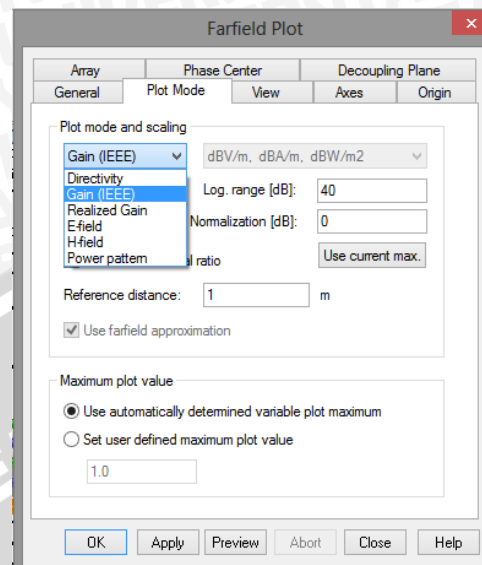
Gambar 56 - Pilihan *farfield* pada *navigation tree*

Langkah - langkah untuk dapat memilih *option* grafik yang ingin ditampilkan, adalah dengan meng-klik kanan pada *workspace*, kemudian meng-klik pilihan *farfield Plot Properties*.



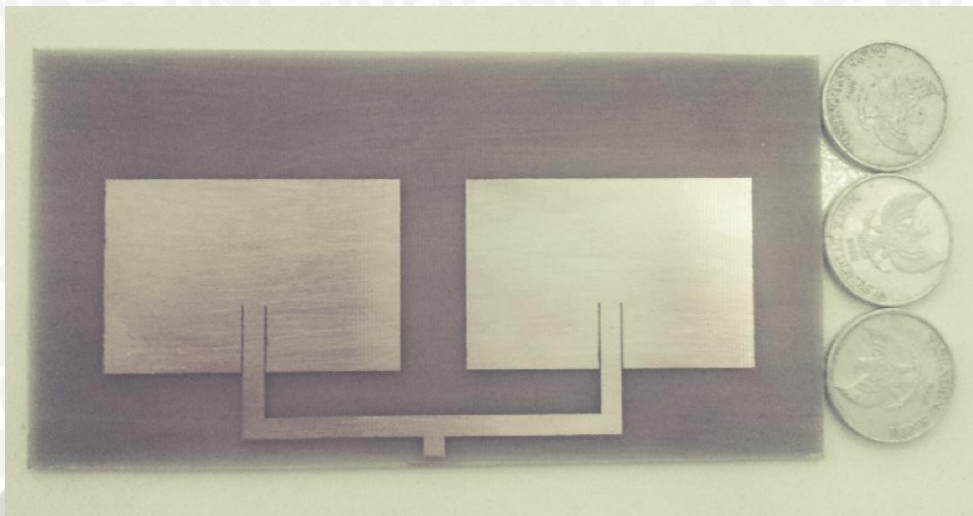
Gambar 57 - *Farfield Plot Properties*

Kemudian klik pilihan '*plot mode*'. Kemudian, pada kolom '*plot mode and scaling*' grafik dapat ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 58 - Menampilkan grafik sesuai yang diinginkan (*gain*, *directivity*, atau pola radiasi)

Lampiran 2. Dokumentasi Pengukuran Antena



Gambar diatas merupakan antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah difabrikasi.



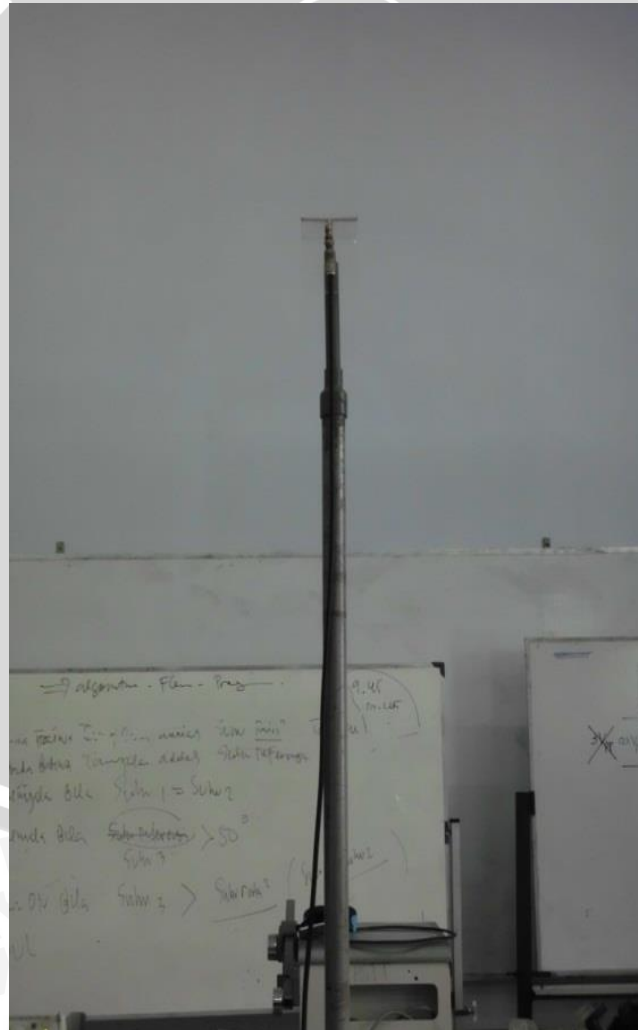
Konektor Antena



GW Instek Spectrum Analyzer 2,7 GHz



Directional Coupler



Antena Dipole $\lambda/2$ sebagai Antena Pemancar



Aeroflex IFR 3413 Signal Generator 250 kHz - 3 GHz



Rangkaian Pengukuran Gain Antena Referensi



KOPEK Full Automatic Antena Rotator



Rangkaian Pengukuran Antena Uji



Lampiran 3. Proses Fabrikasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch Array*

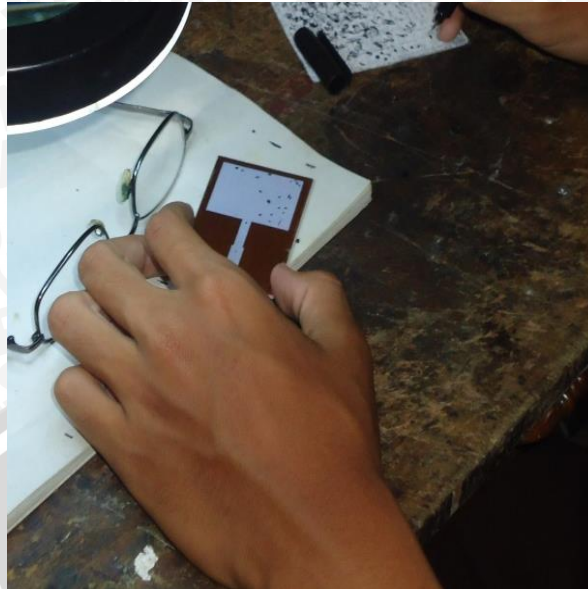
Langkah-langkah proses fabrikasi antena adalah sebagai berikut :

1. Mencetak antena yang telah ditentukan pada kertas *glossy* 120 gram. Proses cetak harus dilakukan dengan menggunakan *printer* laser, agar hasil cetaknya lebih baik.
2. Menyetrika antena yang telah dicetak dengan cara menempelkan kertas ke permukaan atas PCB. Setrika dengan menggunakan setrika yang panas agar gambar antena lebih cepat menempel pada PCB



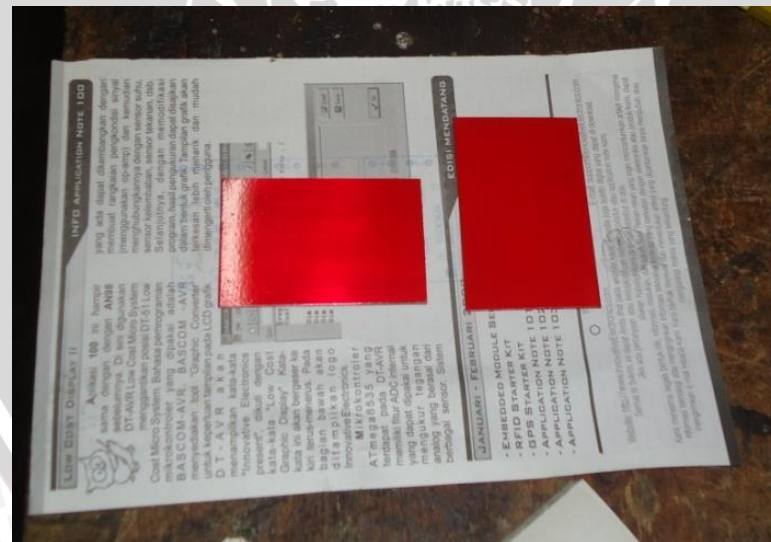
Gambar diatas adalah proses penyetrikaan kertas *glossy* pada lembar PCB FR4 E-poxy. Kertas yang ditempelkan pada lembar PCB tersebut merupakan kertas yang telah dicetak hitam oleh gambar *patch* antena perancangan

3. Setelah antena disetrika di permukaan PCB, lepas kertas *glossy* dengan perlahan-lahan. Apabila ada sebagian hasil cetak yang tidak menempel pada PCB, maka bagian tersebut ditutup dengan menggunakan spidol permanen yang berwarna hitam.



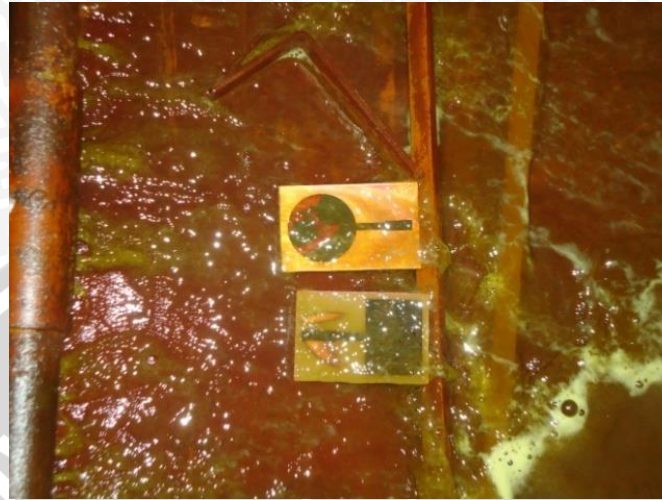
Gambar diatas memperlihatkan lembar PCB yang telah tertempel *patch* antenna perancangan hasil cetak hitam dari kertas *glossy*

4. Setelah itu memberi *pylox* pada bagian belakang PCB agar bagian *ground* tidak ikut larut.



Gambar diatas memperlihatkan bagian *ground plane* dari antenna perancangan dimana bagian *ground plane* antenna perancangan tidak perlu untuk *dietching*

5. Melarutkan PCB dengan *ferric chloride* (FeCl_3) dengan cara menggoyang-goyangkan PCB yang terendam dalam FeCl_3 .



Gambar diatas memperlihatkan dari proses peng-etching-an antenna

6. Proses terakhir, dilanjutkan dengan pelapisan perak.



Gambar diatas menjelaskan mengenai proses terakhir dari fabrikasi antenna itu sendiri, yaitu pemberian larutan pelapis perak. Pelapisan ini dimaksudkan agar lapisan tembaga pada PCB tidak terjadi korosi.



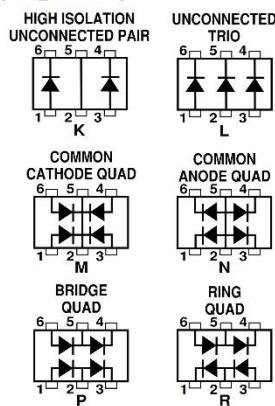
Agilent HSMS-282x Surface Mount RF Schottky Barrier Diodes Data Sheet

Description/Applications

These Schottky diodes are specifically designed for both analog and digital applications. This series offers a wide range of specifications and package configurations to give the designer wide flexibility. Typical applications of these Schottky diodes are mixing, detecting, switching, sampling, clamping, and wave shaping. The HSMS-282x series of diodes is the best all-around choice for most applications, featuring low series resistance, low forward voltage at all current levels and good RF characteristics.

Note that Agilent's manufacturing techniques assure that dice found in pairs and quads are taken from adjacent sites on the wafer, assuring the highest degree of match.

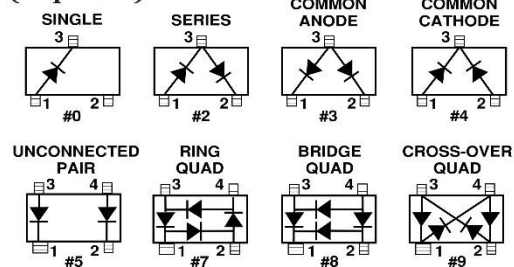
Package Lead Code Identification, SOT-363 (Top View)



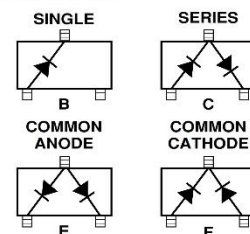
Features

- Low Turn-On Voltage (As Low as 0.34 V at 1 mA)
 - Low FIT (Failure in Time) Rate*
 - Six-sigma Quality Level
 - Single, Dual and Quad Versions
 - Unique Configurations in Surface Mount SOT-363 Package
 - increase flexibility
 - save board space
 - reduce cost
 - HSMS-282K Grounded Center Leads Provide up to 10 dB Higher Isolation
 - Matched Diodes for Consistent Performance
 - Better Thermal Conductivity for Higher Power Dissipation
 - Lead-free Option Available
- * For more information see the Surface Mount Schottky Reliability Data Sheet.

Package Lead Code Identification, SOT-23/SOT-143 (Top View)



Package Lead Code Identification, SOT-323 (Top View)



Agilent Technologies

Typical Performance, $T_C = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted), Single Diode

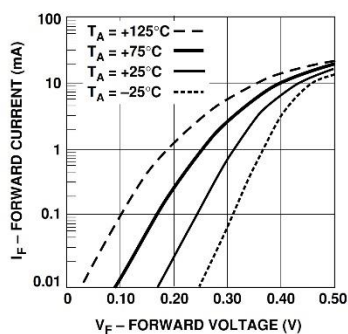


Figure 1. Forward Current vs. Forward Voltage at Temperatures.

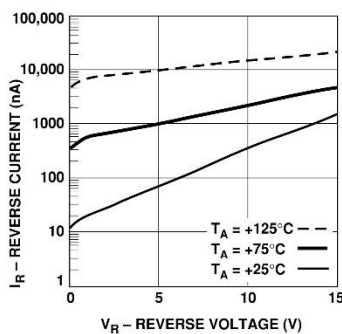


Figure 2. Reverse Current vs. Reverse Voltage at Temperatures.

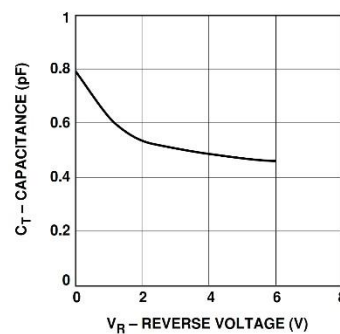


Figure 3. Total Capacitance vs. Reverse Voltage.

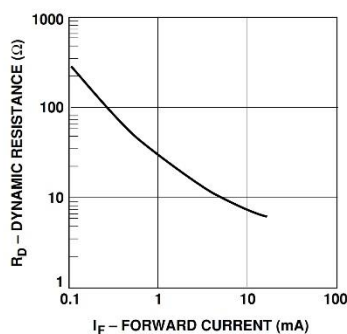


Figure 4. Dynamic Resistance vs. Forward Current.

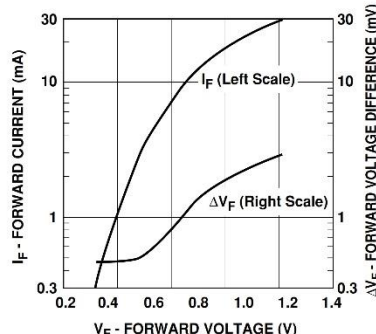


Figure 5. Typical V_F Match, Series Pairs and Quads at Mixer Bias Levels.

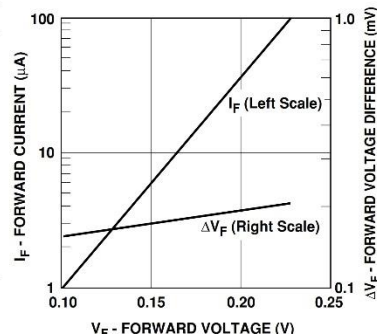


Figure 6. Typical V_F Match, Series Pairs at Detector Bias Levels.

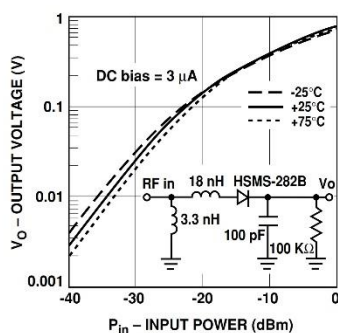


Figure 7. Typical Output Voltage vs. Input Power, Small Signal Detector Operating at 850 MHz.

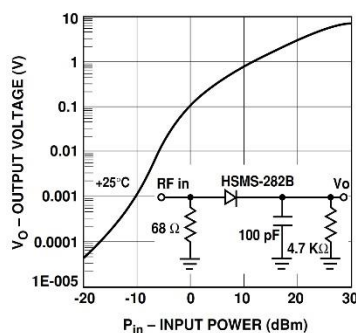


Figure 8. Typical Output Voltage vs. Input Power, Large Signal Detector Operating at 915 MHz.

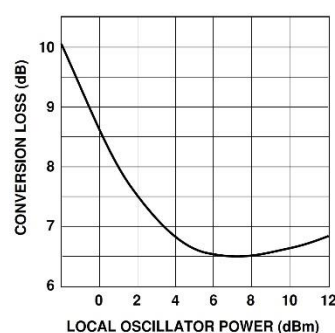


Figure 9. Typical Conversion Loss vs. L.O. Drive, 2.0 GHz (Ref AN997).

Applications Information

Product Selection

Agilent's family of surface mount Schottky diodes provide unique solutions to many design problems. Each is optimized for certain applications.

The first step in choosing the right product is to select the diode type. All of the products in the HSMS-282x family use the same diode chip—they differ only in package configuration. The same is true of the HSMS-280x, -281x, 285x, -286x and -270x families. Each family has a different set of characteristics, which can be compared most easily by consulting the SPICE parameters given on each data sheet.

The HSMS-282x family has been optimized for use in RF applications, such as

- ✓ DC biased small signal detectors to 1.5 GHz.
- ✓ Biased or unbiased large signal detectors (AGC or power monitors) to 4 GHz.
- ✓ Mixers and frequency multipliers to 6 GHz.

The other feature of the HSMS-282x family is its unit-to-unit and lot-to-lot consistency. The silicon chip used in this series has been designed to use the fewest possible processing steps to minimize variations in diode characteristics. Statistical data on the consistency of this product, in terms of SPICE parameters, is available from Agilent.

For those applications requiring very high breakdown voltage, use the HSMS-280x family of diodes. Turn to the HSMS-281x when you

need very low flicker noise. The HSMS-285x is a family of zero bias detector diodes for small signal applications. For high frequency detector or mixer applications, use the HSMS-286x family. The HSMS-270x is a series of specialty diodes for ultra high speed clipping and clamping in digital circuits.

Schottky Barrier Diode Characteristics

Stripped of its package, a Schottky barrier diode chip consists of a metal-semiconductor barrier formed by deposition of a metal layer on a semiconductor. The most common of several different types, the passivated diode, is shown in Figure 10, along with its equivalent circuit.

R_s is the parasitic series resistance of the diode, the sum of the bondwire and leadframe resistance, the resistance of the bulk layer of silicon, etc. RF energy coupled into R_s is lost as heat—it does not contribute to the rectified output of the diode. C_j is parasitic junction capacitance of the diode, controlled by the thickness of the epitaxial layer and the diameter of the Schottky contact. R_j is the junction resistance of the diode, a function of the total current flowing through it.

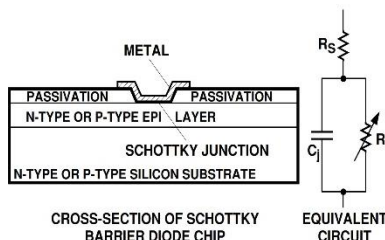


Figure 10. Schottky Diode Chip.

$$R_j = \frac{8.33 \times 10^{-5} n T}{I_s + I_b} = R_V - R_s$$

$$\approx \frac{0.026}{I_s + I_b} \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

where

- n = ideality factor (see table of SPICE parameters)
- T = temperature in $^\circ\text{K}$
- I_s = saturation current (see table of SPICE parameters)
- I_b = externally applied bias current in amps
- R_V = sum of junction and series resistance, the slope of the V-I curve

I_s is a function of diode barrier height, and can range from picoamps for high barrier diodes to as much as 5 μA for very low barrier diodes.

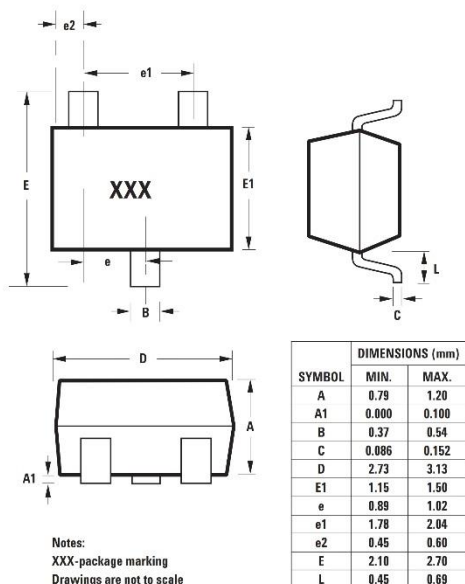
The Height of the Schottky Barrier

The current-voltage characteristic of a Schottky barrier diode at room temperature is described by the following equation:

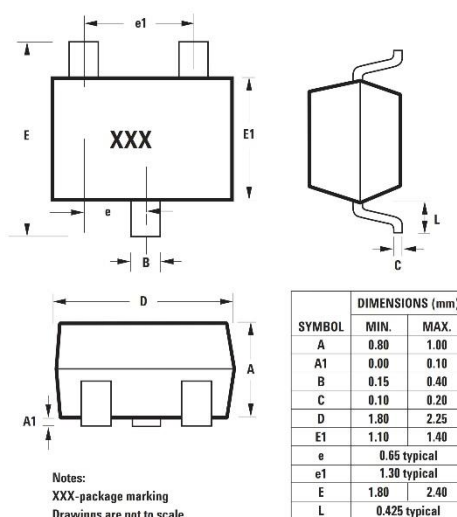
$$I = I_s (e^{\frac{V - IR_s}{0.026}} - 1)$$

On a semi-log plot (as shown in the Agilent catalog) the current graph will be a straight line with inverse slope $2.3 \times 0.026 = 0.060$ volts per cycle (until the effect of

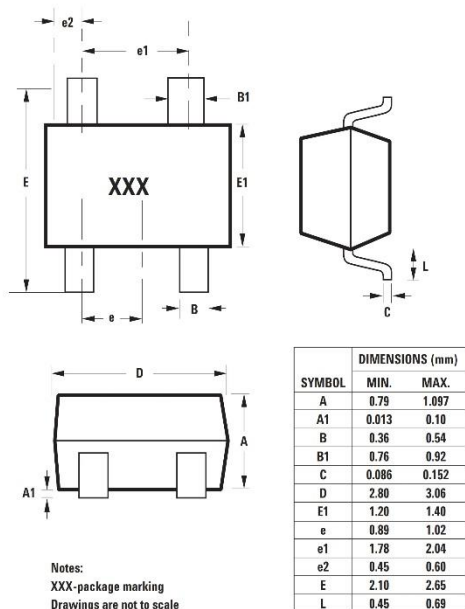
Package Dimensions Outline 23 (SOT-23)



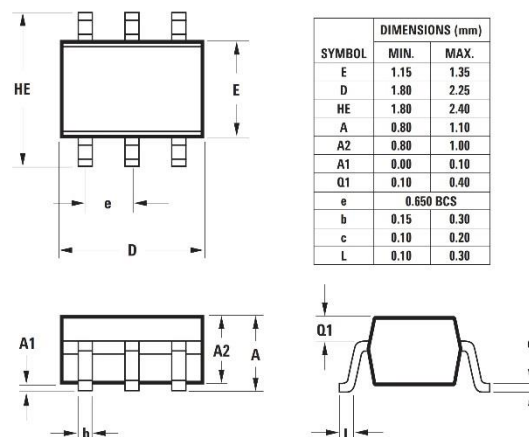
Outline SOT-323 (SC-70 3 Lead)



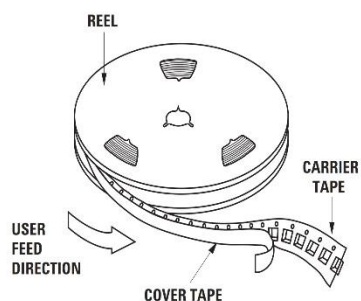
Outline 143 (SOT-143)



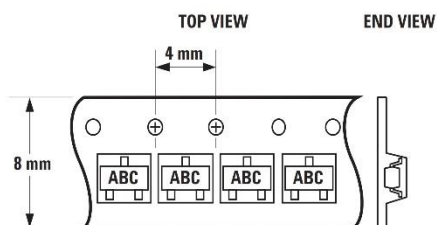
Outline SOT-363 (SC-70 6 Lead)



Device Orientation

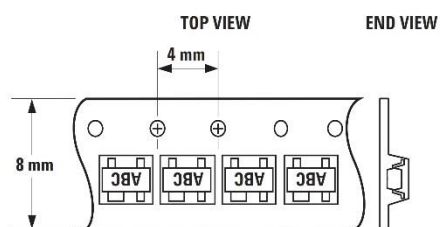


For Outlines SOT-23, -323



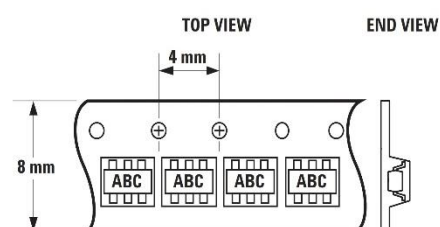
Note: "AB" represents package marking code.
"C" represents date code.

For Outline SOT-143



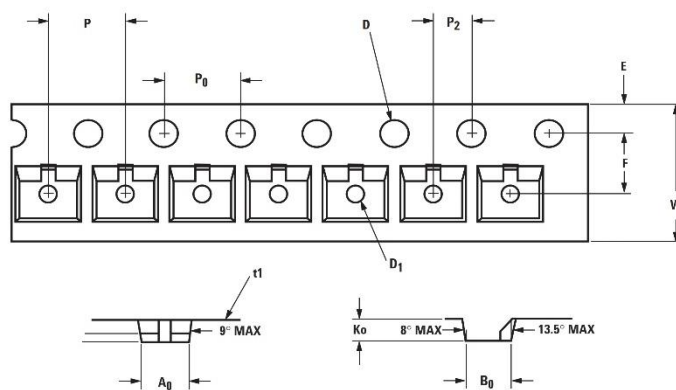
Note: "AB" represents package marking code.
"C" represents date code.

For Outline SOT-363



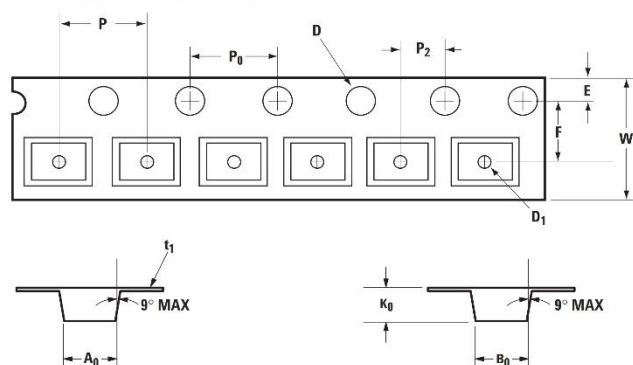
Note: "AB" represents package marking code.
"C" represents date code.

Tape Dimensions and Product Orientation For Outline SOT-23



DESCRIPTION		SYMBOL	SIZE (mm)	SIZE (INCHES)
CAVITY	LENGTH	A ₀	3.15 ± 0.10	0.124 ± 0.004
	WIDTH	B ₀	2.77 ± 0.10	0.109 ± 0.004
	DEPTH	K ₀	1.22 ± 0.10	0.048 ± 0.004
	PITCH	P	4.00 ± 0.10	0.157 ± 0.004
	BOTTOM HOLE DIAMETER	D ₁	1.00 ± 0.05	0.039 ± 0.002
PERFORATION	DIAMETER	D	1.50 ± 0.10	0.059 ± 0.004
	PITCH	P ₀	4.00 ± 0.10	0.157 ± 0.004
	POSITION	E	1.75 ± 0.10	0.069 ± 0.004
CARRIER TAPE	WIDTH	W	8.00 ± 0.30 - 0.10	0.315 ± 0.012 - 0.004
	THICKNESS	t ₁	0.229 ± 0.013	0.009 ± 0.0005
DISTANCE BETWEEN CENTERLINE	CAVITY TO PERFORATION (WIDTH DIRECTION)	F	3.50 ± 0.05	0.138 ± 0.002
	CAVITY TO PERFORATION (LENGTH DIRECTION)	P ₂	2.00 ± 0.05	0.079 ± 0.002

For Outline SOT-143

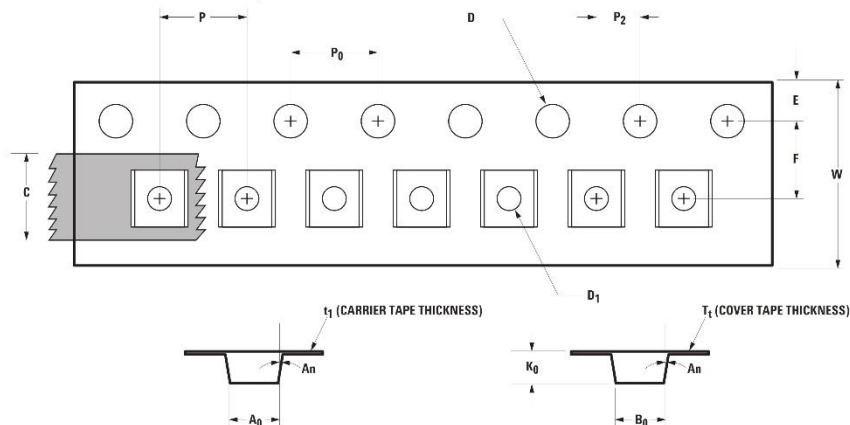


DESCRIPTION		SYMBOL	SIZE (mm)	SIZE (INCHES)
CAVITY	LENGTH	A ₀	3.19 ± 0.10	0.126 ± 0.004
	WIDTH	B ₀	2.80 ± 0.10	0.110 ± 0.004
	DEPTH	K ₀	1.31 ± 0.10	0.052 ± 0.004
	PITCH	P	4.00 ± 0.10	0.157 ± 0.004
	BOTTOM HOLE DIAMETER	D ₁	1.00 ± 0.25	0.039 ± 0.010
PERFORATION	DIAMETER	D	1.50 ± 0.10	0.059 ± 0.004
	PITCH	P ₀	4.00 ± 0.10	0.157 ± 0.004
	POSITION	E	1.75 ± 0.10	0.069 ± 0.004
CARRIER TAPE	WIDTH	W	8.00 ± 0.30 - 0.10	0.315 ± 0.012 - 0.004
	THICKNESS	t ₁	0.254 ± 0.013	0.0100 ± 0.0005
DISTANCE	CAVITY TO PERFORATION (WIDTH DIRECTION)	F	3.50 ± 0.05	0.138 ± 0.002
	CAVITY TO PERFORATION (LENGTH DIRECTION)	P ₂	2.00 ± 0.05	0.079 ± 0.002



Agilent Technologies

Tape Dimensions and Product Orientation For Outlines SOT-323, -363



	DESCRIPTION	SYMBOL	SIZE (mm)	SIZE (INCHES)
CAVITY	LENGTH	A ₀	2.40 ± 0.10	0.094 ± 0.004
	WIDTH	B ₀	2.40 ± 0.10	0.094 ± 0.004
	DEPTH	K ₀	1.20 ± 0.10	0.047 ± 0.004
	PITCH	P	4.00 ± 0.10	0.157 ± 0.004
	BOTTOM HOLE DIAMETER	D ₁	1.00 ± 0.25	0.039 ± 0.010
PERFORATION	DIAMETER	D	1.55 ± 0.05	0.061 ± 0.002
	PITCH	P ₀	4.00 ± 0.10	0.157 ± 0.004
	POSITION	E	1.75 ± 0.10	0.069 ± 0.004
CARRIER TAPE	WIDTH	W	8.00 ± 0.30	0.315 ± 0.012
	THICKNESS	t ₁	0.254 ± 0.02	0.0100 ± 0.0008
COVER TAPE	WIDTH	C	5.4 ± 0.10	0.205 ± 0.004
	TAPE THICKNESS	T _t	0.062 ± 0.001	0.0025 ± 0.00004
DISTANCE	CAVITY TO PERFORATION (WIDTH DIRECTION)	F	3.50 ± 0.05	0.138 ± 0.002
	CAVITY TO PERFORATION (LENGTH DIRECTION)	P ₂	2.00 ± 0.05	0.079 ± 0.002
ANGLE	FOR SOT-323 (SC70-3 LEAD)	An	8° C MAX	
	FOR SOT-363 (SC70-6 LEAD)	An	10° C MAX	

www.agilent.com/semiconductors

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site.

For technical assistance call:

Americas/Canada: +1 (800) 235-0312 or (916) 788-6763

Europe: +49 (0) 6441 92460

China: 10800 650 0017

Hong Kong: (65) 6756 2394

India, Australia, New Zealand: (65) 6755 1939

Japan: (+81 3) 3335-8152(Domestic/International), or 0120-61-1280(Domestic Only)

Korea: (65) 6755 1989

Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, Philippines, Indonesia: (65) 6755 2044

Taiwan: (65) 6755 1843

Data subject to change.

Copyright © 2005 Agilent Technologies, Inc.

Obsoletes 5989-2503EN

September 28, 2005

5989-4030EN

Part Number Ordering Information

Part Number	No. of Devices	Container
HSMS-282x-TR2*	10000	13" Reel
HSMS-282x-TR1*	3000	7" Reel
HSMS-282x-BLK*	100	antistatic bag

x = 0, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, B, C, E, F, K, L, M, N, P or R

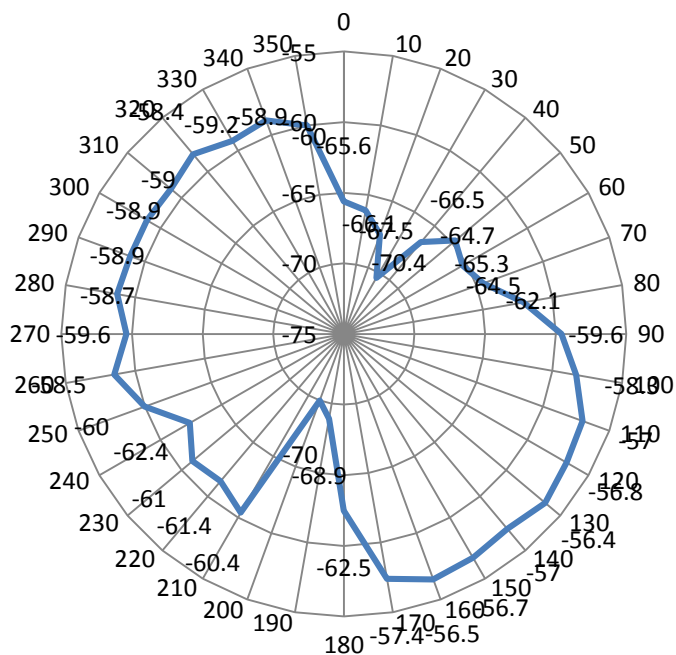
For lead-free option, the part number will have the character "G" at the end, eg. HSMS-282x-TR2G for a 10,000 lead-free reel.



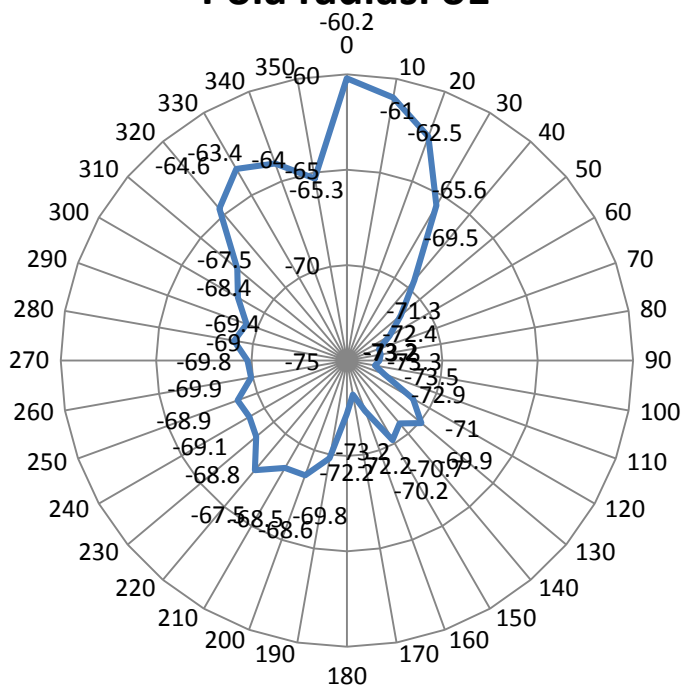
Agilent Technologies

Lampiran 5. Polarisasi dan Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Polarisasi



Pola radiasi θ_1



Pola radiasi θ_2

