

**PERANCANGAN *RECTENNA* (*RECTIFIER ANTENNA*) SEBAGAI
PENGUBAH DAYA ELEKTROMAGNETIK MENJADI *OUTPUT DC*
PADA FREKUENSI WIFI 2,4 GHZ**

S K R I P S I

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

AHMAD FAUZI

NIM. 115060309111007 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN *RECTENNA* (*RECTIFIER ANTENNA*) SEBAGAI PENGUBAH DAYA ELEKTROMAGNETIK MENJADI *OUTPUT DC* PADA FREKUENSI WIFI 2,4 GHZ

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

AHMAD FAUZI

NIM. 115060309111007 –63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Ali Mustofa, S.T., M.T.
NIP. 19710601 200003 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN *RECTENNA (RECTIFIER ANTENNA)* SEBAGAI PENGUBAH DAYA ELEKTROMAGNETIK MENJADI *OUTPUT DC* PADA FREKUENSI WIFI 2,4 GHZ

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

AHMAD FAUZI
NIM. 115060309111007 – 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
Pada tanggal 11 Agustus 2014

Majelis Penguji

M. Fauzan Edy Purnomo, ST., MT.
NIP. 19710609 200003 1 005

Dwi Fadilla Kurniawan, ST., MT.
NIP. 19720630 200003 1 002

Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT.
NIP. 19530704 198203 1 003

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Alhamdulillah, segenap puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perancangan *Rectenna (Rectifier Antenna)* Sebagai Pengubah Daya Elektromagnetik Menjadi *Output DC* Pada Frekuensi Wifi 2.4 Ghz” yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Tidak lupa shalawat serta salam selalu penulis sampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang membukakan jalan terang umatnya.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih bagi berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini. Kepada :

1. Bapak, Ibu, kedua adik dan keluarga besarku tercinta, Bapak Mustofa, Ibu Indi Maslikah, Kedua adik Muhammad Ridwan dan Ahmad Zamzami, dan semua keluarga besarku di Trenggalek terima kasih. Doa, kasih sayang, dan kepercayaan yang tak pernah putus kalian berikan untuk anakmu ini.
2. Bapak M. Aziz Muslim, ST., M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Mochammad Rif'an ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen dan Keahlian Telekomunikasi.
6. Bapak Rudy Yuwono, ST., Msc dan Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku pembimbing skripsi yang sudah banyak memberikan motivasi, saran, nasehat dan waktu untuk yang telah dicurahkan dalam pengerjaan hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro..
8. Seluruh teman kost Semanggi Barat No.19A.

9. Teman seperjuangan SAP 2011, SAP 2012 dan SAP 2013 yang rela menyisihkan waktu, tenaga dan pikiran ekstra untuk membantu proses pengerjaan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman Paket C yang telah menjadi teman diskusi dalam perkuliahan di konsentrasi Telekomunikasi.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan sehingga saran dan kritik membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya, semoga skripsi ini bermanfaat untuk kita semua, khususnya Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Malang, Agustus 2014

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR GRAFIK.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK.....	x
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
 BAB II DASAR TEORI	
2.1 <i>Rectenna</i>	4
2.2 Teori Dasar Antena.....	4
2.3 Parameter - Parameter Antena.....	5
2.3.1 Polarisasi.....	5
2.3.2 Daerah Medan Radiasi.....	6
2.3.3 Pola Radiasi.....	7
2.3.4 Lobe Pola Radiasi dan Beamwidth.....	8
2.3.5 <i>Directivity</i> (Keterarahan).....	8
2.3.6 <i>Gain</i> Antena.....	8
2.3.7 <i>VSWR</i> (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>).....	9
2.3.8 <i>Return Loss</i>	10
2.3.9 <i>Bandwidth</i>	10
2.4 <i>Rectifier</i>	11
2.4.1 Penyearah Setengah Gelombang (<i>Half Wave rectifier</i>).....	12
2.4.2 Penyearah Gelombang Penuh (<i>Full Wave rectifier</i>).....	13

2.5 Proses Energi RF Menjadi Energi Elektrik Oleh Antena.....	14
2.6 Voltage Doubler / Voltage Multiplier	16
2.7 Schottky Diode	17
2.8 Software Multisim 11	18
2.9 PicoScope	19
2.10 Function Generator	19
2.11 PCB Express	21

BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur	23
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Perancangan dan Simulasi <i>Rectenna</i>	24
3.4 Fabrikasi <i>Rectenna</i>	24
3.5 Pengukuran dan Analisis Hasil Pengukuran.....	24
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	25

BAB IV PERANCANGAN DAN SIMULASI RANGKAIAN PENYEARAH ANTENNA (RECTENNA)

4.1 Tinjauan Umum	26
4.2 Blok Diagram <i>Rectenna</i>	26
4.3 Realisasi Rangkaian Penyearah (<i>Rectifier</i>)	27
4.4 Simulasi Rangkaian Penyearah (<i>Rectifier</i>).....	27
4.4.1 <i>Single Diode Rectifier</i>	27
4.4.2 <i>Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)</i>	30
4.5 Fabrikasi <i>Rectifier</i>	34

BAB V PENGUKURAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN

5.1 Pendahuluan.....	36
5.2 Tujuan Pengukuran Tegangan Output <i>Rectifier</i>	36
5.2.1 Peralatan Yang Digunakan	36
5.2.2 Prosedur Pengujian Kinerja <i>Rectifier</i>	37
5.2.3 Hasil Pengukuran Tegangan Output <i>Rectifier</i>	38

5.3 Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	42
5.4 Tujuan Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	43
5.4.1 Alat Yang Digunakan.....	43
5.4.2 Prosedur Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	43
5.4.3 Hasil Pengukuran Kinerja <i>Rectenna</i>	44

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan.....	52
6.2 Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

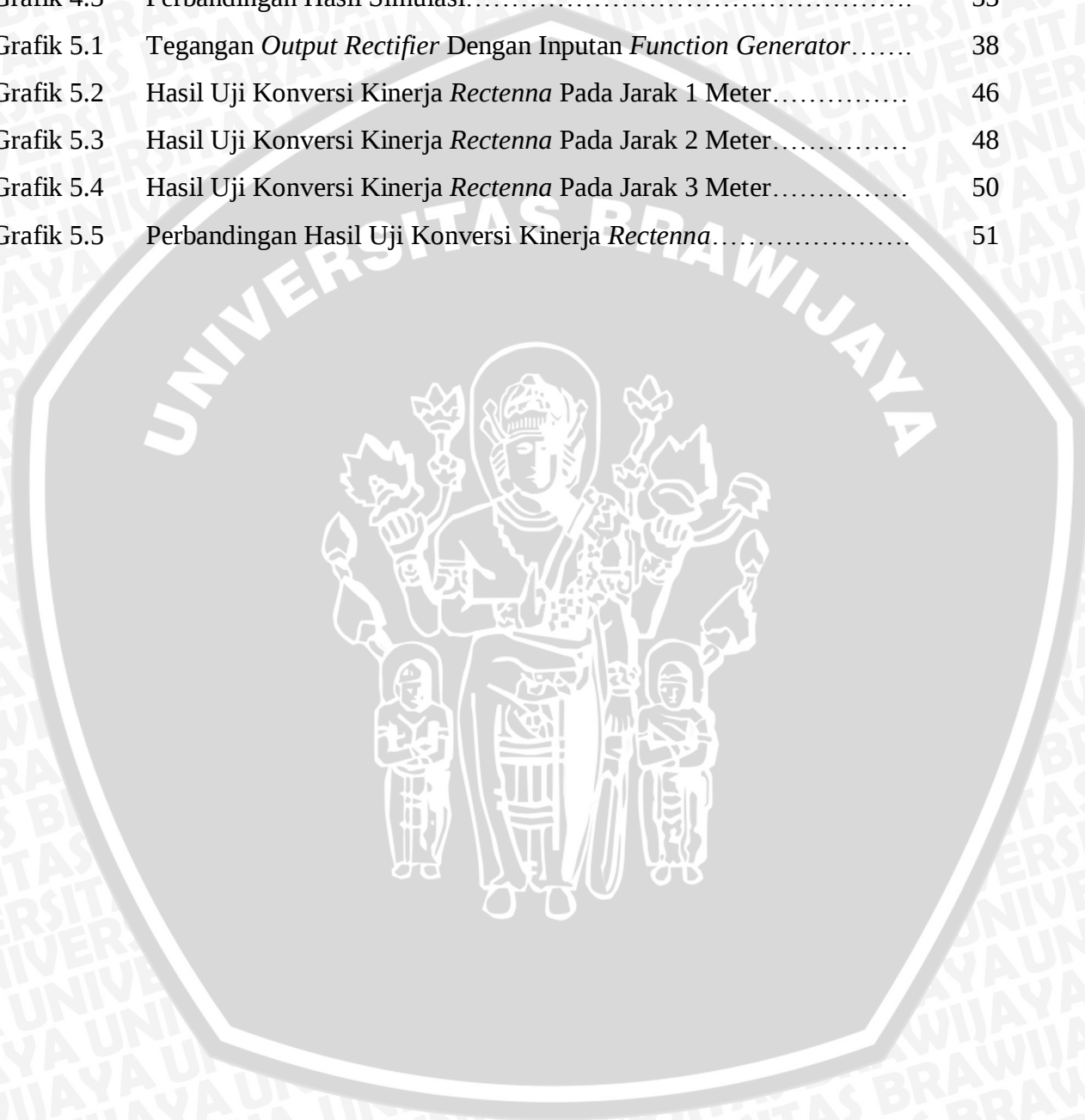
Gambar 2.1	Sistem <i>Rectenna</i>	4
Gambar 2.2	Bentuk Umum Polarisasi.....	5
Gambar 2.3	Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena.....	6
Gambar 2.4	<i>Half wave rectifier</i>	12
Gambar 2.5	<i>Output signal Half wave rectifier</i>	12
Gambar 2.6	<i>Full Wave Rectifier</i>	13
Gambar 2.7	<i>Output Signal Full Wave Rectifier</i>	14
Gambar 2.8	Antena Sebagai <i>Device</i> Transisi Pengubah Energi Elektromagnetik Menjadi Energi Listrik Atau Sebaliknya.....	15
Gambar 2.9	Penampang Melintang Saluran Mikrostrip Dan Distribusi Medan Magnetik H Dan Medan Listrik E.....	15
Gambar2.10	<i>Voltage Doubler / Voltage Multiplier</i>	16
Gambar2.11	Proses Menghantar Tegangan Pada Dioda.....	17
Gambar2.12	Dioda <i>Schottky</i> HSMS-2820.....	18
Gambar2.13	PicoScope.....	19
Gambar2.14	<i>Function Generaton</i>	20
Gambar 3.1	Flowchart <i>Rectenna</i> (<i>RectifierAntenna</i>).....	22
Gambar 3.2	Diagram Alir Metodologi.....	23
Gambar 4.1	Blok Diagram <i>Rectenna</i>	26
Gambar 4.2	<i>Rangkaian Single Diode Rectifier</i>	27
Gambar 4.3	Hasil Simulasi <i>Rangkaian Single Diode Rectifier</i>	28
Gambar 4.4	<i>Rangkaian Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)</i>	30
Gambar 4.5	Hasil Simulasi <i>Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)</i>	31
Gambar 4.6	Rangkaian Skematik pada <i>software PCB Express</i>	34
Gambar 4.7	Rangkaian <i>Rectenna</i> Setelah Dicitak Di PCB.....	34
Gambar4.8.a	<i>Rectifier</i> Yang Sudah Dipasang Komponen Tampak Depan.....	35
Gambar4.8.b	<i>Rectifier</i> Yang Sudah Dipasang Komponen Tampak Belakang....	

Gambar 5.1	Rangkaian Skematik <i>Rectifier</i>	37
Gambar 5.2	Rangkaian Pengukuran Tegangan <i>Output Rectifier</i>	38
Gambar 5.3	Pengukuran Tegangan <i>Output Rectifier</i>	39
Gambar 5.4	<i>Rectenna</i> Yang Dihubungkan Dengan <i>PicoScope</i>	41
Gambar 5.5	Gelombang DC Tegangan <i>Output Rectifier</i> Pada <i>PicoScope</i>	42
Gambar 5.6	Rangkaian Pengukuran <i>Rectenna</i>	44



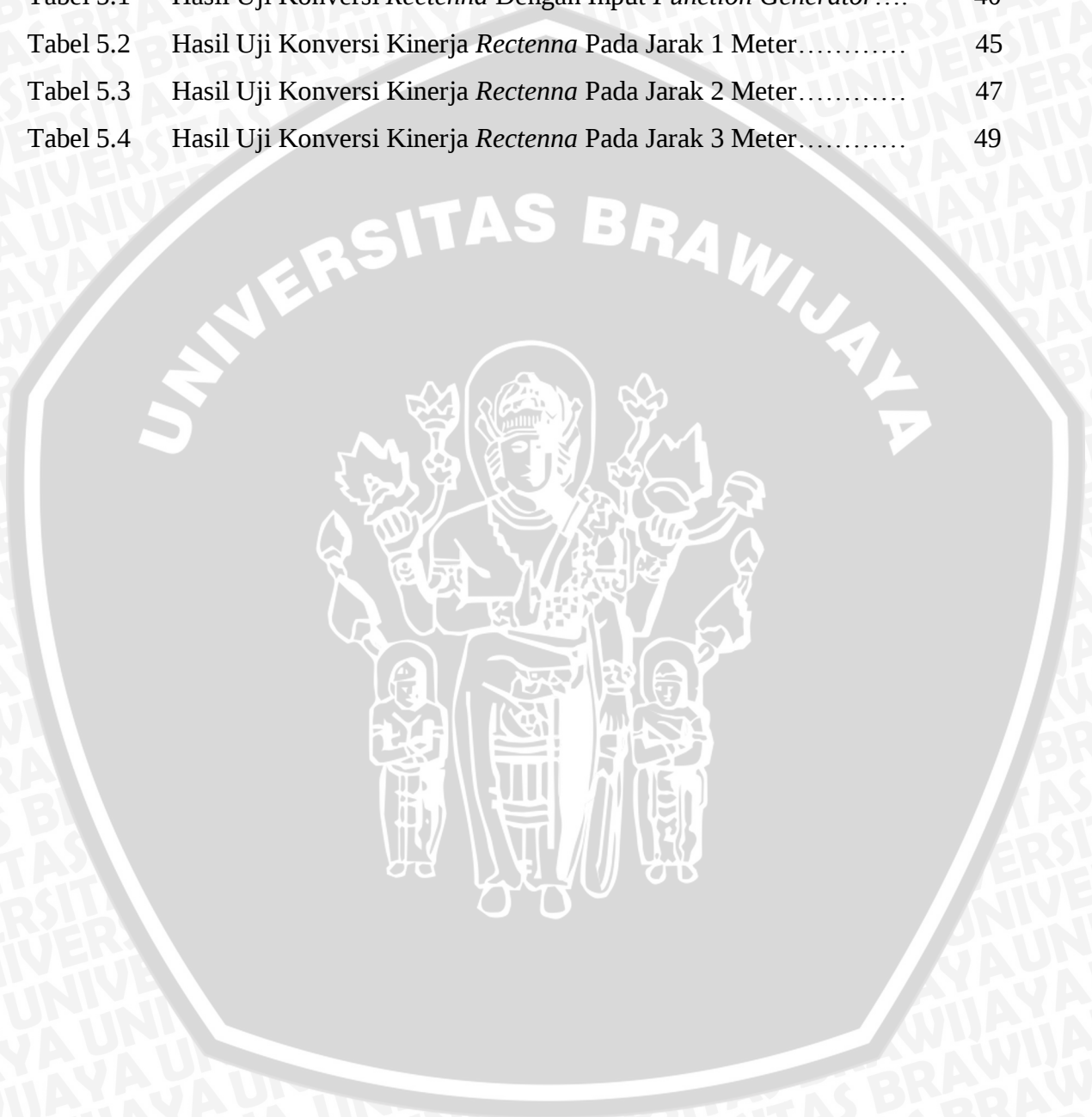
DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Hasil Simulasi Rangkaian <i>Single Diode Rectifier</i>	30
Grafik 4.2	Hasil Simulasi <i>Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)</i>	33
Grafik 4.3	Perbandingan Hasil Simulasi.....	33
Grafik 5.1	Tegangan <i>Output Rectifier</i> Dengan Inputan <i>Function Generator</i>	38
Grafik 5.2	Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i> Pada Jarak 1 Meter.....	46
Grafik 5.3	Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i> Pada Jarak 2 Meter.....	48
Grafik 5.4	Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i> Pada Jarak 3 Meter.....	50
Grafik 5.5	Perbandingan Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i>	51



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Simulasi Rangkaian <i>Single Diode Rectifier</i>	29
Tabel 4.2	Hasil Simulasi <i>Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)</i>	32
Tabel 5.1	Hasil Uji Konversi <i>Rectenna</i> Dengan Input <i>Function Generator</i>	40
Tabel 5.2	Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i> Pada Jarak 1 Meter.....	45
Tabel 5.3	Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i> Pada Jarak 2 Meter.....	47
Tabel 5.4	Hasil Uji Konversi Kinerja <i>Rectenna</i> Pada Jarak 3 Meter.....	49



ABSTRAK

Ahmad Fauzi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2014, Perancangan *Rectenna (Rectifier Antenna)* Sebagai Pengubah Daya Elektromagnetik Menjadi *Output DC* Pada Frekuensi Wifi 2.4 Ghz, Dosen Pembimbing : Rudy Yuwono, ST., MSc. dan Ali Mustofa, S.T., M.T.

Penelitian ini membahas tentang perancangan dan pembuatan *rectenna (rectifier antenna)* sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi *output DC* yang bekerja pada frekuensi wifi 2.4 Ghz. Pemanenan energi ini merupakan salah satu alternatif konversi energi, di mana melalui proses ini dapat menghasilkan daya listrik yang dapat digunakan pada perangkat yang membutuhkan daya yang kecil. Dalam proses perancangan dan pembuatan *rectenna* ini dilakukan simulasi dengan menggunakan software Multisim 11 untuk mengetahui kinerja dan daya yang dihasilkan dari *rectenna*. Rangkaian *rectifier* yang digunakan dalam *rectenna* ini adalah *Double diode rectifier (Voltage Doubler)*. Pada rangkaian *rectifier* ini menggunakan dua buah diode *schottky* tipe HSMS-2820. Dari hasil pengujian tegangan keluaran *rectenna* dengan menggunakan *function generator* paling tinggi yaitu 1.19 V.

Kata Kunci *Rectifier, Gelombang Mikro, Output DC*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini banyak teknologi yang bermunculan terutama dari perangkat *wireless* dengan daya yang rendah. Salah satu teknologi yang digunakan adalah pendekatan dengan mengambil energi yang ada dari berbagai sumber daya untuk meningkatkan fungsi baterai atau operasi tanpa baterai yang biasa disebut dengan *Energy Harvesting*. Biasanya daya yang tersedia dari perangkat tersebut sangat rendah sesuai dengan output sumber. Hal ini disebabkan karena perubahan pada lingkungan dan mobilitas pada rangkaian penerima. Pengaturan daya yang efisien dapat digunakan untuk menjaga output daya yang maksimum.

Teknik *energy harvesting* muncul sebagai sumber energi yang ramah lingkungan (Vullers, 2008), yang merupakan alternatif yang menjanjikan dengan memanfaatkan sumber energi yang ada. Beberapa energi yang termasuk didalam *energy harvesting* adalah pemanfaatan energi angin dan tenaga surya.

Pengambilan daya dapat disimpan dalam kapasitor, baterai isi ulang, dan lain-lain. Kelemahan teknik energi yang lain timbul karena produk-produk portabel disuplay oleh baterai isi ulang dan akan tetap digunakan sebagai sumber utama untuk jenis produk konsumen. Kelemahan dari baterai adalah kebutuhan untuk mengisi ulang secara berkala. Kelemahan ini dapat diatasi dengan memberikan supply daya secara terus menerus tanpa menggunakan sumber listrik.

Pada makalah ini disajikan perancangan *rectenna* (*rectifier antenna*) sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi daya output DC yang memanfaatkan frekuensi wifi 2,4 GHz. Pemanfaatan dari *rectenna* ini dapat diterapkan pada perangkat yang membutuhkan daya kecil.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang maka rumusan masalah ditekankan pada :

- 1) Bagaimana cara mensimulasikan rangkaian *rectenna* (*rectifier antenna*) dengan menggunakan *software* Multisim 11.

- 2) Bagaimana cara merancang dan membuat *Rectenna (Rectifier Antenna)* yang digunakan sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi *output DC*.
- 3) Bagaimana cara pengukuran kinerja *Rectenna*.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini membahas perancangan *Rectenna* untuk frekuensi 2,4 GHz. Dengan batasan sebagai berikut :

- 1) Tidak membahas penggunaan daya yang besar.
- 2) Hanya membahas pada penggunaan frekuensi wifi 2,4 GHz.
- 3) Tidak membahas tentang perancangan antenna.

1.4 Tujuan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk pemanfaatan energi gelombang elektromagnetik pada frekuensi wifi 2,4 GHz dengan menggunakan *Rectenna (Rectifier Antena)*.

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 tinjauan pustaka atau 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 data, dan analisis data.

BAB IV : PERANCANGAN

Berisi mengenai perancangan dan simulasi *Rectenna (Rectifier Antena)* sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi *output* DC pada frekuensi wifi 2,4 GHz.

BAB V : ANALISIS HASIL PENGUKURAN

Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran *rectenna*

BAB VI : PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil analisis.

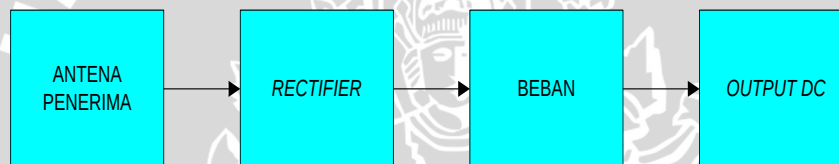


BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Rectenna*

Rectenna merupakan gabungan dari antena dan *rectifier* yang dapat berfungsi mengkonversi gelombang radio menjadi energi listrik. *Rectifier* disini berfungsi untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antena menjadi arus DC. Sedangkan antena berfungsi menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas yang dipancarkan oleh perangkat-perangkat telekomunikasi yang berada disekitar kita seperti BTS, Access Point, dan lain-lain. Gambar 2.1 menunjukkan sistem *rectenna* secara umum yang terdiri dari antena, rangkaian *rectifier* dan beban.



Gambar 2.1 Sistem *Rectenna*

Sumber : Perancangan

2.2 Teori Dasar Antena

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).

Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Meskipun pada kenyataannya terdapat rugi-rugi yang terjadi ketika penjalaran gelombang seperti rugi-rugi pada saluran transmisi dan terjadi kondisi tidak *matching* antara saluran transmisi dan antena. Sehingga *matching* impedansi juga

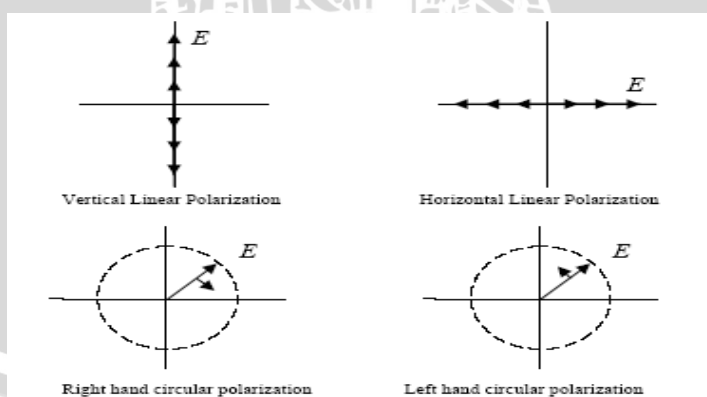
merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan sebuah antenna.

2.3 Parameter - Parameter Antena

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

2.3.1 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 2.2 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

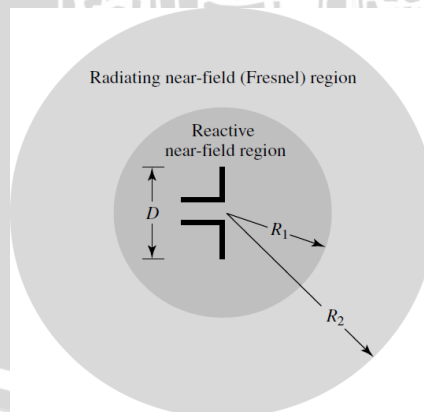
besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antena, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antena yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer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

2.3.2 Daerah Medan Radiasi

Daerah medan radiasi suatu antena adalah daerah di mana radiasi antena tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antena.

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*
Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi
- *Radiating Near-Field (Fresnel) Zone*
Adalah daerah medan di antara *reactive near field zone* dan *far field zone*. Pada daerah ini, medan radiasi sangat berpengaruh. Dan distribusi medan sudut (*angular field distribution*) bergantung pada jarak dari antena.
- *Far-Field (Franhouffer) Zone*
Adalah daerah medan antena dengan distribusi medan sudut sangat tidak bergantung pada jarak dari antena



Gambar 2.3 Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena

Sumber: Balanis, 2005: 34

2.3.3 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.

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.

2.3.4 Lobe Pola Radiasi dan Beamwidth

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

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

2.3.5 Directivity (Keterarahan)

Seberapa besar kemampuan antenna untuk dapat mengoptimalkan energi pada arah tertentu dibandingkan dengan radiasi pada arah lain disebut sebagai *directivity*. Atau dengan kata lain *directivity* suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai maksimum intensitas radiasi dengan intensitas radiasi rata-rata yang dipancarkan.

2.3.6 Gain Antena

Penguatan daya pada antenna mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada *amplifier*. Penguatan daya disini berarti perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna *isotropis* yang bentuk polanya seperti bola. Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antenna adalah *gain* (penguatan). Meski *gain* antenna erat kaitannya dengan *directivity*, *gain* adalah pengukuran yang

memperhitungkan efisiensi antena maupun keterarahannya. *Gain* antena dibedakan atas : *absolute gain* dan *relative gain*.

- *Absolute gain* suatu antena (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara isotropis.
- *Relative gain* suatu antena didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antena referensi dalam arah acuannya (dengan catatan bahwa kedua antena mempunyai daya masukan yang sama).

2.3.7 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

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

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

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan :

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

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (3)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

2.3.8 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) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (4)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (5)$$

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.

2.3.9 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) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (6)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (7)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (8)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

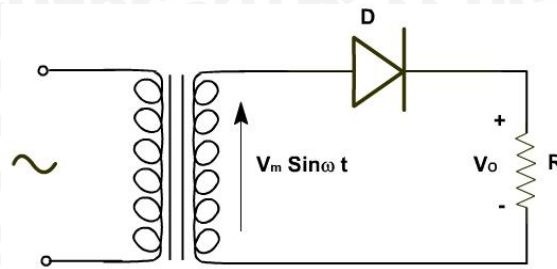
f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.4 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 di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator stepdown. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu power supply yaitu, penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang / rectifier (dioda) dan filter (kapasitor). Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

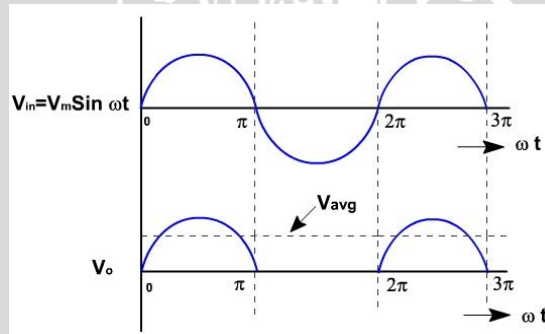
2.4.1 Penyearah Setengah Gelombang (*Half Wave rectifier*)



Gambar 2.4 *Half wave rectifier*

Sumber : elektronika-dasar.web.id

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) hanya menggunakan satu buah diode 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 diode dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka diode dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negative tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal output penyearah setengah gelombang berikut.



Gambar 2.5 *Output signal Half wave rectifier*

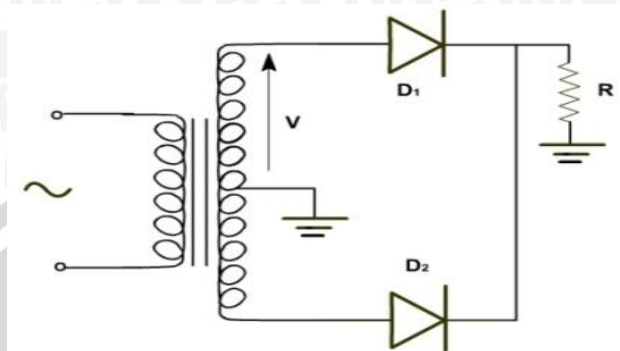
Sumber : elektronika-dasar.web.id

Formulasi yang digunakan pada penyearah setengah gelombang sebagai berikut.

$$V_{avg} = \frac{V_m}{\pi}$$

2.4.2 Penyearah Gelombang Penuh (*Full Wave rectifier*)

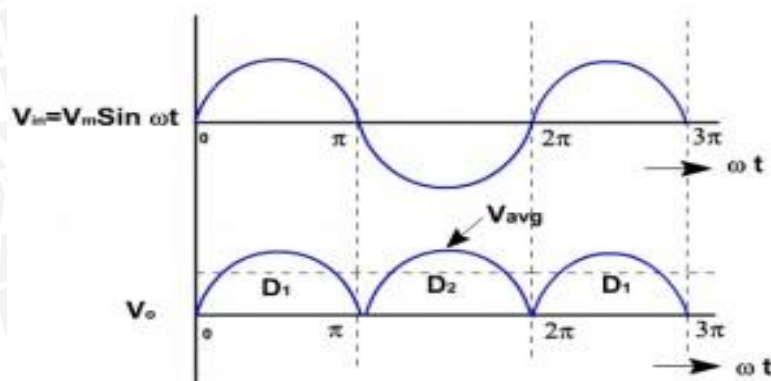
Penyearah gelombang dengan 2 dioda menggunakan tranformator dengan CT (Center Tap). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.6 *Full Wave Rectifier*

Sumber : nptel.tvn.ernet.in

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada gambar diatas 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Output Signal Full Wave Rectifier

Sumber : nptel.tvm.ernet.in

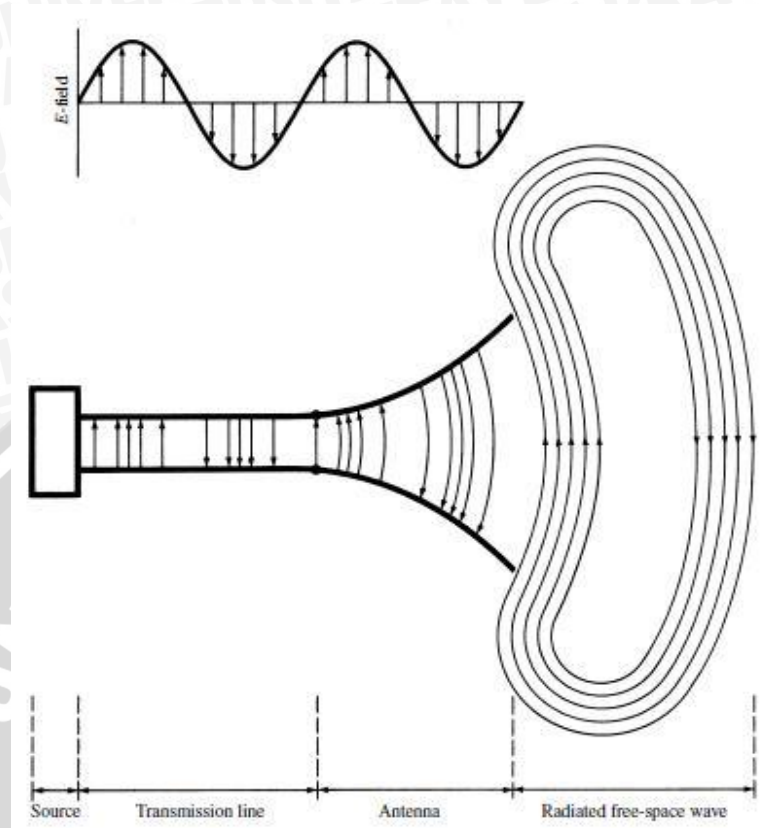
Formulasi yang digunakan pada penyearah gelombang penuh sebagai berikut.

$$V_{avg} = \frac{2V_m}{\pi}$$

2.5 Proses Energi RF Menjadi Energi Elektrik Oleh Antena

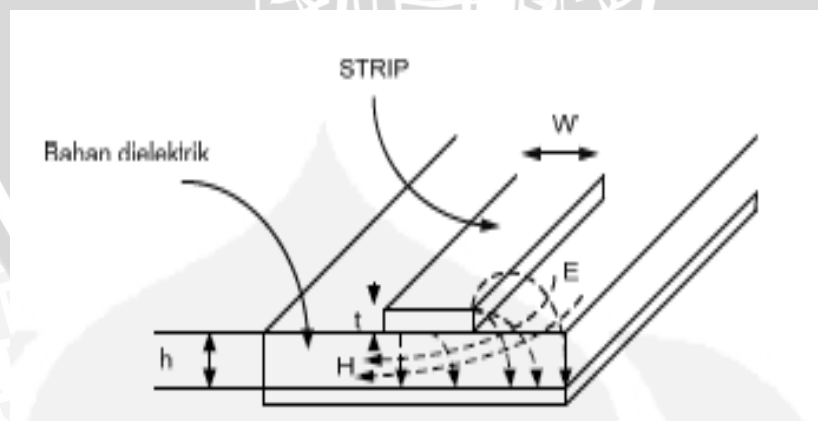
Antena sebuah *device* yang mengubah gelombang elektrik dari saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik diruang bebas, dan sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran 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 ber - isolasi dari energi listrik seluruhnya yaitu total dua kali setiap periode gelombang itu.

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

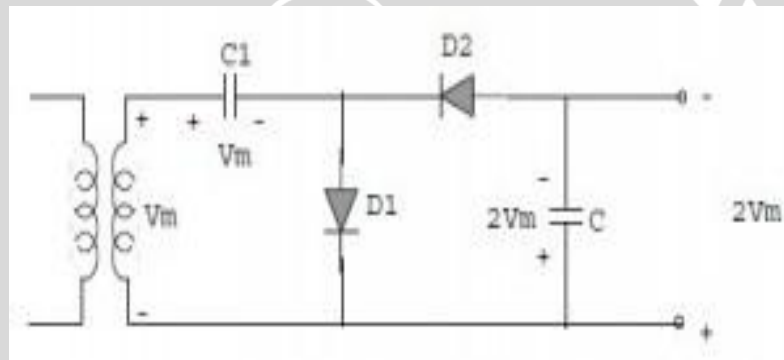
Sumber : Balanis, 2005: 817

2.6 Voltage Doubler / Voltage Multiplier

Pelipat tegangan dengan dioda berfungsi untuk melipat gandakan suatu tegangan input menjadi tegangan output DC yang lebih besar. Dengan menggunakan rangkaian pelipat tegangan (*voltage multiplier*) pada skunder trafo yang relatif kecil dapat diperoleh tegangan searah keluaran sebesar dua, tiga, empat atau lebih kali lipat tegangan input.

Rangkaian pelipat tegangan dapat dibuat dengan komponen dasar dioda dan kapasitor, dengan konfigurasi setengah gelombang dan gelombang penuh. Rangkaian ini banyak digunakan pada pembangkit tegangan tinggi namun dengan arus yang kecil.

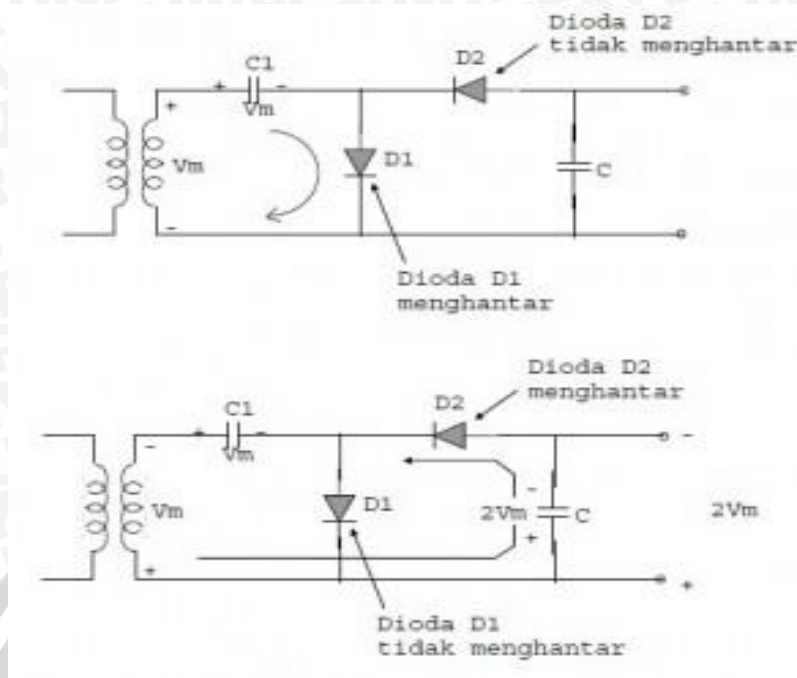
Berikut contoh rangkaian pelipat tegangan 2 kali setengah gelombang dengan dioda



Gambar 2.10 Voltage Doubler / Voltage Multiplier

Sumber : Elektronika Dasar : 2013

Pada saat tegangan skunder trafo berpolaritas positif (setengah siklus positif), maka dioda D1 menghantar dan dioda D2 tidak menghantar. Secara ideal dioda yang sedang menghantar dianggap hubung singkat. Oleh karena itu C1 diisi tegangan melalui D1 hingga mencapai V_m dengan polaritas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Proses Menghantar Tegangan Pada Dioda

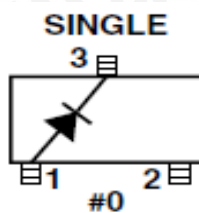
Sumber : Elektronika Dasar : 2013

Pada saat setengah siklus berikutnya yaitu siklus negatif, maka dioda D1 tidak menghantar dan dioda D2 menghantar. Oleh karena itu kapasitor C2 diisi tegangan dari skunder trafo sebesar V_m dan dari C1 sebesar V_m , sehingga total sebesar $2 V_m$. Apabila pada output diberi resistor beban (R_L), maka tegangan pada ujung C2 turun selama siklus positif dan diisi kembali hingga $2 V_m$ selama siklus negatif. Bentuk gelombang output pada ujung C2 adalah seperti bentuk output penyearah setengah gelombang dengan filter C. Tegangan puncak inverse (PIV) untuk setiap dioda adalah $2 V_m$.

2.7 Schottky Diode

Dioda Schottky merupakan tipe khusus dari diode dengan tegangan yang rendah. Ketika arus mengalir melalui diode akan ditahan oleh hambatan internal, yang menyebabkan tegangannya menjadi kecil di terminal dioda.

Dioda Schottky menggunakan simpangan logam-semikonduktor seperti dalam diode konvensional. Tipe dioda *schottky* yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe HSMS-2820.



Gambar 2.12 Dioda Schottky HSMS-2820

Sumber : HSMS-2820-datasheet

Dioda Schottky HSMS-2820 telah dirancang dan dioptimalkan untuk untuk frekuensi dari 915 MHz – 5,8 GHz. Cocok untuk RF / ID dan aplikasi Tag RF serta sinyal antenna wifi 2.4 GHz, deteksi sinyal besar, modulasi, RF konversi DC atau penggandaan tegangan.

2.8 Software Multisim 11

Multisim 11 adalah sebuah *software* yang digunakan untuk menggambar dan mensimulasikan rangkaian elektronika baik analog maupun digital.

Software ini dikembangkan oleh Perusahaan National Instrument yang bergerak dalam bidang produksi komponen-komponen elektronika. Multisim 11 merupakan pengembangan dari *software* simulasi rangkaian elektronika Electronics Workbench. Dengan *software* Multisim ini 11, kita dapat membuat rangkaian serta parameter pada rangkaian analog dan digital. Kemampuan yang disediakan Multisim adalah dapat memodelkan berbagai rancangan rangkaian, menguji suatu rangkaian dengan berbagai kemungkinan komponen, memeriksa sifat dari keseluruhan rangkaian dengan melakukan analisa AC / DC. Pada pembuatan rectenna, multisim digunakan untuk melakukan simulasi tentang kelakuan rangkaian *rectifier*. Dengan multisim 11, maka optimasi rangkaian *rectifier* bisa dilakukan.

2.9 PicoScope

PicoScope merupakan sebuah osiloskop genggam yang dapat disambungkan dengan laptop atau PC desktop. Disini pada monitor laptop atau PC dijadikan layar osiloskopnya. Alat ini tidak memerlukan catu daya tegangan karena sudah disuplai dengan menggunakan daya dari laptop / PC melalui USB.

PicoScope 2104 dan 2105 adalah osiloskop genggam portabel yang cocok digunakan untuk para hobyest, mahasiswa, teknisi, dan orang yang mencari kemudahan dalam penggunaannya, murah dan terjangkau, serta sesuai dengan osiloskop asli.



Gambar 2.13 PicoScope

Sumber : <http://codeandlife.com/tags/picoscope/>

2.10 Function Generator

Function Generator adalah alat ukur elektronik yang menghasilkan, atau membangkitkan gelombang berbentuk sinus, segitiga, ramp, segi empat, dan bentuk gelombang pulsa. Function generator terdiri dari generator utama dan generator modulasi. Generator Utama menyediakan gelombang output sinus, kotak, atau gelombang segitiga dengan rentang frekuensi 0,01 Hz sampai 13 MHz. Generator modulasi menghasilkan bentuk gelombang sinus, kotak, dan segitiga dengan rentang frekuensi 0,01 Hz sampai 10 kHz. Generator sinyal input dapat digunakan sebagai *Amplitudo*

Modulation (AM) atau *Frequensi Modulation* (FM). Selubung (envelope) AM dapat diatur dari 0% sampai 100%; FM dapat diatur frekwensi pembawanya hingga $\pm 5\%$. *Function Generator* umumnya menghasilkan frekuensi pada kisaran 0,5 Hz sampai 20 Mhz atau lebih tergantung rancangan pabrik pembuatnya. Frekuensi yang dihasilkan dapat dipilih dengan memutar-mutar tombol batas ukur frekuensi (*frequency range*).

Amplitudo sinyal yang dapat diatur berkisar antara 0,1V – 20 V_{p-p} (tegangan puncak ke puncak) kondisi tanpa beban, dan 0,1 V – 10V_{p-p} (Volt *peak to peak*/tegangan puncak ke puncak) dengan beban sebesar 50Ω. *Output* utama ditetapkan oleh *SYNC Output*. Gambar dibawah ini memperlihatkan salah satu bentuk *Function Generator*.



Gambar 2.14 *Function Generator*

Sumber : dzakyfile.blogspot.com

Generator fungsi (*function generator*) juga memiliki pengertian sebuah instrumen terandalkan yang memberikan suatu pilihan beberapa bentuk gelombang yang frekwensi-frekwensinya diatur sepanjang rangkuman (range) yang lebar. Bentuk-bentuk yang lazim digunakan adalah sinusoida, segitiga, persegi, dan gigi gergaji. Frekuensi bentuk - bentuk gelombang ini dapat bisa diatur dari satu hertz sampai beberapa ratus kilokertz (kHz) bahkan sampai megahertz (MHz).generator fungsi juga bagian dari peralatan atau *software* uji coba elektronik yang digunakan untuk menciptakan gelombang listrik. Gelombang ini bisa

berulang-ulang atau satu kali yang dalam kasus ini semacam sumber pemicu diperlukan, secara internal ataupun eksternal. Tipe lain dari generator fungsi adalah sub-sistem yang menyediakan output sebanding terhadap beberapa input fungsi matematika. Contohnya, output berbentuk kesebandingan dengan akar kuadrat dari input. Alat seperti itu digunakan dalam sistem pengendali umpan dan komputer analog.

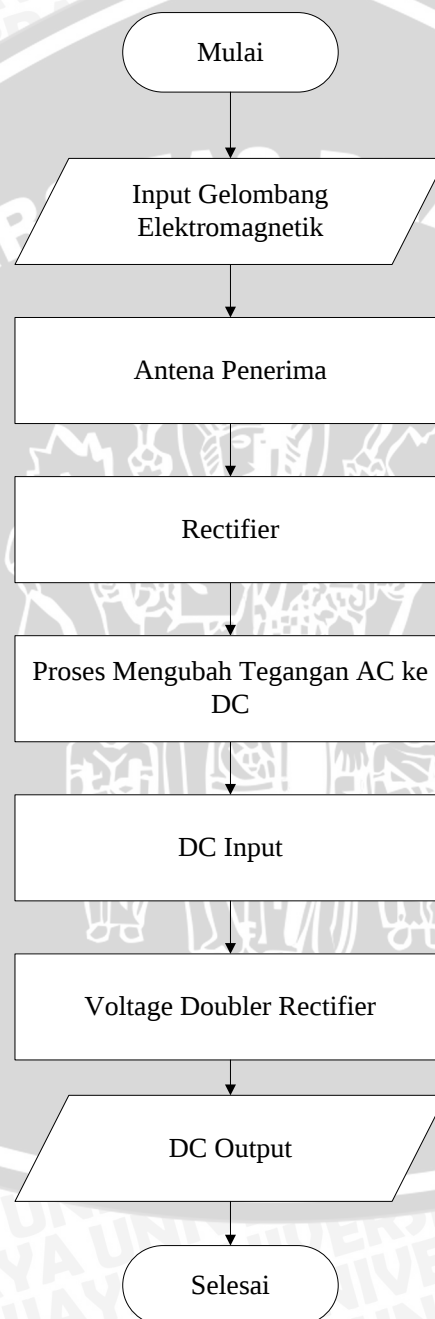
Generator fungsi analog umumnya menghasilkan gelombang segitiga sebagai dasar dari semua outputnya. Segitiga ini dihasilkan oleh kapasitor yang dimuat dan dilepas secara berulang-ulang dari sumber arus konstan. Hal ini menghasilkan *ramp* voltase menaik dan menurun secara linier. Ketika voltase output mencapai batas atas dan batas bawah, proses pemuatan dan pelepasan dibalik menggunakan komparator, menghasilkan gelombang segitiga linier. Dengan arus yang bervariasi dan ukuran kapasitor, frekuensi yang berbeda dapat dihasilkan.

2.11 PCB Express

PCB Express adalah salah satu software elektronika yang digunakan untuk membuat layout PCB. Keunggulan dari software ini adalah lisensinya gratis jadi kita dapat menggunakannya secara cuma-cuma. selain itu keunggulan lain dari software ini adalah ada sebuah *component manager* yang isinya berbagai macam komponen seperti resistor, ic, kapasitor dan banyak lagi. Jadi dengan *library* komponen ini kita tidak perlu menghitung besar jarak antara kaki-kaki komponen yang akan kita buat dalam layout nanti.

BAB III METODOLOGI

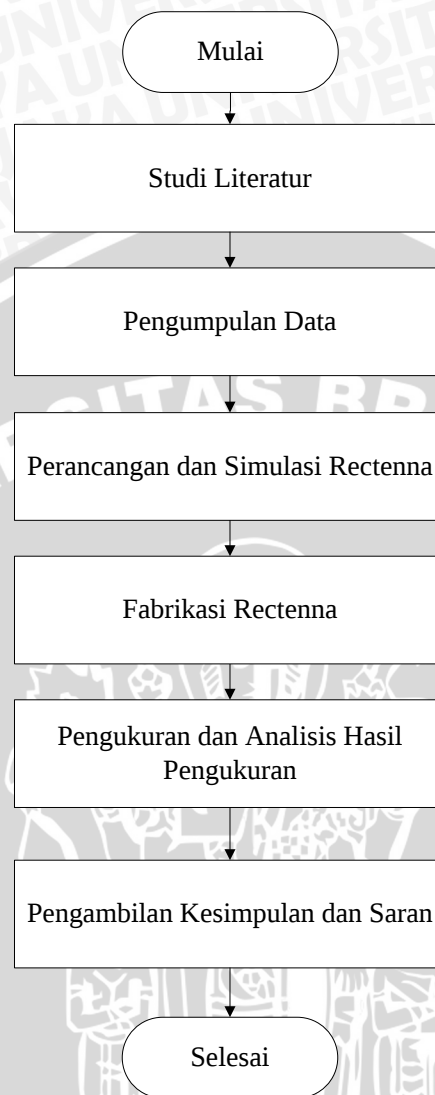
Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan *Rectenna* sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi *output DC* pada frekuensi 2,4 GHz.



Gambar 3.1 Flowchart Rectenna (Rectifier Antenna)

Sumber : Perancangan

Adapun metodologi yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi
Sumber : Perancangan

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka yang berkaitan dengan teknologi *Rectenna* terutama dalam hal perancangan, pembuatan dan penerapannya di bidang telekomunikasi.

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 hasil simulasi dan pengukuran secara praktik.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur (buku, jurnal-jurnal, dan internet).

Komponen yang digunakan untuk rangkaian *Rectifier* :

- 1 buah Kapasitor 2.2 pF , 2 pF , dan 2.2 nF
- 2 buah Dioda *Scottky* HSMS-2820
- 1 buah Resistor 470 k Ω
- 1 buah LED

3.3 Perancangan dan Simulasi *Rectenna*

Perancangan *Rectenna* dilakukan berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Dan juga simulasi dengan menggunakan *software* Multisim 11 untuk memperoleh tentang gambaran kondisi rangkaian *rectifier* sebelum diimplementasikan.

3.4 Fabrikasi *Rectenna*

Fabrikasi dilakukan setelah memilih rangkaian *rectifier* yang memiliki penguatan yang paling besar berdasarkan hasil simulasi. Setelah itu rangkaian skematik ini dibuat pada *software* Altium untuk dibuat rangkaian PCB dan kemudian dicetak.

3.5 Pengukuran dan Analisis Hasil Pengukuran

Pengukuran dan Analisis Hasil Pengukuran *Rectenna* ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari *rectenna* tersebut sebagai pengubah daya elektromagnetik menjadi *output* DC pada frekuensi 2,4 Ghz.

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

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



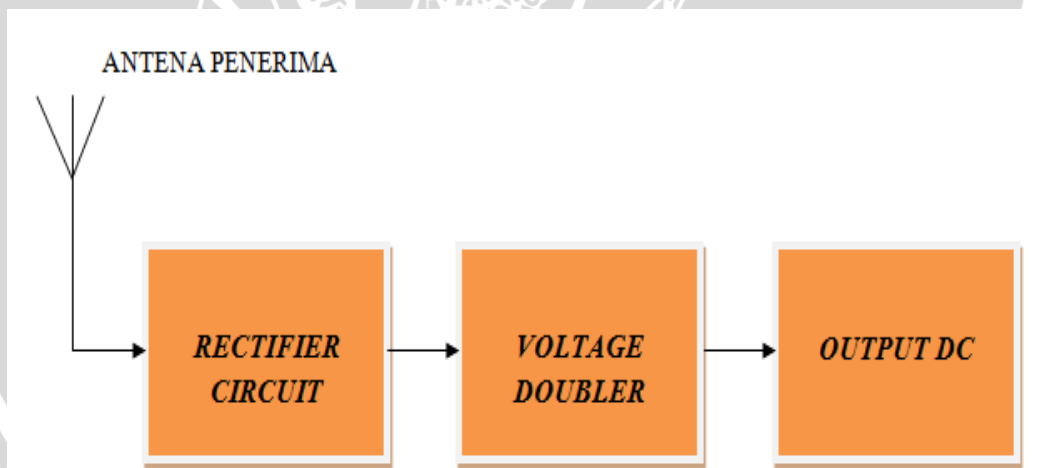
BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI RANGKAIAN PENYEARAH ANTENNA (*RECTENNA*)

4.1 Tinjauan Umum

Dalam perancangan rangkaian penyearah 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 antenna penerima hasil perancangan. Pada rangkaian penyearah ini diode yang dipakai adalah dioda *Schottky* tipe HSMS-2820 yang dapat bekerja pada frekuensi dari 915 MHz – 5,8 GHz yang sangat baik bila digunakan pada frekuensi yang tinggi dan mempunyai daya input yang rendah.

4.2 Blok Diagram *Rectenna*



Gambar 4.1 Blok Diagram *Rectenna*

Sumber : Perancangan

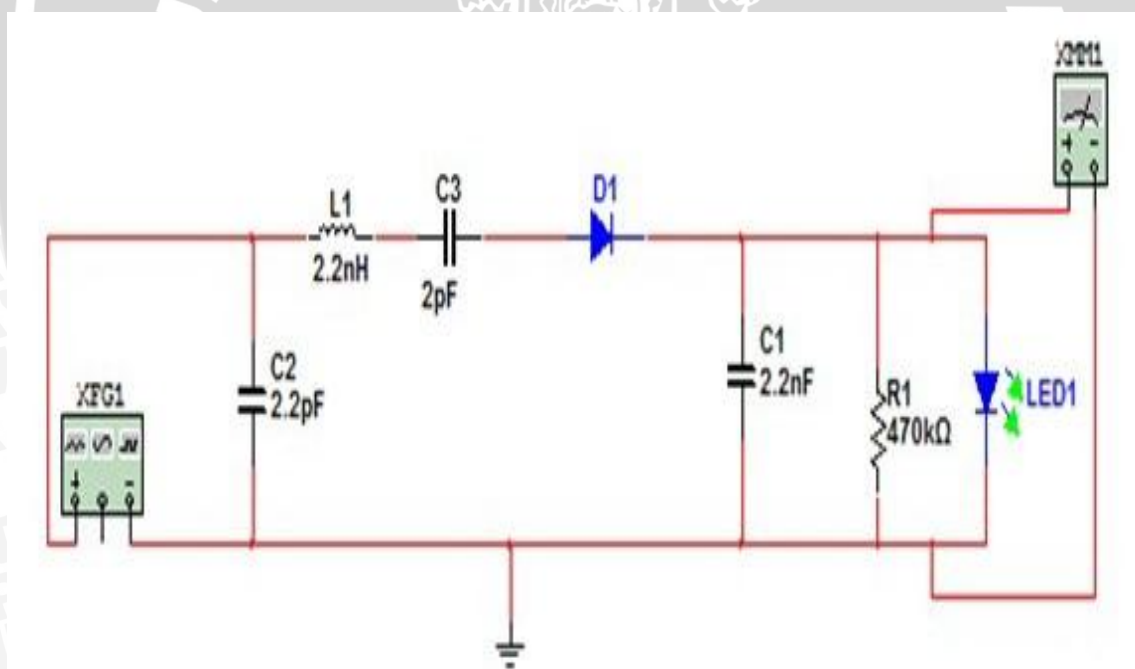
4.3 Realisasi Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

Dalam pembuatan rangkaian dasar sebuah *rectifier* harus melihat tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan rectenna ini. Yaitu harus mempunyai kemampuan untuk mengkonversi gelombang elektromagnetik AC ke DC dengan tegangan yang dihasilkan juga besar. Sebelum merealisasikan maka rectenna ini akan disimulasikan ke dalam software Multisim 11 dengan 2 opsi rectifier sebagai perbandingan untuk mengetahui hasil yang terbaik yaitu *Single diode rectifier* dan *Double diode rectifier (Voltage Doubler)*.

4.4 Simulasi Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

4.4.1 *Single Diode Rectifier*

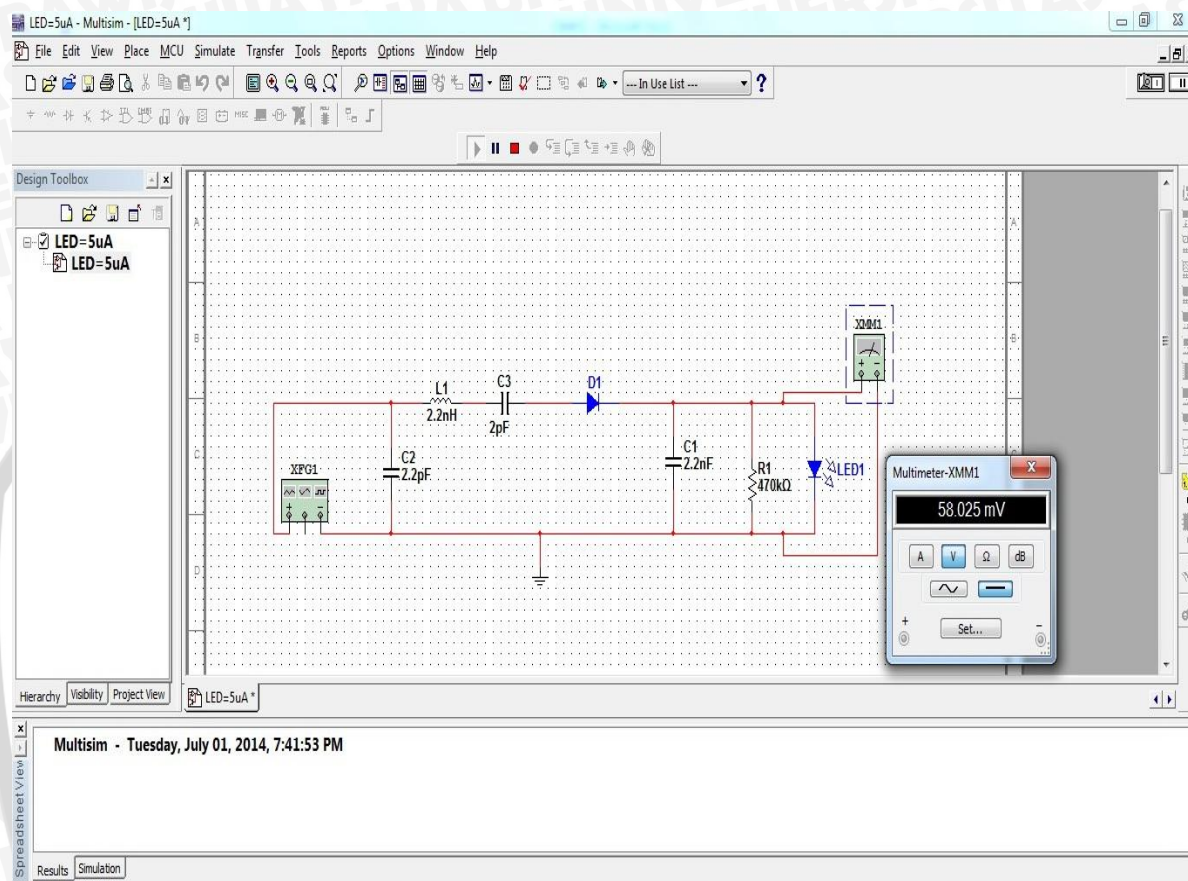
Rangkaian pertama untuk perbandingan yang dirancang sebagai rectifier adalah *single diode rectifier* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Rangkaian *Single Diode Rectifier*

Sumber : Simulasi

Setelah itu disimulasikan di *software* multisim 11. Kemudian diberi sinyal input AC dengan frekuensi 2.4 Ghz. Dan output DC yang dihasilkan adalah 58.025mV seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.3 Hasil Simulasi Rangkaian *Single Diode Rectifier*

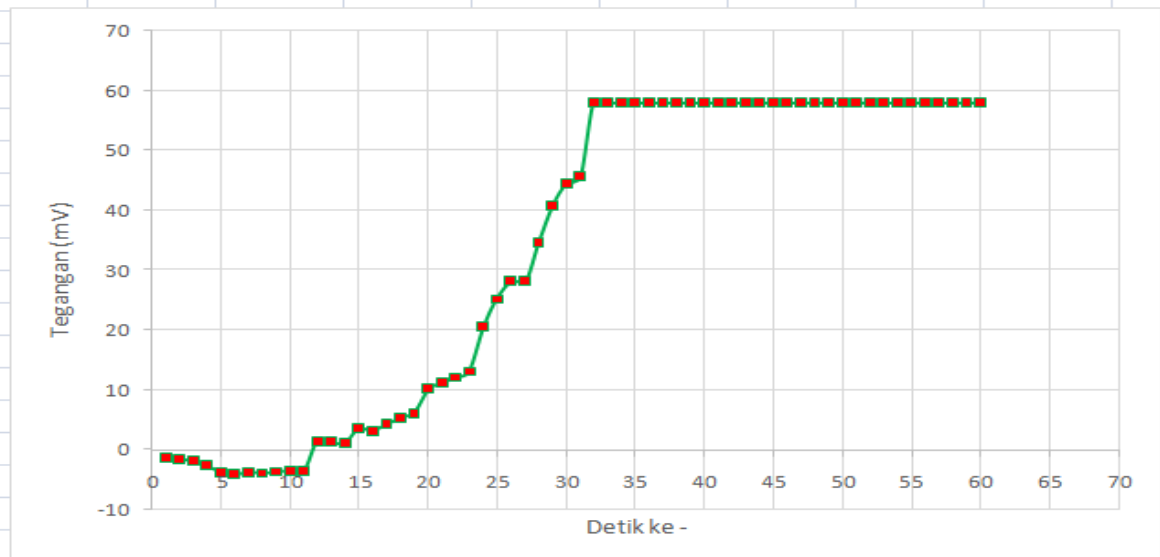
Sumber : Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi rangkaian *Single Diode Rectifier* di Multisim 11 ini diambil sampel sampai detik ke – 60. Nilai tegangan keluaran pada rangkaian ini mulai stabil pada detik ke – 42 yaitu sebesar 58.025 mV seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Rangkaian Single Diode Rectifier
Sumber : Hasil Simulasi

Tegangan (mV)	Detik ke -	Tegangan (mV)	Detik ke -
-1.351	1	45.623	31
-1.494	2	58.025	32
-1.9	3	58.025	33
-2.588	4	58.025	34
-3.724	5	58.025	35
-4.027	6	58.025	36
-3.724	7	58.025	37
-3.902	8	58.025	38
-3.664	9	58.025	39
-3.502	10	58.025	40
-3.506	11	58.025	41
1.437	12	58.025	42
1.318	13	58.025	43
1.117	14	58.025	44
3.642	15	58.025	45
3.18	16	58.025	46
4.328	17	58.025	47
5.443	18	58.025	48
6.173	19	58.025	49
10.174	20	58.025	50
11.232	21	58.025	51
12.111	22	58.025	52
13.103	23	58.025	53
20.546	24	58.025	54
25.158	25	58.025	55
28.168	26	58.025	56
28.186	27	58.025	57
34.623	28	58.025	58
40.897	29	58.025	59
44.417	30	58.025	60

Pada grafik 4.1 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran hasil simulasi pada rangkaian *Single Diode Rectifier* terlihat semakin meningkat, akan tetapi hanya sampai pada nilai 58.025 mV saja.

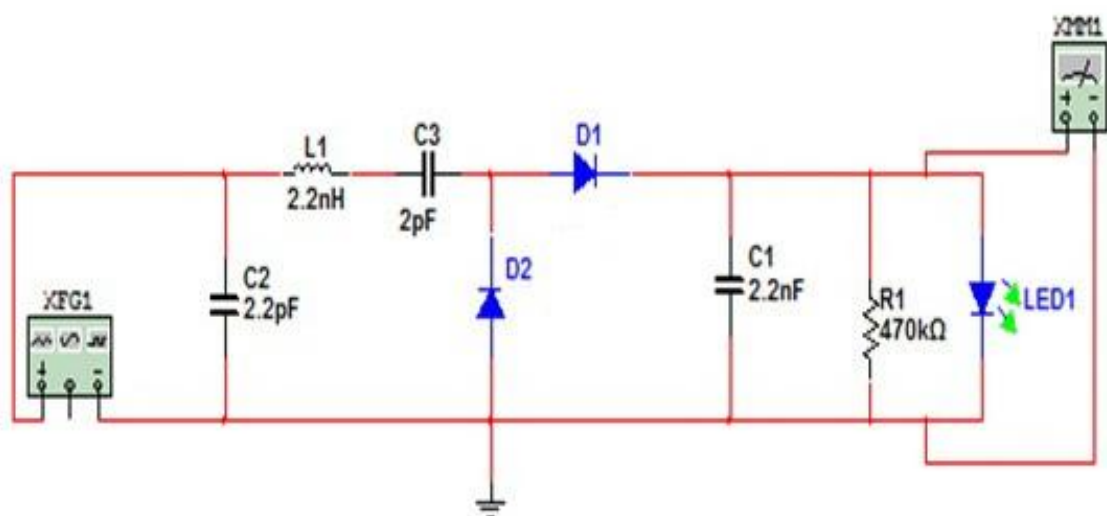


Grafik 4.1 Hasil Simulasi Rangkaian *Single Diode Rectifier*

Sumber : Hasil Simulasi

4.4.2 *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)*

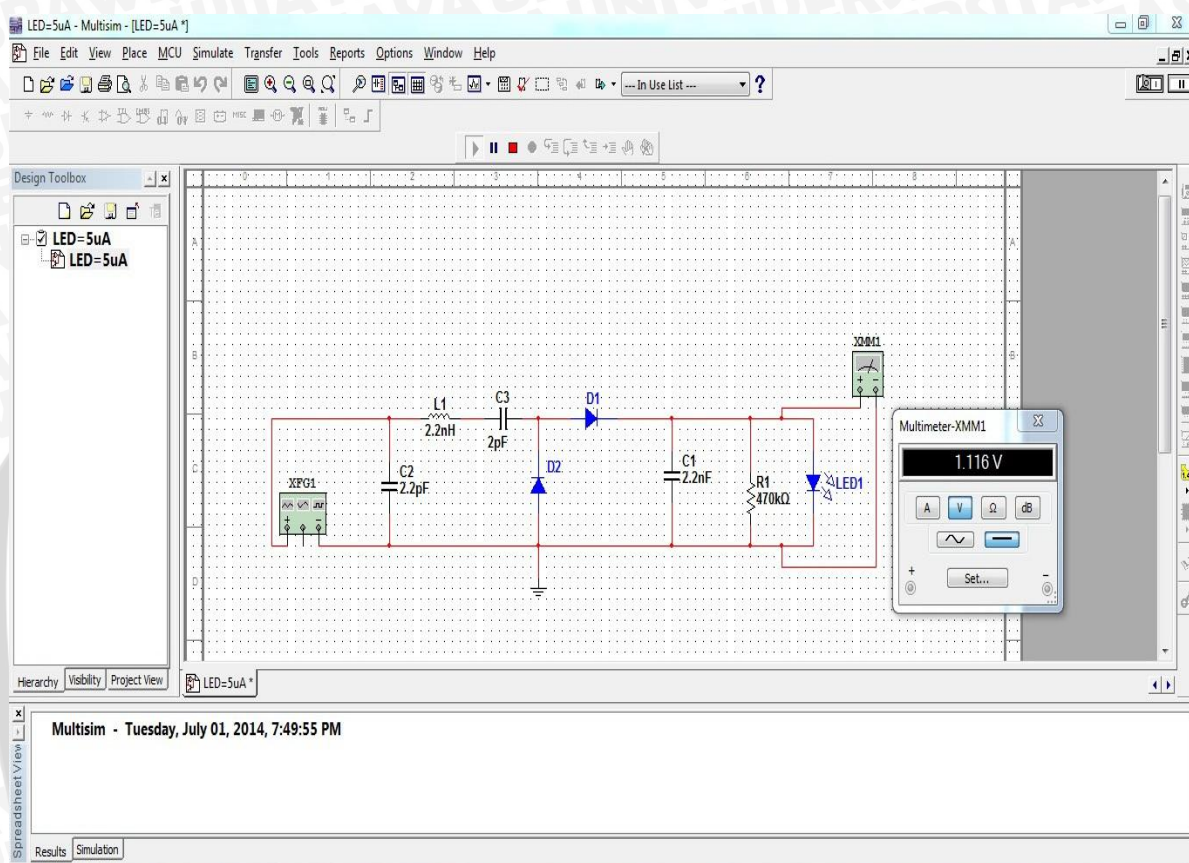
Rangkaian kedua yang dirancang untuk perbandingan sebagai rectifier adalah *Double diode rectifier (Voltage Doubler)* seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 4.4 Rangkaian *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)*

Sumber : Simulasi

Setelah itu disimulasikan di *software* multisim 11. Kemudian diberi sinyal input AC dengan frekuensi 2.4 Ghz. Dan output DC yang dihasilkan adalah 1.16 V seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.5 Hasil Simulasi *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)*

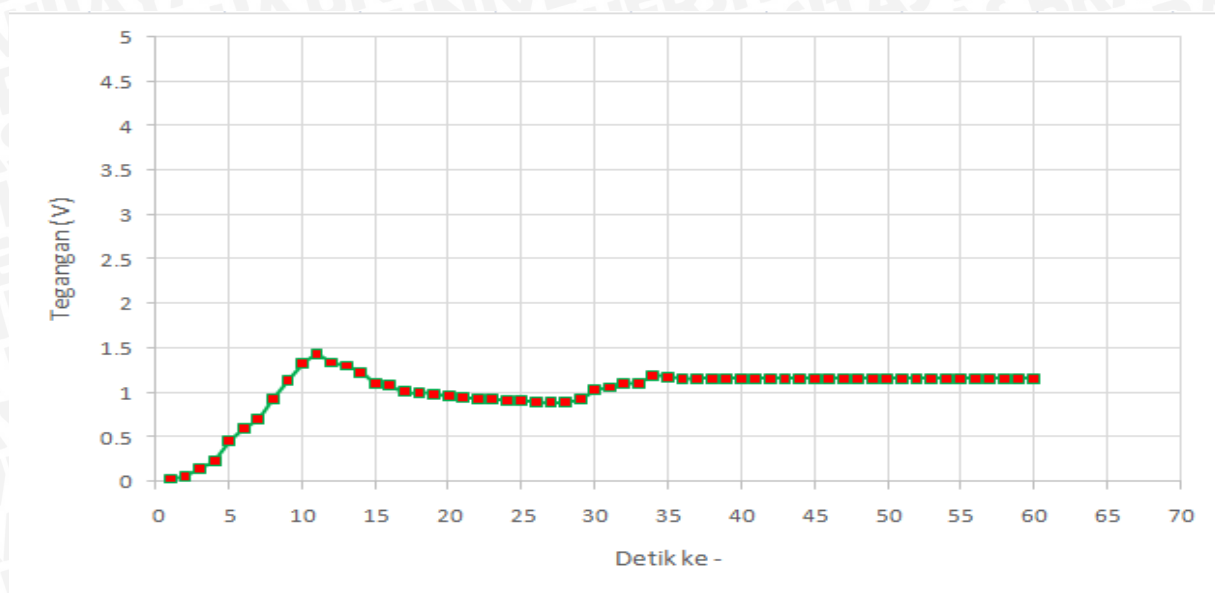
Sumber : Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi rangkaian *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)* di Multisim 11 ini diambil sampel sampai detik ke – 60. Nilai tegangan keluaran pada rangkaian ini mulai stabil pada detik ke – 39 yaitu sebesar 1.16 V seperti pada table 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Double Diode Rectifier (voltage Doubler)
Sumber : Hasil Simulasi

Tegangan (V)	Detik ke -	Tegangan (V)	Detik ke -
0.033675	1	1.061	31
0.060503	2	1.098	32
0.14767	3	1.107	33
0.240523	4	1.19	34
0.458897	5	1.18	35
0.593325	6	1.16	36
0.70879	7	1.16	37
0.923993	8	1.16	38
1.138	9	1.16	39
1.324	10	1.16	40
1.432	11	1.16	41
1.34	12	1.16	42
1.304	13	1.16	43
1.233	14	1.16	44
1.106	15	1.16	45
1.083	16	1.16	46
1.011	17	1.16	47
1.004	18	1.16	48
0.985508	19	1.16	49
0.962757	20	1.16	50
0.947489	21	1.16	51
0.935775	22	1.16	52
0.924574	23	1.16	53
0.917217	24	1.16	54
0.909621	25	1.16	55
0.898445	26	1.16	56
0.894982	27	1.16	57
0.902334	28	1.16	58
0.927539	29	1.16	59
1.035	30	1.16	60

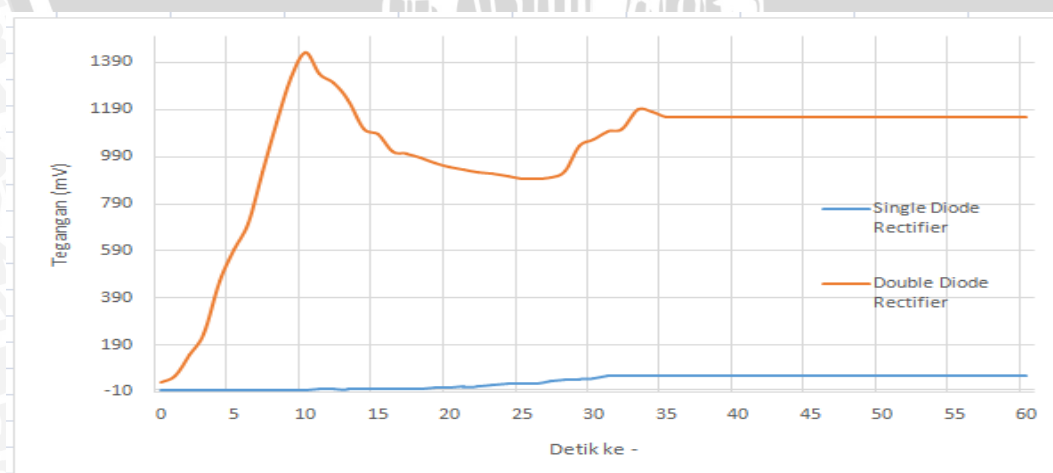
Pada grafik 3.2 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran hasil simulasi pada rangkaian *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)* stabil pada tegangan 1.16 V.



Grafik 4.2 Hasil Simulasi *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)*

Sumber : Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi dari kedua rangkaian dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)* ini lebih besar daripada pada rangkaian *Single Diode Rectifier* seperti yang terlihat pada grafik 4.7. Hal ini dikarenakan pemakaian dua dioda *Schottky HSMS-2860* yang dapat bekerja optimal dalam meningkatkan tegangan keluaran.

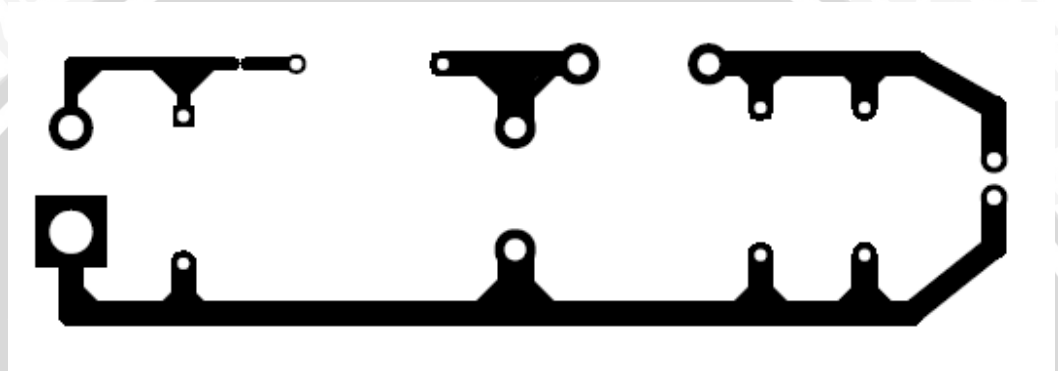


Grafik 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi

Sumber : Hasil Simulasi

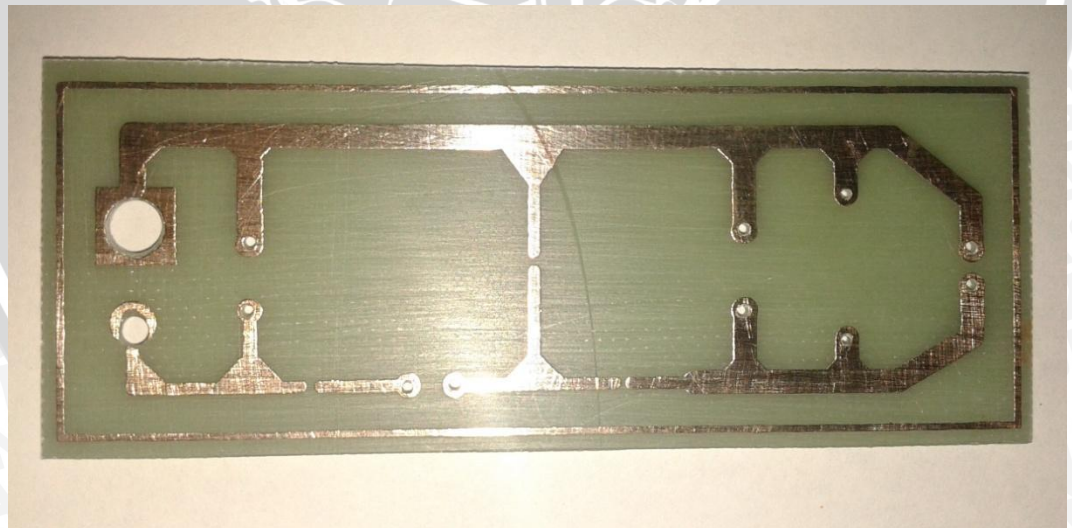
4.5 Fabrikasi Rectifier

Setelah melakukan proses simulasi maka berdasarkan hasil yang diperoleh dipilih rangkaian mempunyai penguatan yang paling besar. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa rangkaian yang mempunyai penguatan tegangan paling besar adalah menggunakan *Double diode rectifier (Voltage Doubler)* karena dapat menghasilkan tegangan sebesar 1.116 V. Selanjutnya rangkaian skematik ini dibuat kembali pada *software PCB Express* untuk nanti dibuat rangkaian PCB baru kemudian dicetak seperti pada gambar dibawah ini.



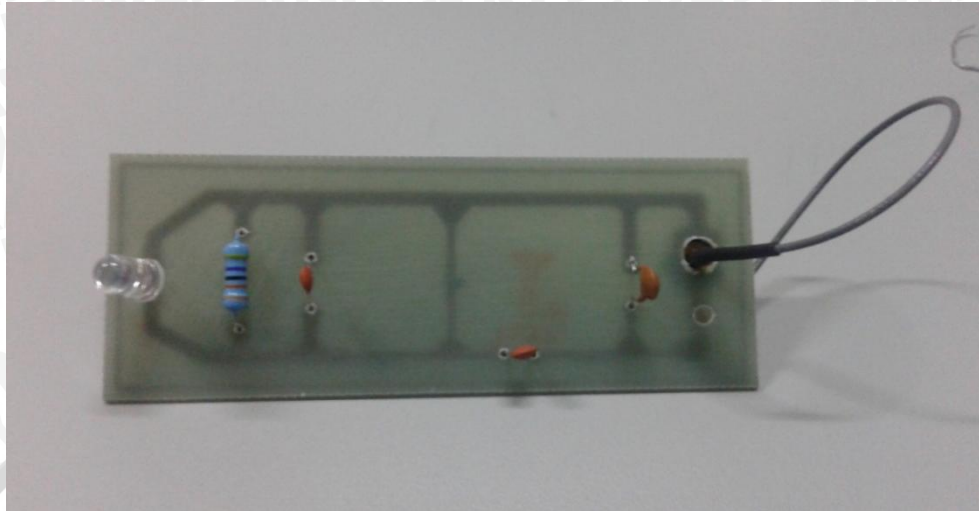
Gambar 4.6 Rangkaian Skematik pada *software PCB Express*

Sumber : Perancangan



Gambar 4.7 Rangkaian *Rectenna* setelah dicetak di PCB

Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.8.a



Gambar 4.8.b

Gambar 4.8 Rectifier yang sudah dipasang komponen
Tampak depan (a) dan Tampak Belakang (b)

Sumber : Dokumentasi

BAB V

ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN *RECTENNA*

5.1 Pendahuluan

Parameter-parameter yang akan dicari pada pengukuran *rectifier* ini adalah efisiensi dan sensitifitas *rectifier*. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat pengukuran adalah kemampuan perangkat ukurnya, terutama pada *rating* maksimum dan frekuensi dari alat ukur itu sendiri.

5.2 Tujuan Pengukuran Tegangan Output Rectifier

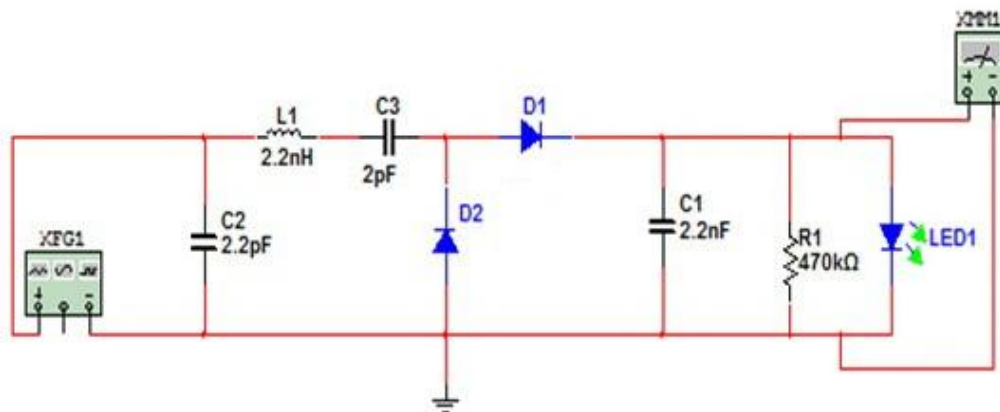
Tujuan utama dalam pengukuran tegangan keluaran dari rangkaian *rectifier* ini adalah untuk mengetahui kinerja dari *rectifier* tersebut apakah mampu mengeluarkan daya *output* yang sesuai dengan simulasi apabila diberi masukan frekuensi dari perangkat *Function Generator*.

5.2.1 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran rangkaian *rectifier* 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)

5.2.2 Prosedur Pengujian Kinerja Rectifier



Gambar 5.1 Rangkaian Skematik Rectifier

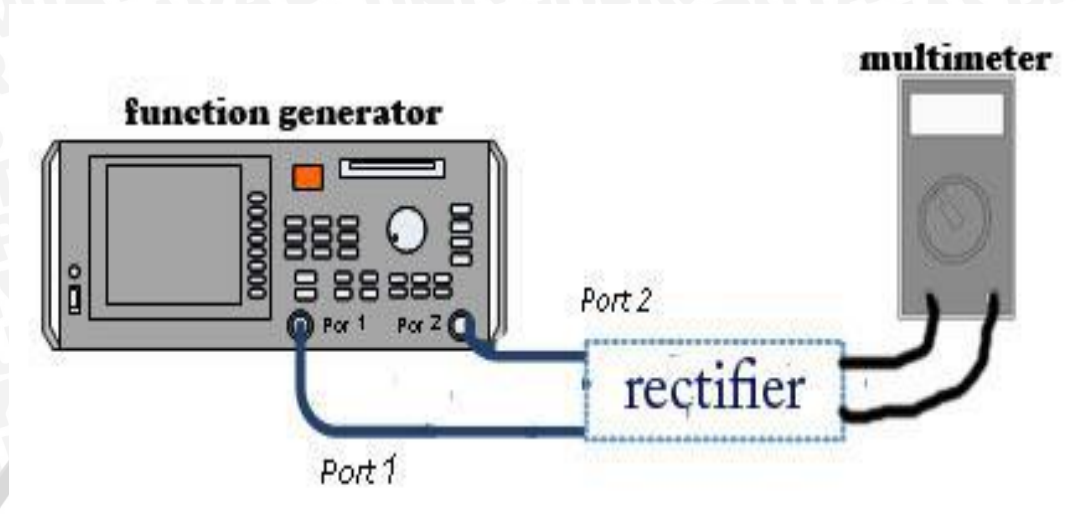
Sumber : Simulasi

Pada gambar 5.1 dapat dilihat bahwa rangkaian *rectifier* yang digunakan yaitu *Double diode rectifier (Voltage Doubler)*, karena selain dapat menyearahkan tegangan AC menjadi DC dengan baik, tapi juga tegangan DC yang dikuatkan menjadi lebih besar.

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

1. Pasang *Function Generator*, rangkaian *rectifier* dan multimeter seperti pada gambar 5.2.
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. Aktifkan perangkat *power supply* dan kemudian aktifkan perangkat *Function Generator*.
6. Mengatur alat ukur *Function Generator* pada frekuensi 2.4 Ghz.

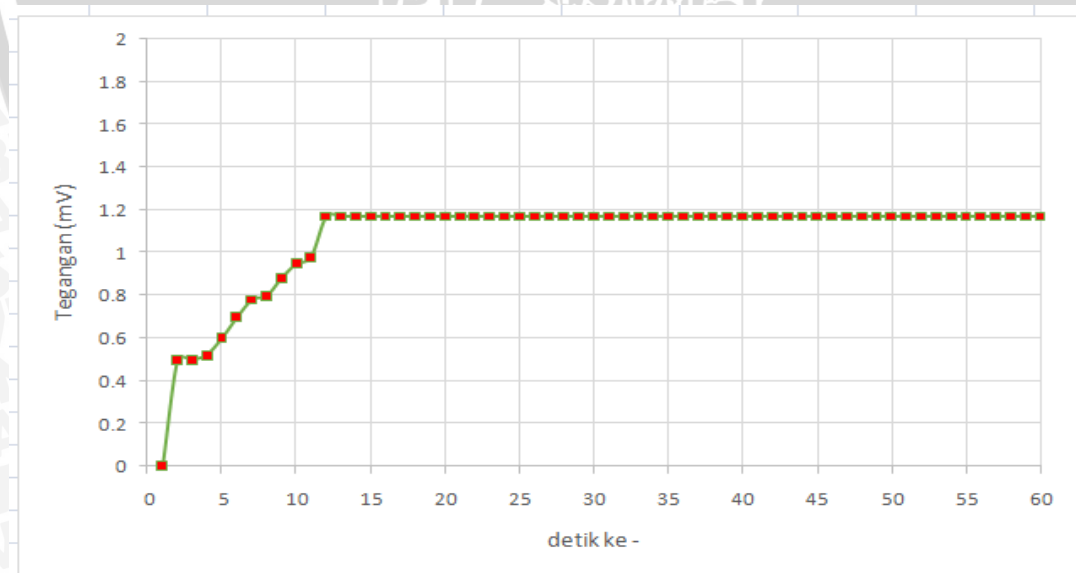
7. Setelah itu tegangan akan mengalir ke rangkaian *rectifier*. Kemudian ukur tegangan *output*-nya pada kaki LED dengan menggunakan multimeter.



Gambar 5.2 Rangkaian Pengukuran Tegangan Output Rectifier
Sumber : Pengujian

5.2.3 Hasil Pengukuran Tegangan Output Rectifier

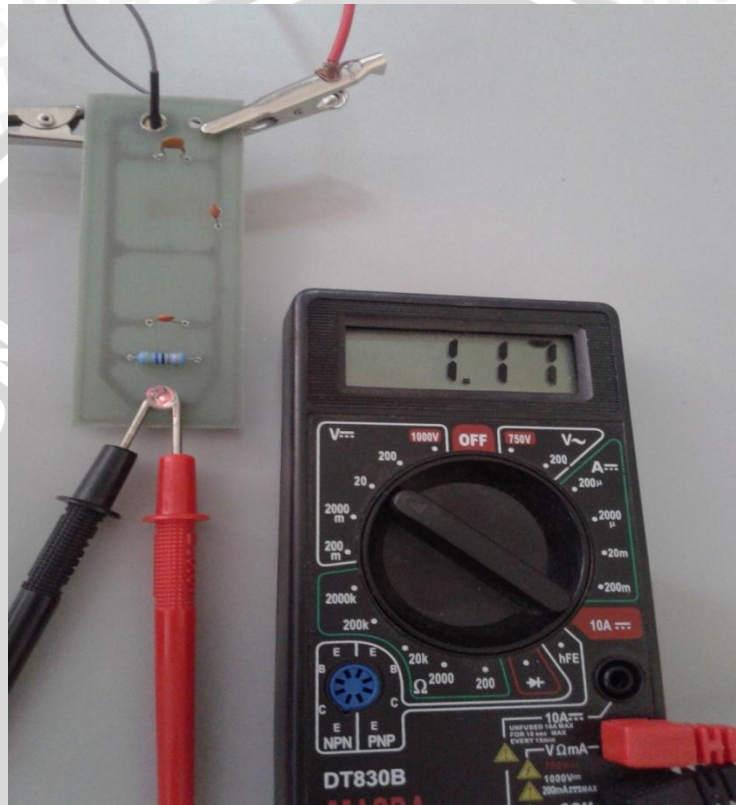
Untuk mengetahui hasil pengukuran tegangan keluaran dari *rectifier* berupa tegangan DC dengan menggunakan *multimeter digital*.



Grafik 5.1 Tegangan Output Rectifier Dengan Input Function Generator

Sumber : Hasil Pengujian

Pada grafik 5.1 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran hasil pengukuran dengan menggunakan *input* dari *Function Generator* terlihat stabil pada detik ke – 12 yaitu sebesar 1.17 V. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan keluaran antara hasil simulasi dengan pengukuran menggunakan *input* dari *function generator* tidak berbeda jauh.



Gambar 5.3 Pengukuran Tegangan *Output Rectifier*

Sumber : Dokumentasi

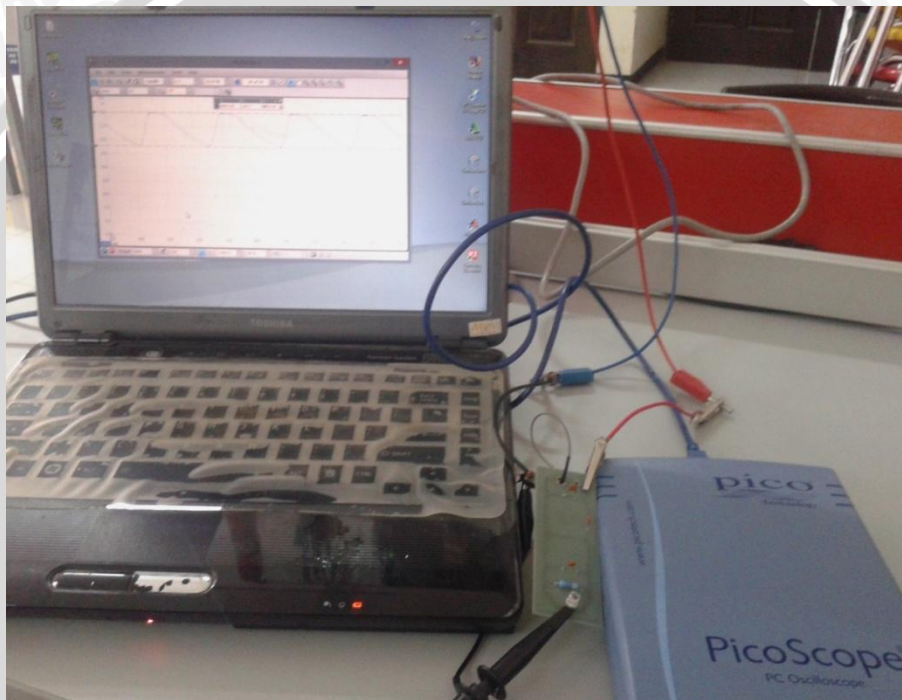
Gambar 5.3 menunjukkan hasil tegangan keluaran dengan menggunakan multimeter digital. Dari gambar terlihat bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan dari *rectenna* ini dapat untuk menyalakan sebuah LED meskipun nyala yang dihasilkan oleh LED tersebut tidak terlalu terang.

Tabel 5.1 Hasil Uji Konversi Rectenna Dengan Input Function Generator
Sumber : Hasil Pengujian

Tegangan (V)	Detik ke -	Tegangan (V)	Detik ke -
0	1	1.17	31
0.5	2	1.17	32
0.5	3	1.17	33
0.52	4	1.17	34
0.6	5	1.17	35
0.7	6	1.17	36
0.78	7	1.17	37
0.8	8	1.17	38
0.88	9	1.17	39
0.95	10	1.17	40
0.98	11	1.17	41
1.17	12	1.17	42
1.17	13	1.17	43
1.17	14	1.17	44
1.17	15	1.17	45
1.17	16	1.17	46
1.17	17	1.17	47
1.17	18	1.17	48
1.17	19	1.17	49
1.17	20	1.17	50
1.17	21	1.17	51
1.17	22	1.17	52
1.17	23	1.17	53
1.17	24	1.17	54
1.17	25	1.17	55
1.17	26	1.17	56
1.17	27	1.17	57
1.17	28	1.17	58
1.17	29	1.17	59
1.17	30	1.17	60

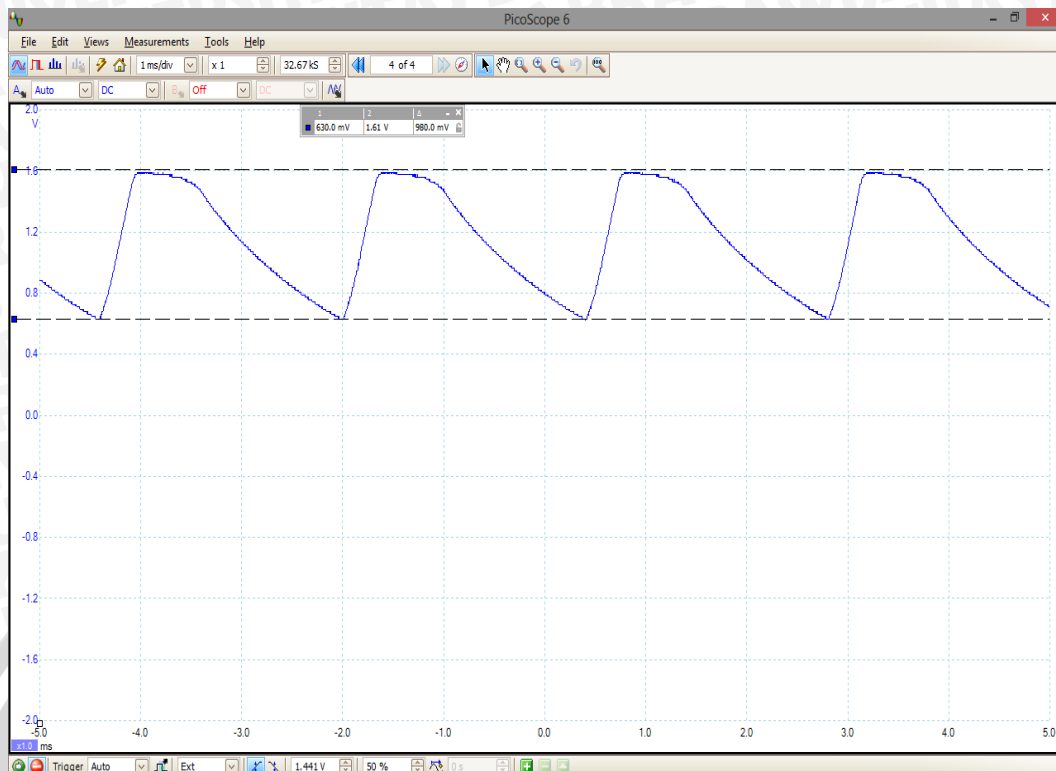
Tabel 5.1 merupakan hasil uji konversi dengan input *Function Generator* pada frekuensi 2.4 GHz.

Selain itu juga menggunakan perangkat PicoScop untuk melihat gelombang DC hasil tegangan keluaran yang dihasilkan *rectifier*. Disini rangkaian *Rectifier* dihubungkan dengan PicoScope yang telah disambungkan dengan laptop sebagai *display* agar tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian *Rectifier* yang telah diberi frekuensi masukan dari *Fungtion Generator* dapat dilihat dengan jelas.



Gambar 5.4 Gambar *Rectenna* Yang Dihubungkan Dengan *PicoScope*

Sumber : Dokumentasi



Gambar 5.5 Gelombang DC Tegangan *Output Rectifier* Pada *PicoScope*

Sumber : Hasil Pengujian

Pada gambar 5.5 dapat dilihat bahwa gelombang DC yang terlihat tidak begitu sempurna yang diakibatkan karena adanya *ripple*. *Ripple* ini diakibatkan dari komponen – komponen rangkaian *rectifier* itu sendiri, seperti komponen kapasitor yang ada pada rangkaian *rectifier* tidak bisa bekerja secara maksimal sehingga membuat tegangan DC yang keluar dari *rectifier* tidak stabil.

5.3 Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Setelah melakukan pengukuran rangkaian *rectifier* dengan menggunakan *Function Generator* dilakukan, maka selanjutnya adalah pengukuran kinerja *output* dari *rectenna* itu sendiri. Pada pengukuran kali ini yang digunakan adalah rangkaian *rectifier* yang diintegrasikan dengan antenna uji. Pengukuran ini tidak menggunakan inputan dari *Function Generator* tetapi menggunakan inputan frekuensi antenna pemancar wifi 2.4 GHz, yang sesuai dengan spesifikasi antenna penerima pada rangkaian *rectifier* ini. Sedangkan tegangan keluaran (*output*) *rectenna* ini akan diukur dengan menggunakan *multimeter digital*.

5.4 Tujuan Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Tujuan utama dari penulisan skripsi ini adalah pengukuran kinerja *rectenna*, yaitu mengukur tegangan *output* dari rangkaian *rectenna* apakah dapat mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi gelombang *output DC* yang mampu dikonversi secara maksimal.

5.4.1 Alat Yang Digunakan

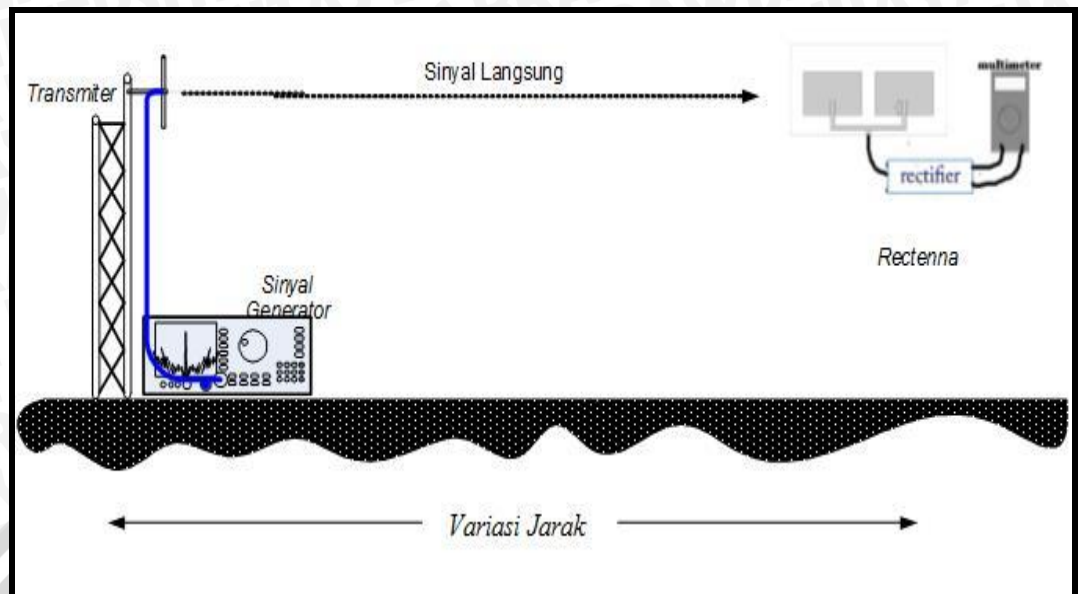
Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran kinerja *rectenna*, antara lain :

1. Antena pemancar (1 buah)
2. Antena penerima (1 buah)
3. *Rectenna (rectifier antenna)* (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 (1 buah)
9. *Digital Multimeter* (1 buah)

5.4.2 Prosedur Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Langkah-langkah pengukuran kinerja dari *rectenna*, antara lain :

1. Memasang antena pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* dengan menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
2. Memasang antena penerima kemudian menghubungkannya ke rangkaian *rectifier*, seperti ditunjukkan pada gambar 5.6.
3. Menguhungkan kaki LED pada rangkaian *rectenna* pada *multimeter digital*
4. Menyalakan *Signal Generator*, kemudian diatur pada frekuensi 2.4 GHz.
5. Mengukur tegangan *output DC* yang dihasilkan dengan bervariasi jarak antara rangkaian *rectenna* dengan antena pemancar.



Gambar 5.6 Rangkaian Pengukuran *Rectenna*

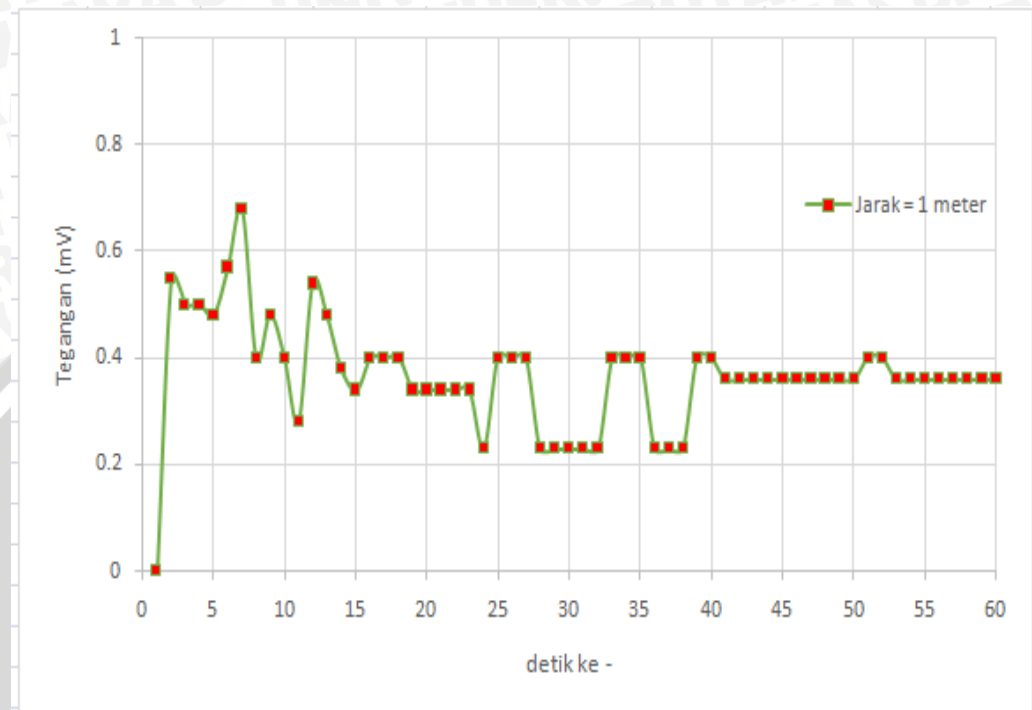
Sumber: Pengujian

5.4.3 Hasil Pengukuran Kinerja *Rectenna*

Dengan cara mengubah - ubah jarak pengukuran antara antenna pemancar dengan rangkaian *rectenna* ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar tegangan hasil konversi yang dihasilkan dari gelombang elektromagnetik menjadi gelombang DC di setiap titik jarak pengukuran. Pengukuran dilakukan 3 kali dimana setiap pengukuran, jarak antara antenna pemancar dan *rectenna* di tentukan mulai dari sejauh 1 meter sampai dengan 3 meter. Hasil konversi tegangan keluaran dari *rectenna* berupa tegangan DC yang akan diukur menggunakan *multimeter digital*. Kemudian hasil *sampel* pengukuran dibuat dalam tabel dan grafik seperti berikut.

Tabel 5.2 Hasil Uji Konversi Kinerja Rectenna Pada Jarak 1 Meter
Sumber : Hasil Pengujian

Tegangan (V)	Detik ke -	Tegangan (V)	Detik ke -
0	1	0.23	31
0.55	2	0.23	32
0.5	3	0.4	33
0.5	4	0.4	34
0.48	5	0.4	35
0.57	6	0.23	36
0.68	7	0.23	37
0.4	8	0.23	38
0.48	9	0.4	39
0.4	10	0.4	40
0.28	11	0.36	41
0.54	12	0.36	42
0.48	13	0.36	43
0.38	14	0.36	44
0.34	15	0.36	45
0.4	16	0.36	46
0.4	17	0.36	47
0.4	18	0.36	48
0.34	19	0.36	49
0.34	20	0.36	50
0.34	21	0.4	51
0.34	22	0.4	52
0.34	23	0.36	53
0.23	24	0.36	54
0.4	25	0.36	55
0.4	26	0.36	56
0.4	27	0.36	57
0.23	28	0.36	58
0.23	29	0.36	59
0.23	30	0.36	60



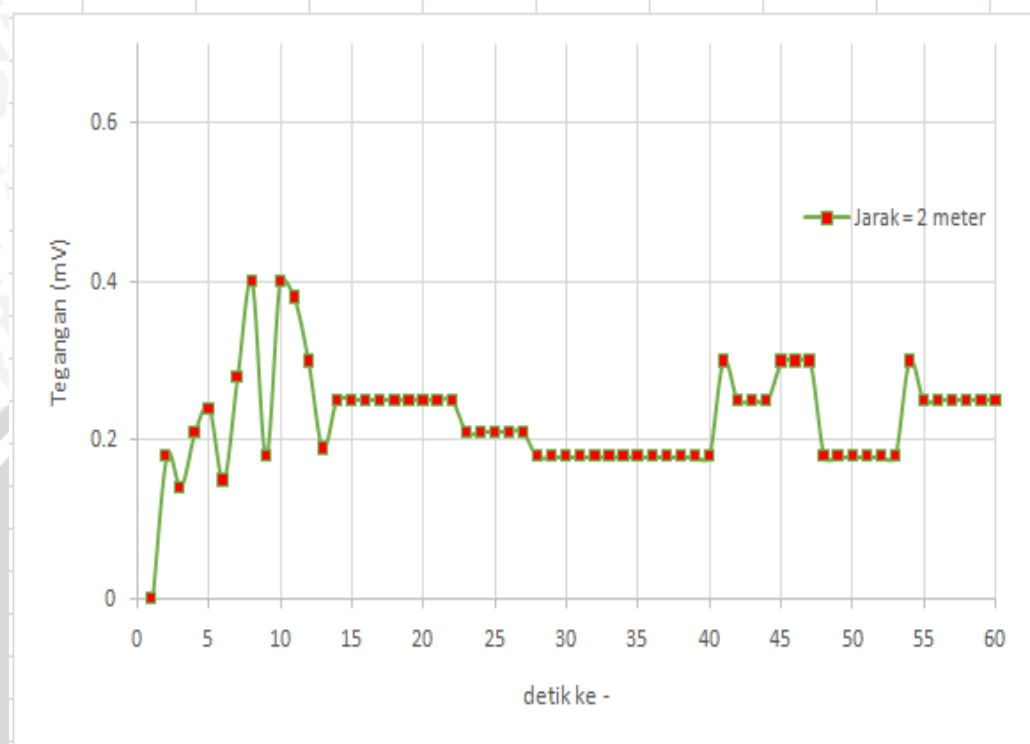
Grafik 5.2 Hasil Uji Konversi Kinerja *Rectenna* Pada Jarak 1 Meter

Sumber : Hasil Pengujian

Pada grafik 5.2 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran hasil uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak 1 meter terlihat stabil antara tegangan 0.23 – 0.36 V dan tegangan keluaran tertinggi adalah 0.68 V pada detik ke – 7.

Tabel 5.3 Hasil Uji Konversi Kinerja Rectenna Pada Jarak 2 Meter
Sumber : Hasil Pengujian

Tegangan (V)	Detik ke -	Tegangan (V)	Detik ke -
0	1	0.18	31
0.18	2	0.18	32
0.14	3	0.18	33
0.21	4	0.18	34
0.24	5	0.18	35
0.15	6	0.18	36
0.28	7	0.18	37
0.4	8	0.18	38
0.18	9	0.18	39
0.4	10	0.18	40
0.38	11	0.3	41
0.3	12	0.25	42
0.19	13	0.25	43
0.25	14	0.25	44
0.25	15	0.3	45
0.25	16	0.3	46
0.25	17	0.3	47
0.25	18	0.18	48
0.25	19	0.18	49
0.25	20	0.18	50
0.25	21	0.18	51
0.25	22	0.18	52
0.21	23	0.18	53
0.21	24	0.3	54
0.21	25	0.25	55
0.21	26	0.25	56
0.21	27	0.25	57
0.18	28	0.25	58
0.18	29	0.25	59
0.18	30	0.25	60



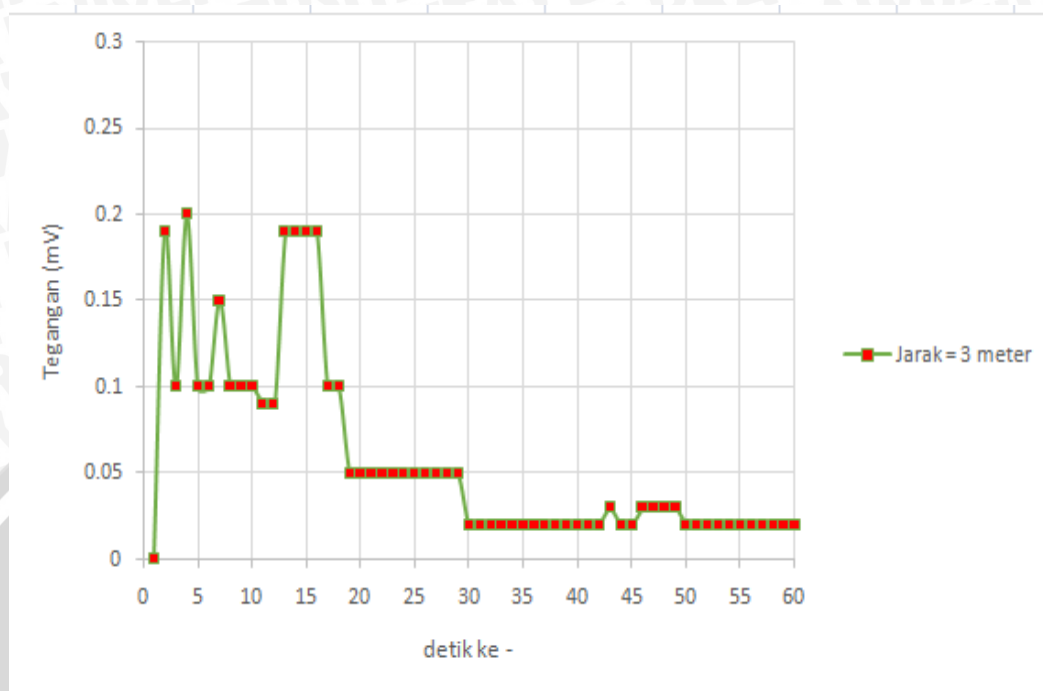
Grafik 5.3 Hasil Uji Konversi Kinerja *Rectenna* Pada Jarak 2 Meter

Sumber : Hasil Pengujian

Pada grafik 5.3 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran hasil uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak 2 meter terlihat stabil antara tegangan 0.18 – 0.25 V. Pada uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak 2 meter ini hasil tegangan keluaran lebih kecil daripada tegangan output yang dihasilkan dari hasil uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak 1 meter.

Tabel 5.4 Hasil Uji Konversi Kinerja Rectenna Pada Jarak 3 Meter
Sumber : Hasil Pengujian

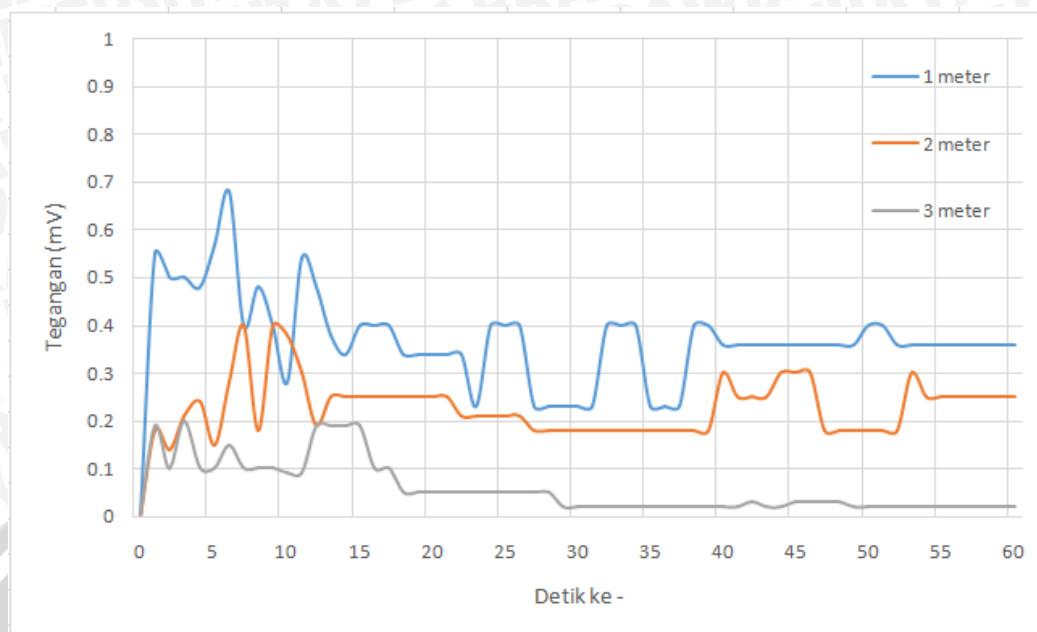
Tegangan (V)	Detik ke -	Tegangan (V)	Detik ke -
0	1	0.02	31
0.19	2	0.02	32
0.1	3	0.02	33
0.2	4	0.02	34
0.1	5	0.02	35
0.1	6	0.02	36
0.15	7	0.02	37
0.1	8	0.02	38
0.1	9	0.02	39
0.1	10	0.02	40
0.09	11	0.02	41
0.09	12	0.02	42
0.19	13	0.03	43
0.19	14	0.02	44
0.19	15	0.02	45
0.19	16	0.03	46
0.1	17	0.03	47
0.1	18	0.03	48
0.05	19	0.03	49
0.05	20	0.02	50
0.05	21	0.02	51
0.05	22	0.02	52
0.05	23	0.02	53
0.05	24	0.02	54
0.05	25	0.02	55
0.05	26	0.02	56
0.05	27	0.02	57
0.05	28	0.02	58
0.05	29	0.02	59
0.02	30	0.02	60



Grafik 5.4 Hasil Uji Konversi Kinerja *Rectenna* Pada Jarak 3 Meter

Sumber : Hasil Pengujian

Pada grafik 5.4 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran hasil uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak 3 meter terlihat stabil antara tegangan 0.02 – 0.05 V. Pada uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak meter ini hasil tegangan keluaran lebih kecil daripada tegangan output yang dihasilkan dari hasil uji konversi kinerja *rectenna* pada jarak 2 meter. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antara perangkat *rectenna* dengan antenna pemancar sangat mempengaruhi tegangan keluaran yang dihasilkan dari *rectenna* tersebut



Grafik 5.5 Perbandingan Hasil Uji Konversi Kinerja *Rectenna*

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil konversi tegangan DC hasil pengukuran kinerja *rectenna* dari perbandingan tiga sampel variasi jarak, diperoleh hasil yang terbaik yaitu pada jarak 1 meter dari antenna pemancar seperti yang ditunjukkan pada grafik 5.5. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antara antenna pemancar dengan *rectenna*, maka gelombang elektromagnetik yang mampu dikonversi oleh *rectenna* semakin kecil.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Tegangan *output* yang dihasilkan dari pengukuran secara langsung hasilnya lebih kecil daripada pengukuran dengan menggunakan *function generator*. Hal ini disebabkan karena banyaknya rugi – rugi yang dihasilkan.
2. Dari hasil uji konversi kinerja *rectenna* diperoleh hasil yang terbaik yaitu pada jarak 1 meter.
3. Jarak dan kondisi lingkungan sangat berpengaruh pada besarnya output *rectenna*.
4. Rangkaian yang digunakan adalah *Double Diode Rectifier (Voltage Doubler)*.

6.2 Saran

Saran yang ingin penulis berikan untuk pengembangan skripsi ini selanjutnya, antara lain :

1. Perlu diperhatikan nilai – nilai komponen pada rangkaian dan juga dioda yang digunakan agar *rectenna* dapat bekerja secara optimal sesuai dengan yang direncanakan.
2. Dapat dilakukan optimasi rangkaian lebih lanjut dengan kombinasi konfigurasi -konfigurasi lain agar didapatkan hasil yang lebih optimal.
3. Penguat DC yang digunakan dapat lebih dari satu agar hasilnya bisa optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Vera, Gianfranco Andia. *Efficient Rectenna Design for Ambient Microwave Energy Recycling*. Thesis, Escola Tecnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacio de Barcelona, 2009.
- Wang, Jiadong., Mark Patterson and Guru Subramanyam, "Design of 2.45GHz Rectifier Antenna and Frequency Tunable Antenna Design", Jurnal IEEE 2008.
- Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. New Jersey : John Wiley and Sons, Inc.
- Raymond E. Barnett, 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/
- Tudose, Dan Stefan and Andrei Voinescu, "Rectifier Antenna Design for Wireless Sensor Networks", Jurnal IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 2013.
- Jwo-Shiun Sun, Ren-Hao Chen, Shao-Kai Liu, Cheng-Fu Yang. *Wireless Power Transmission With Circularly Polarized Rectenna*. Microwave Journal, National Taipei University of Technology, Taiwan.

LAMPIRAN

Agilent HSMS-282x Surface Mount RF Schottky Barrier Diodes

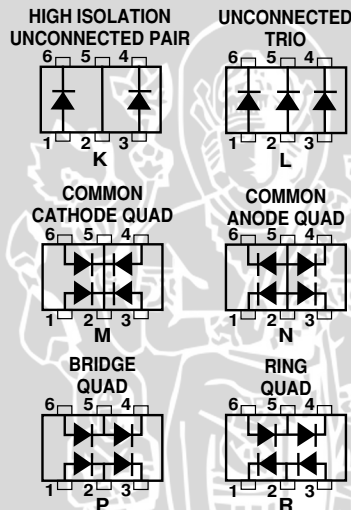
Data Sheet

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.

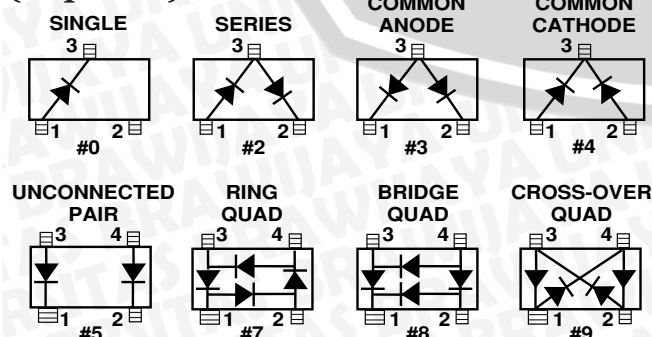
Package Lead Code Identification, SOT-363 (Top View)



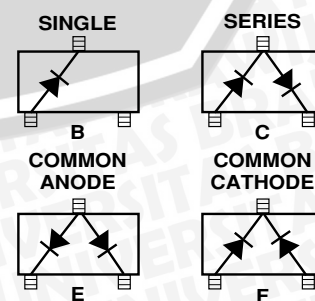
Features

- 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)

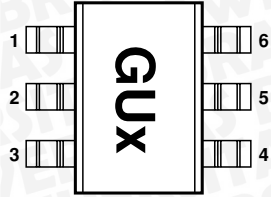


Package Lead Code Identification, SOT-323 (Top View)



Agilent Technologies

Pin Connections and Package Marking



Notes:

1. Package marking provides orientation and identification.
2. See "Electrical Specifications" for appropriate package marking.

Absolute Maximum Ratings^[1] $T_C = 25^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	Unit	SOT-23/SOT-143	SOT-323/SOT-363
I_F	Forward Current (1 μs Pulse)	Amp	1	1
P_{IV}	Peak Inverse Voltage	V	15	15
T_j	Junction Temperature	$^\circ\text{C}$	150	150
T_{stg}	Storage Temperature	$^\circ\text{C}$	-65 to 150	-65 to 150
θ_{jc}	Thermal Resistance ^[2]	$^\circ\text{C}/\text{W}$	500	150

Notes:

1. Operation in excess of any one of these conditions may result in permanent damage to the device.
2. $T_C = +25^\circ\text{C}$, where T_C is defined to be the temperature at the package pins where contact is made to the circuit board.

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Single Diode^[3]

Part Number HSM5 ^[4]	Package Marking Code	Lead Code	Configuration	Minimum Breakdown Voltage V_{BR} (V)	Maximum Forward Voltage V_F (mV)	Maximum Forward Voltage V_F (V) @ I_F (mA)	Maximum Reverse Leakage I_R (nA) @ V_R (V)	Maximum Capacitance C_T (pF)	Typical Dynamic Resistance R_D (Ω) ^[5]
2820	C0	0	Single	15	340	0.5 10	100 1	1.0	12
2822	C2	2	Series						
2823	C3	3	Common Anode						
2824	C4	4	Common Cathode						
2825	C5	5	Unconnected Pair						
2827	C7	7	Ring Quad ^[4]						
2828	C8	8	Bridge Quad ^[4]						
2829	C9	9	Cross-over Quad						
282B	C0	B	Single						
282C	C2	C	Series						
282E	C3	E	Common Anode						
282F	C4	F	Common Cathode						
282K	CK	K	High Isolation Unconnected Pair						
282L	CL	L	Unconnected Trio						
282M	HH	M	Common Cathode Quad						
282N	NN	N	Common Anode Quad						
282P	CP	P	Bridge Quad						
282R	OO	R	Ring Quad						
Test Conditions				$I_R = 100 \mu\text{A}$	$I_F = 1 \text{ mA}$ ^[1]			$V_F = 0 \text{ V}$ $f = 1 \text{ MHz}$ ^[2]	$I_F = 5 \text{ mA}$

Notes:

1. ΔV_F for diodes in pairs and quads in 15 mV maximum at 1 mA.
2. ΔC_{TO} for diodes in pairs and quads is 0.2 pF maximum.
3. Effective Carrier Lifetime (τ) for all these diodes is 100 ps maximum measured with Krakauer method at 5 mA.
4. See section titled "Quad Capacitance."
5. $R_D = R_S + 5.2 \Omega$ at 25°C and $I_F = 5 \text{ mA}$.

Quad Capacitance

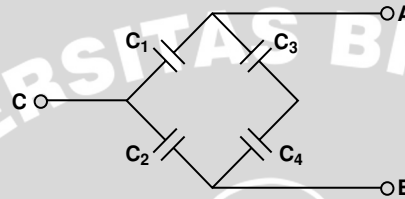
Capacitance of Schottky diode quads is measured using an HP4271 LCR meter. This instrument effectively isolates individual diode branches from the others, allowing accurate capacitance measurement of each branch or each diode. The conditions are: 20 mV R.M.S. voltage at 1 MHz. Agilent defines this measurement as "CM", and it is equivalent to the capacitance of the diode by itself. The equivalent diagonal and adjacent capacitances can then be calculated by the formulas given below.

In a quad, the diagonal capacitance is the capacitance between points A and B as shown in the figure below. The diagonal capacitance is calculated using the following formula

$$C_{\text{DIAGONAL}} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 \times C_4}{C_3 + C_4}$$

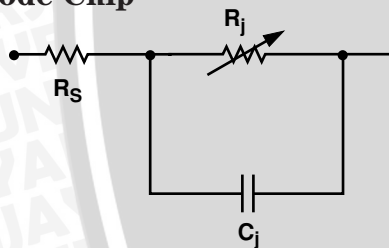
The equivalent adjacent capacitance is the capacitance between points A and C in the figure below. This capacitance is calculated using the following formula

$$C_{\text{ADJACENT}} = C_1 + \frac{1}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}}$$



This information does not apply to cross-over quad diodes.

Linear Equivalent Circuit Model Diode Chip



R_s = series resistance (see Table of SPICE parameters)

C_j = junction capacitance (see Table of SPICE parameters)

$$R_j = \frac{8.33 \times 10^{-5} \text{ nT}}{I_b + I_s}$$

where

I_b = externally applied bias current in amps

I_s = saturation current (see table of SPICE parameters)

T = temperature, °K

n = ideality factor (see table of SPICE parameters)

Note:

To effectively model the packaged HSMS-282x product, please refer to Application Note AN1124.

SPICE Parameters

Parameter	Units	HSMS-282x
B_V	V	15
C_{J0}	pF	0.7
E_G	eV	0.69
I_{BV}	A	1E-4
I_S	A	2.2E-8
N		1.08
R_S	Ω	6.0
P_B	V	0.65
P_T		2
M		0.5

ESD WARNING:

Handling Precautions Should Be Taken To Avoid Static Discharge.

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

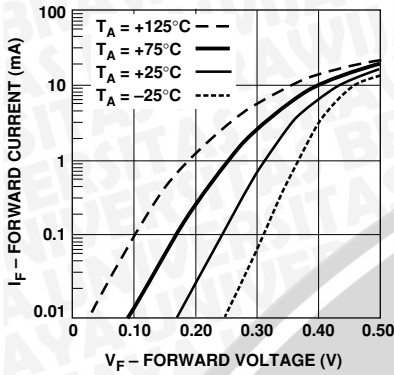


Figure 1. Forward Current vs. Forward Voltage at Temperatures.

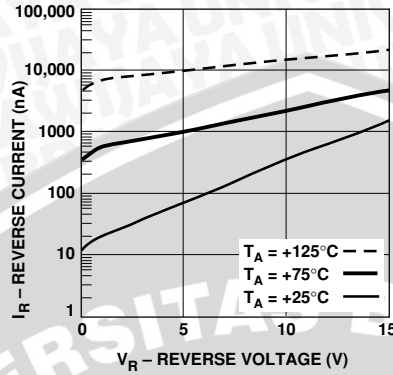


Figure 2. Reverse Current vs. Reverse Voltage at Temperatures.

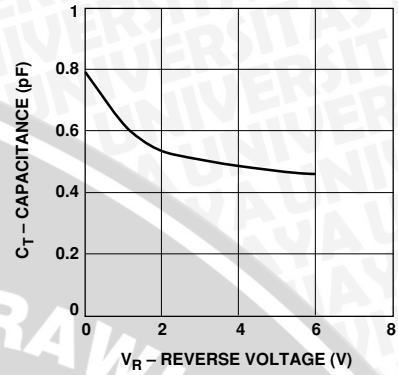


Figure 3. Total Capacitance vs. Reverse Voltage.

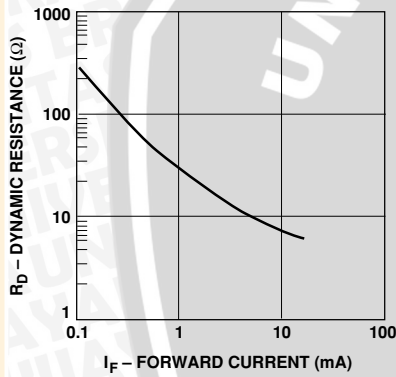


Figure 4. Dynamic Resistance vs. Forward Current.

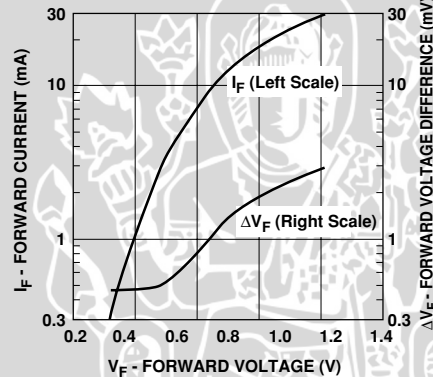


Figure 5. Typical V_f Match, Series Pairs and Quads at Mixer Bias Levels.

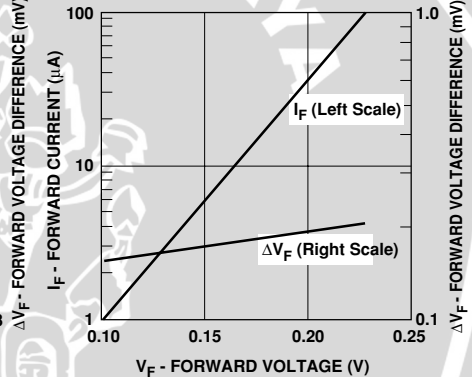


Figure 6. Typical V_f Match, Series Pairs at Detector Bias Levels.

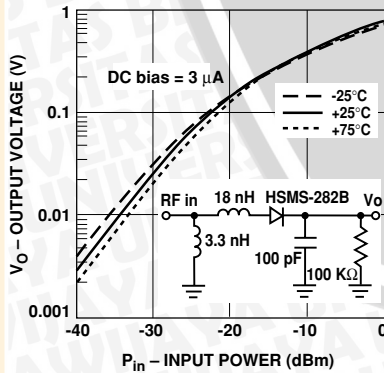


Figure 7. Typical Output Voltage vs. Input Power, Small Signal Detector Operating at 850 MHz.

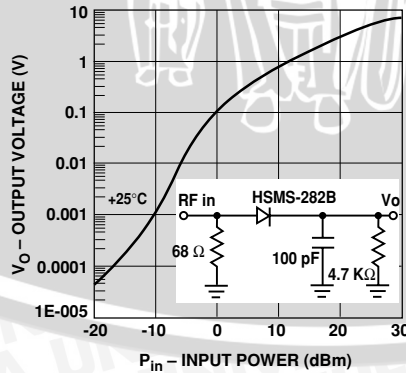


Figure 8. Typical Output Voltage vs. Input Power, Large Signal Detector Operating at 915 MHz.

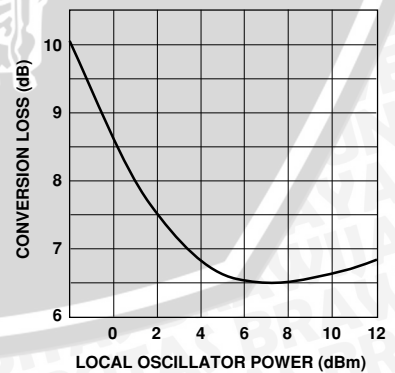


Figure 9. Typical Conversion Loss vs. L.O. Drive, 2.0 GHz (Ref AN997).

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.

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

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

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 $5 \mu\text{A}$ 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:

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

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

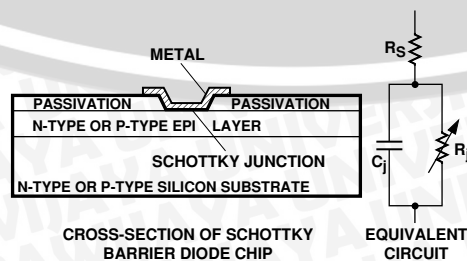


Figure 10. Schottky Diode Chip.

R_s is seen in a curve that droops at high current). All Schottky diode curves have the same slope, but not necessarily the same value of current for a given voltage. This is determined by the saturation current, I_s , and is related to the barrier height of the diode.

Through the choice of p-type or n-type silicon, and the selection of metal, one can tailor the characteristics of a Schottky diode. Barrier height will be altered, and at the same time C_j and R_s will be changed. In general, very low barrier height diodes (with high values of I_s , suitable for zero bias applications) are realized on p-type silicon. Such diodes suffer from higher values of R_s than do the n-type. Thus, p-type diodes are generally reserved for detector applications (where very high values of R_v swamp out high R_s) and n-type diodes such as the HSMS-282x are used for mixer applications (where high L.O. drive levels keep R_v low). DC biased detectors and self-biased detectors used in gain or power control circuits.

Detector Applications

Detector circuits can be divided into two types, large signal ($P_{in} > -20$ dBm) and small signal ($P_{in} < -20$ dBm). In general, the former use resistive impedance matching at the input to improve flatness over frequency—this is possible since the input signal levels are high enough to produce adequate output voltages without the need for a high Q reactive input matching network. These circuits are self-biased (no external DC bias) and are used for gain and power control of amplifiers.

Small signal detectors are used as very low cost receivers, and require a reactive input impedance matching network to achieve adequate sensitivity and output voltage. Those operating with zero bias utilize the HSMS-285x family of detector diodes. However, superior performance over temperature can be achieved with the use of 3 to 30 μ A of DC bias. Such circuits will use the HSMS-282x family of diodes if the operating frequency is 1.5 GHz or lower.

Typical performance of single diode detectors (using HSMS-2820 or HSMS-282B) can be seen in the transfer curves given in Figures 7 and 8. Such detectors can be realized either as series or shunt circuits, as shown in Figure 11.

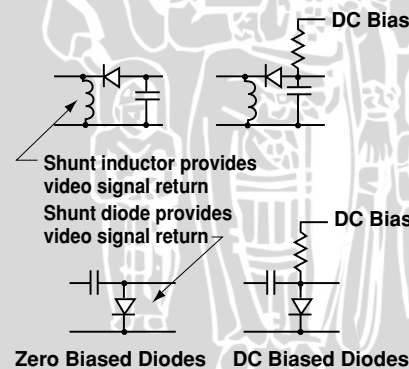


Figure 11. Single Diode Detectors.

The series and shunt circuits can be combined into a voltage doubler^[1], as shown in Figure 12. The doubler offers three advantages over the single diode circuit.

- ✓ The two diodes are in parallel in the RF circuit, lowering the input impedance and making the design of the RF matching network easier.
- ✓ The two diodes are in series in the output (video) circuit, doubling the output voltage.
- ✓ Some cancellation of even-order harmonics takes place at the input.

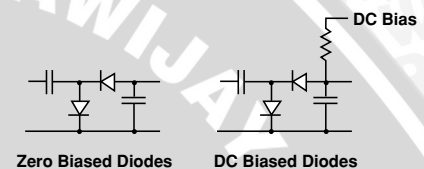


Figure 12. Voltage Doubler.

The most compact and lowest cost form of the doubler is achieved when the HSMS-2822 or HSMS-282C series pair is used.

Both the detection sensitivity and the DC forward voltage of a biased Schottky detector are temperature sensitive. Where both must be compensated over a wide range of temperatures, the differential detector^[2] is often used. Such a circuit requires that the detector diode and the reference diode exhibit identical characteristics at all DC bias levels and at all temperatures. This is accomplished through the use of two diodes in one package, for example the HSMS-2825 in Figure 13. In the Agilent assembly facility, the two dice in a surface mount package are taken from adjacent sites on the wafer (as illustrated in Figure 14). This

^[1] Agilent Application Note 956-4, "Schottky Diode Voltage Doubler."

^[2] Raymond W. Waugh, "Designing Large-Signal Detectors for Handsets and Base Stations," *Wireless Systems Design*, Vol. 2, No. 7, July 1997, pp 42 – 48.

assures that the characteristics of the two diodes are more highly matched than would be possible through individual testing and hand matching.

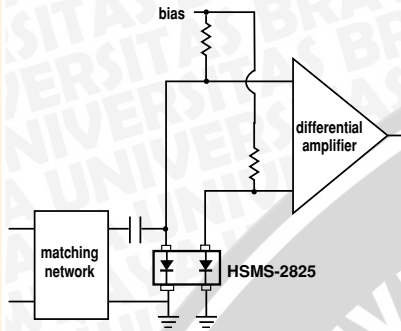


Figure 13. Differential Detector.

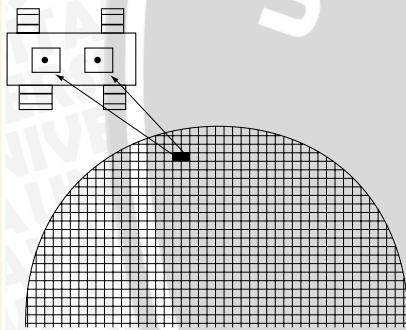


Figure 14. Fabrication of Agilent Diode Pairs.

In high power applications, coupling of RF energy from the detector diode to the reference diode can introduce error in the differential detector. The HSMS-282K diode pair, in the six lead SOT-363 package, has a copper bar between the diodes that adds 10 dB of additional isolation between them. As this part is manufactured in the SOT-363 package it also provides the benefit of being 40% smaller than larger SOT-143 devices. The HSMS-282K is illustrated in Figure 15—note that the ground connections must be made as close to the package as possible to minimize stray inductance to ground.

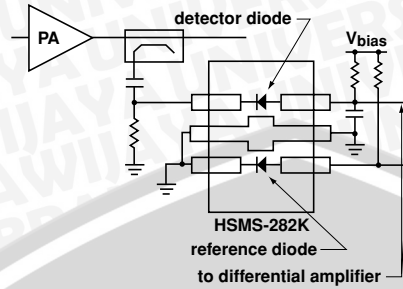


Figure 15. High Power Differential Detector.

The concept of the voltage doubler can be applied to the differential detector, permitting twice the output voltage for a given input power (as well as improving input impedance and suppressing second harmonics).

However, care must be taken to assure that the two reference diodes closely match the two detector diodes. One possible configuration is given in Figure 16, using two HSMS-2825. Board space can be saved through the use of the HSMS-282P open bridge quad, as shown in Figure 17.

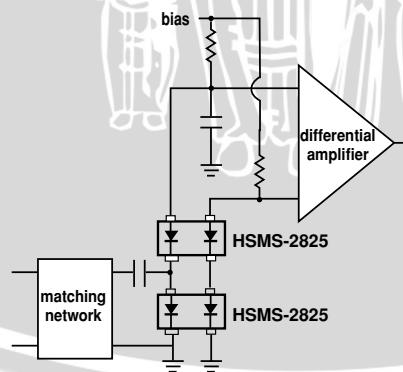


Figure 16. Voltage Doubler Differential Detector.

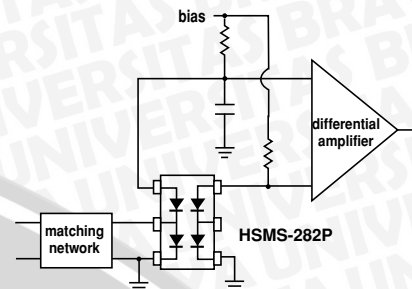


Figure 17. Voltage Doubler Differential Detector.

While the differential detector works well over temperature, another design approach^[3] works well for large signal detectors. See Figure 18 for the schematic and a physical layout of the circuit. In this design, the two 4.7 K Ω resistors and diode D2 act as a variable power divider, assuring constant output voltage over temperature and improving output linearity.

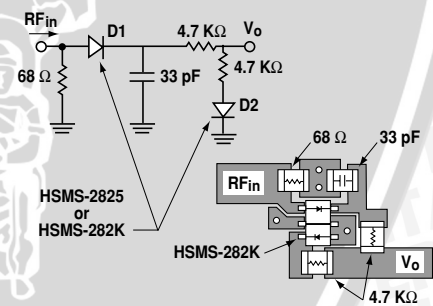


Figure 18. Temperature Compensated Detector.

In certain applications, such as a dual-band cellphone handset operating at both 900 and 1800 MHz, the second harmonics generated in the power control output detector when the handset is working at 900 MHz can cause problems. A filter at the output can reduce unwanted emissions at 1800 MHz in this case, but a

^[3] Hans Eriksson and Raymond W. Waugh, "A Temperature Compensated Linear Diode Detector," to be published.

lower cost solution is available^[4]. Illustrated schematically in Figure 19, this circuit uses diode D2 and its associated passive components to cancel all even order harmonics at the detector's RF input. Diodes D3 and D4 provide temperature compensation as described above. All four diodes are contained in a single HSMS-282R package, as illustrated in the layout shown in Figure 20.

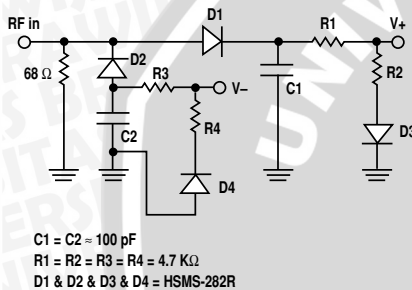


Figure 19. Schematic of Suppressed Harmonic Detector.

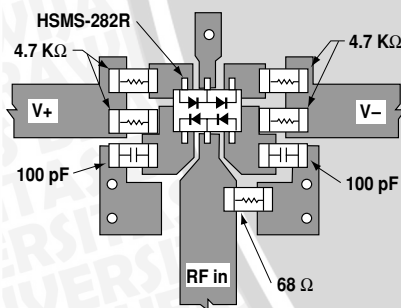


Figure 20. Layout of Suppressed Harmonic Detector.

Note that the forgoing discussion refers to the output voltage being extracted at point V+ with respect to ground. If a differential output is taken at V+ with respect to V-, the circuit acts as a voltage doubler.

Mixer applications

The HSMS-282x family, with its wide variety of packaging, can be used to make excellent mixers at frequencies up to 6 GHz.

The HSMS-2827 ring quad of matched diodes (in the SOT-143 package) has been designed for double balanced mixers. The smaller (SOT-363) HSMS-282R ring quad can similarly be used, if the quad is closed with external connections as shown in Figure 21.

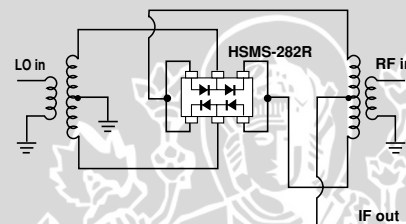


Figure 21. Double Balanced Mixer.

Both of these networks require a crossover or a three dimensional circuit. A planar mixer can be made using the SOT-143 crossover quad, HSMS-2829, as shown in Figure 22. In this product, a special lead frame permits the crossover to be placed inside the plastic package itself, eliminating the need for via holes (or other measures) in the RF portion of the circuit itself.

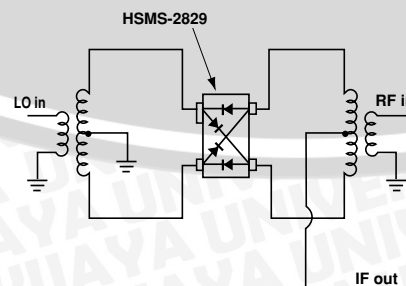


Figure 22. Planar Double Balanced Mixer.

A review of Figure 21 may lead to the question as to why the HSMS-282R ring quad is open on the ends. Distortion in double balanced mixers can be reduced if LO drive is increased, up to the point where the Schottky diodes are driven into saturation. Above this point, increased LO drive will not result in improvements in distortion. The use of expensive high barrier diodes (such as those fabricated on GaAs) can take advantage of higher LO drive power, but a lower cost solution is to use a eight (or twelve) diode ring quad. The open design of the HSMS-282R permits this to easily be done, as shown in Figure 23.

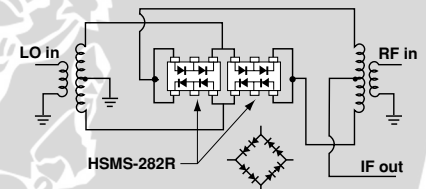


Figure 23. Low Distortion Double Balanced Mixer.

This same technique can be used in the single-balanced mixer. Figure 24 shows such a mixer, with two diodes in each spot normally occupied by one. This mixer, with a sufficiently high LO drive level, will display low distortion.

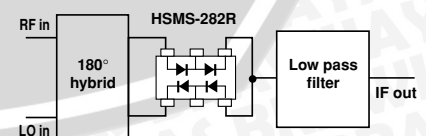


Figure 24. Low Distortion Balanced Mixer.

[4] Alan Rixon and Raymond W. Waugh, "A Suppressed Harmonic Power Detector for Dual Band 'Phones," to be published.

Sampling Applications

The six lead HSMS-282P can be used in a sampling circuit, as shown in Figure 25. As was the case with the six lead HSMS-282R in the mixer, the open bridge quad is closed with traces on the circuit board. The quad was not closed internally so that it could be used in other applications, such as illustrated in Figure 17.

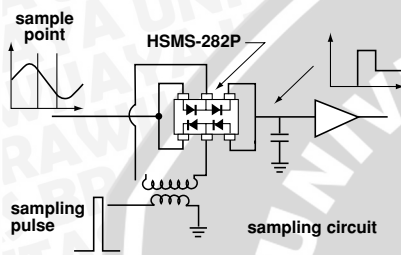


Figure 25. Sampling Circuit.

Thermal Considerations

The obvious advantage of the SOT-323 and SOT-363 over the SOT-23 and SOT-142 is combination of smaller size and extra leads. However, the copper leadframe in the SOT-3x3 has a thermal conductivity four times higher than the Alloy 42 leadframe of the SOT-23 and SOT-143, which enables the smaller packages to dissipate more power.

The maximum junction temperature for these three families of Schottky diodes is 150°C under all operating conditions. The following equation applies to the thermal analysis of diodes:

$$T_j = (V_f I_f + PRF) \theta_{jc} + T_a \quad (1)$$

where

- T_j = junction temperature
- T_a = diode case temperature
- θ_{jc} = thermal resistance
- $V_f I_f$ = DC power dissipated
- PRF = RF power dissipated

Note that θ_{jc} , the thermal resistance from diode junction to the foot of the leads, is the sum of two component resistances,

$$\theta_{jc} = \theta_{pkg} + \theta_{chip} \quad (2)$$

Package thermal resistance for the SOT-3x3 package is approximately 100°C/W, and the chip thermal resistance for the HSMS-282x family of diodes is approximately 40°C/W. The designer will have to add in the thermal resistance from diode case to ambient—a poor choice of circuit board material or heat sink design can make this number very high.

Equation (1) would be straightforward to solve but for the fact that diode forward voltage is a function of temperature as well as forward current. The equation for V_f is:

$$I_f = I_s \left[e^{\frac{11600 (V_f - I_f R_s)}{nT}} - 1 \right] \quad (3)$$

where n = ideality factor
 T = temperature in °K
 R_s = diode series resistance

and I_s (diode saturation current) is given by

$$I_s = I_0 \left(\frac{T}{298} \right)^{\frac{2}{n}} e^{-4060 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)} \quad (4)$$

Equation (4) is substituted into equation (3), and equations (1) and (3) are solved simultaneously to obtain the value of junction temperature for given values of diode case temperature, DC power dissipation and RF power dissipation.

Diode Burnout

Any Schottky junction, be it an RF diode or the gate of a MESFET, is relatively delicate and can be burned out with excessive RF power. Many crystal video receivers used in RFID (tag) applications find themselves in poorly controlled environments where high power sources may be present. Examples are the areas around airport and FAA radars, nearby ham radio operators, the vicinity of a broadcast band transmitter, etc. In such environments, the Schottky diodes of the receiver can be protected by a device known as a limiter diode.^[5] Formerly available only in radar warning receivers and other high cost electronic warfare applications, these diodes have been adapted to commercial and consumer circuits.

Agilent offers a complete line of surface mountable PIN limiter diodes. Most notably, our HSMP-4820 (SOT-23) can act as a very fast (nanosecond) power-sensitive switch when placed between the antenna and the Schottky diode, shorting out the RF circuit temporarily and reflecting the excessive RF energy back out the antenna.

[5] Agilent Application Note 1050, "Low Cost, Surface Mount Power Limiters."

Assembly Instructions

SOT-3x3 PCB Footprint

Recommended PCB pad layouts for the miniature SOT-3x3 (SC-70) packages are shown in Figures 26 and 27 (dimensions are in inches). These layouts provide ample allowance for package placement by automated assembly equipment without adding parasitics that could impair the performance.

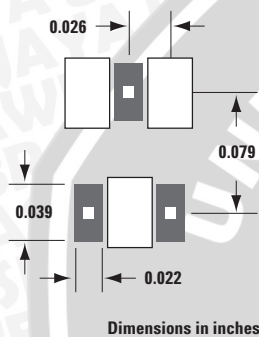


Figure 26. Recommended PCB Pad Layout for Agilent's SC70 3L/SOT-323 Products.

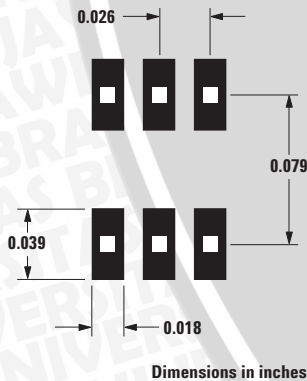


Figure 27. Recommended PCB Pad Layout for Agilent's SC70 6L/SOT-363 Products.

SMT Assembly

Reliable assembly of surface mount components is a complex process that involves many material, process, and equipment factors, including: method of heating (e.g., IR or vapor phase reflow, wave soldering, etc.) circuit board material, conductor thickness and pattern, type of solder alloy, and the thermal conductivity and thermal mass of components. Components with a low mass, such as the SOT packages, will reach solder reflow temperatures faster than those with a greater mass.

Agilent's diodes have been qualified to the time-temperature profile shown in Figure 28. This profile is representative of an IR reflow type of surface mount assembly process.

After ramping up from room temperature, the circuit board with components attached to it (held in place with solder paste)

passes through one or more preheat zones. The preheat zones increase the temperature of the board and components to prevent thermal shock and begin evaporating solvents from the solder paste. The reflow zone briefly elevates the temperature sufficiently to produce a reflow of the solder.

The rates of change of temperature for the ramp-up and cool-down zones are chosen to be low enough to not cause deformation of the board or damage to components due to thermal shock. The maximum temperature in the reflow zone (T_{MAX}) should not exceed 235°C.

These parameters are typical for a surface mount assembly process for Agilent diodes. As a general guideline, the circuit board and components should be exposed only to the minimum temperatures and times necessary to achieve a uniform reflow of solder.

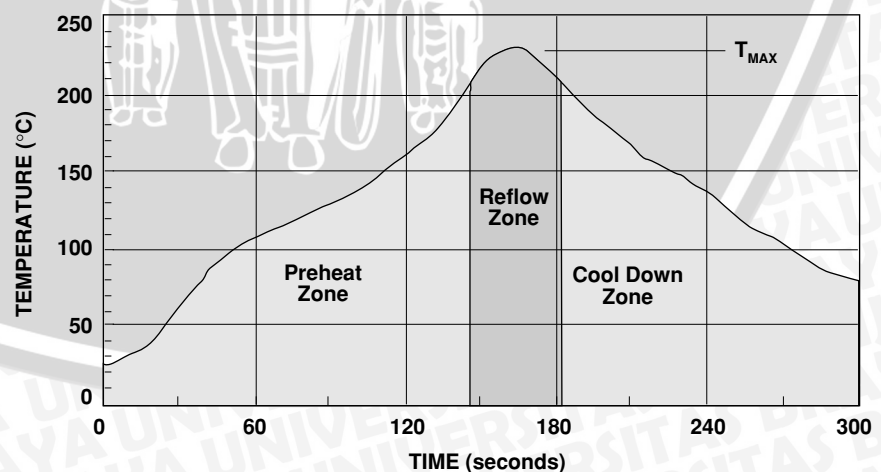
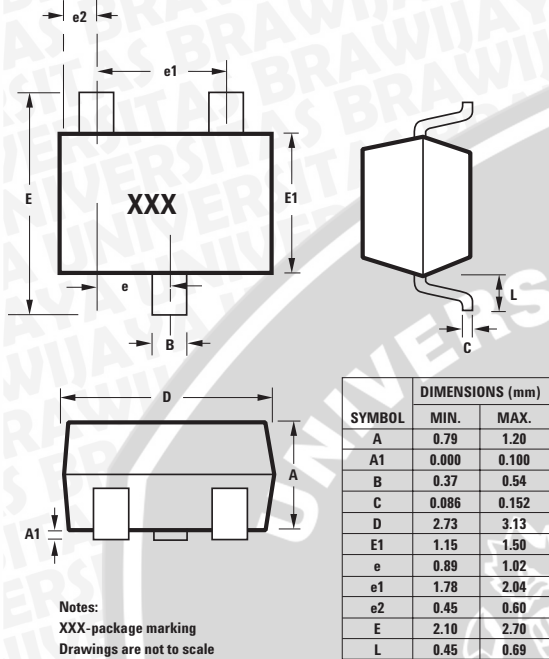
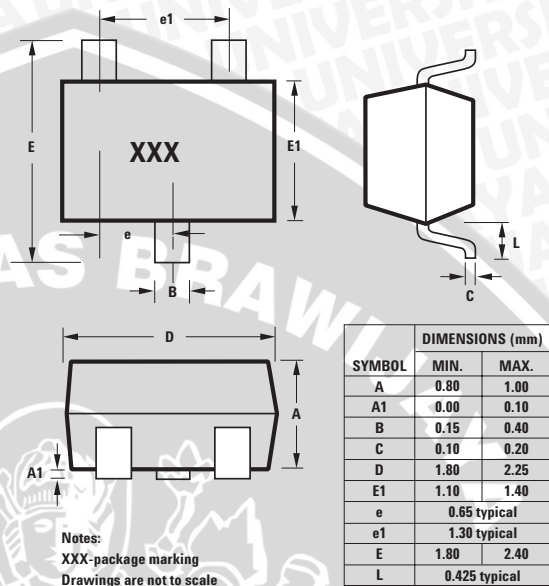


Figure 28. Surface Mount Assembly Profile.

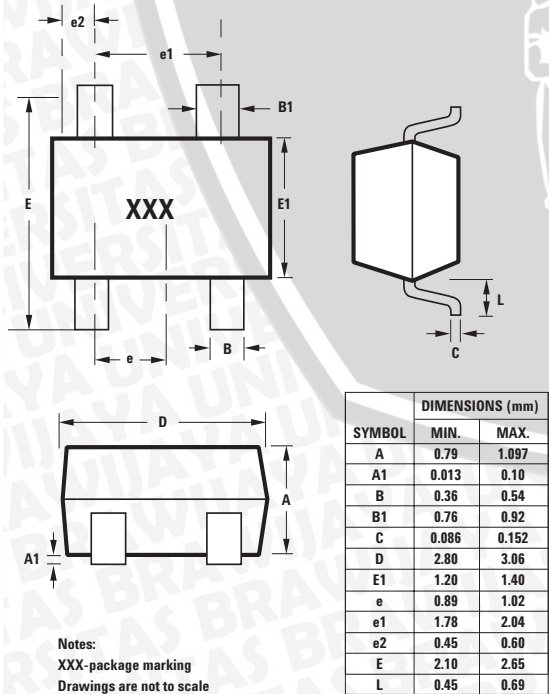
Package Dimensions Outline 23 (SOT-23)



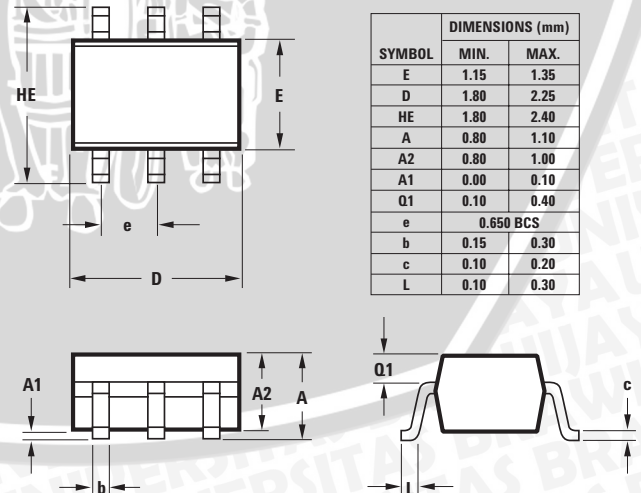
Outline SOT-323 (SC-70 3 Lead)



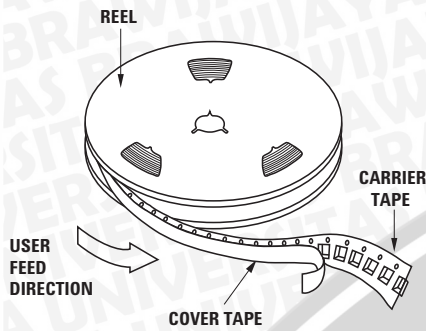
Outline 143 (SOT-143)



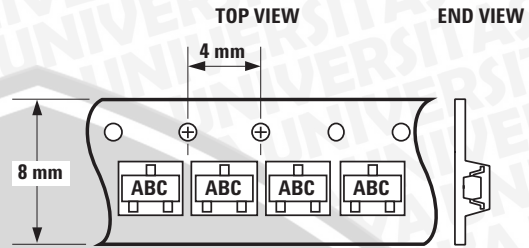
Outline SOT-363 (SC-70 6 Lead)



Device Orientation

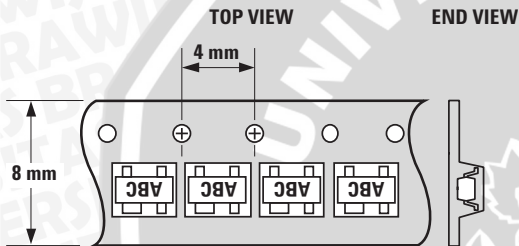


For Outlines SOT-23, -323



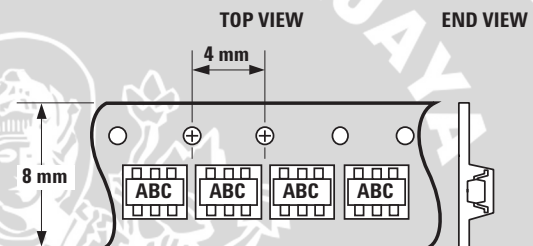
Note: "AB" represents package marking code.
"C" represents date code.

For Outline SOT-143



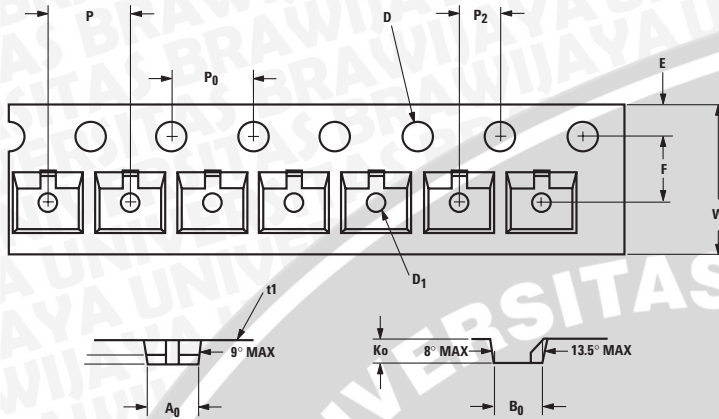
Note: "AB" represents package marking code.
"C" represents date code.

For Outline SOT-363



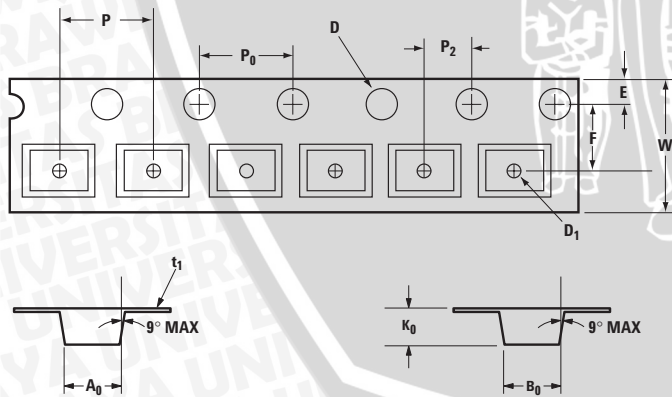
Note: "AB" represents package marking code.
"C" represents date code.

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

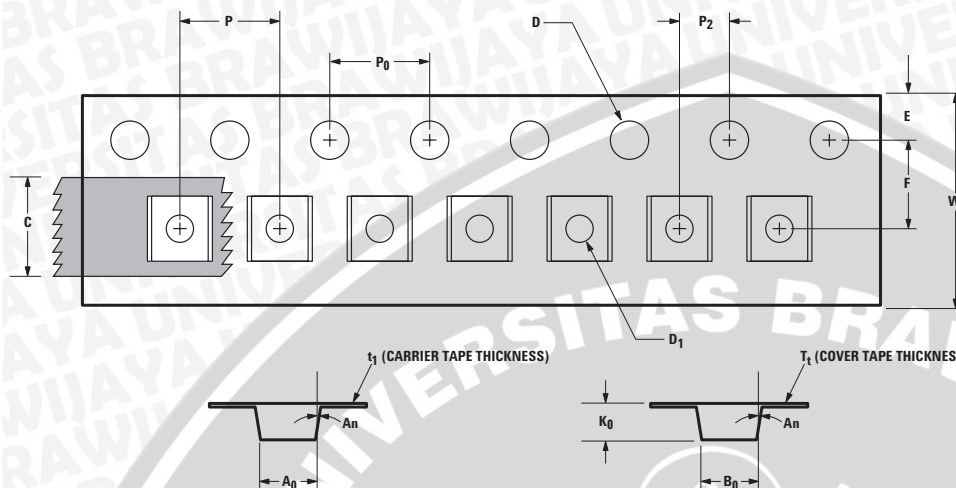
For Outline SOT-143



	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



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 ₁	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)	A _n	8°C MAX	
	FOR SOT-363 (SC70-6 LEAD)		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.

