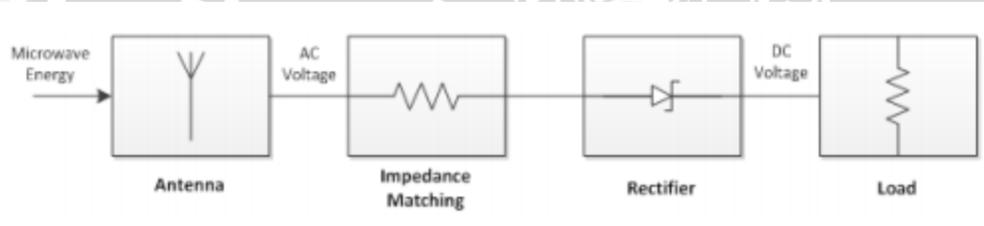


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dasar *Rectenna*

Rectenna merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu sebuah teknologi yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk dikonversi ke energi listrik. *Rectenna* yang saat ini dikembangkan memungkinkan kita bisa mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektromagnetik yang ada di sekitar, hal tersebut karena *rectenna* terdiri dari komponen pasif dan dioda yang dapat menerima dan memperbaiki daya gelombang mikro menjadi tegangan searah. Sumber listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menjalankan alat elektromagnetik yang punya daya listrik rendah seperti sebuah sensor (Escala, 2011).



Gambar 2.1 Diagram Blok *Rectenna* dengan RF frekuensi

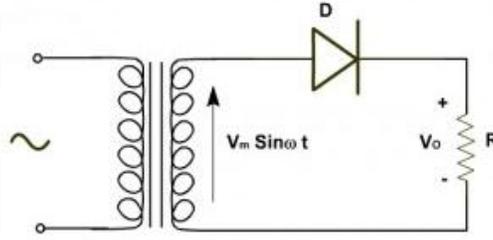
Sumber: Dan S (2013)

2.2 *Rectifier*

Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus hanya dapat dilihat dengan alat ukur Osiloskop. Rangkaian *rectifier* banyak menggunakan transformator *step down* yang digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai dengan perbandingan transformasi transformator yang digunakan. Prinsip *rectifier* dalam mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC), dapat dilihat berikut ini:

2.2.1 *Rectifier* Setengah Gelombang

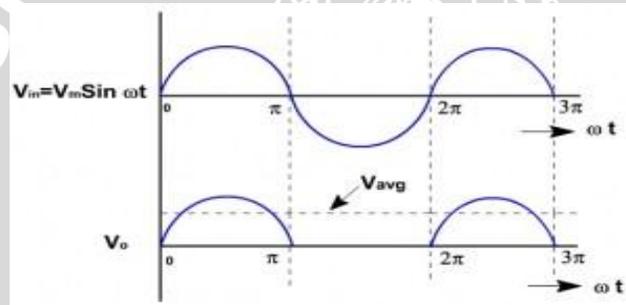
Rectifier jenis ini hanya menggunakan 1 buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. *Rectifier* dengan anoda pada positif *load* dan katoda pada transformator atau pada sumber AC, untuk lebih jelasnya dapat digambarkan dengan gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Rangkaian *Rectifier* setengah gelombang

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id> (diakses pada tanggal 20 maret 2016)

Prinsip kerja penyearah setengah gelombang adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif maka dioda mendapat bias maju sehingga arus (i) mengalir ke beban, dan sebaliknya bila sinyal input berupa siklus negatif maka dioda mendapat bias mundur sehingga tidak mengalir arus. Selama input tegangan berada pada setengah siklus positif, dioda D1 aktif dan arus akan lewat ke beban. Sinyal *output* dapat dilihat pada gambar 2.3:

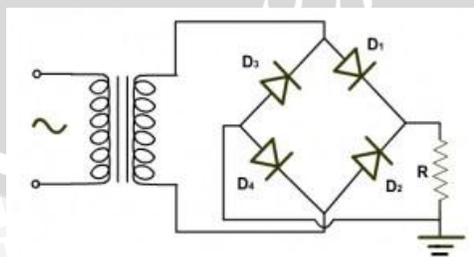


Gambar 2.3 Gelombang masuk dan keluaran *rectifier* setengah gelombang

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id> (diakses pada tanggal 20 maret 2016)

2.2.2 *Rectifier* Gelombang Penuh

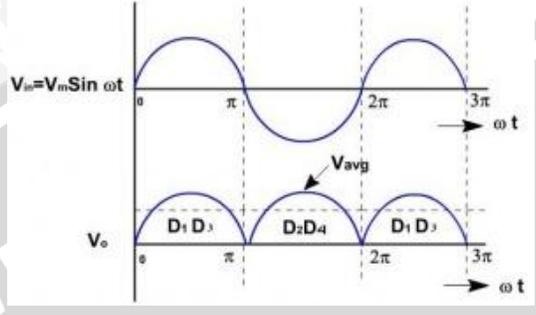
Rectifier jenis ini menggunakan 4 (empat) diode yang dirangkai secara *bridge*. *Rectifier* gelombang penuh dapat digambarkan dengan gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rangkaian *Rectifier* gelombang penuh

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id> (diakses pada tanggal 20 maret 2016)

Prinsip kerja *rectifier* gelombang penuh adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif, maka D1 dan D4 aktif, sedangkan D2 dan D3 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Pada saat sinyal siklus negatif maka D2 dan D3 aktif, sedangkan D1 dan D4 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2 dan D3. Sinyal *output* dapat dilihat seperti gambar 2.5:

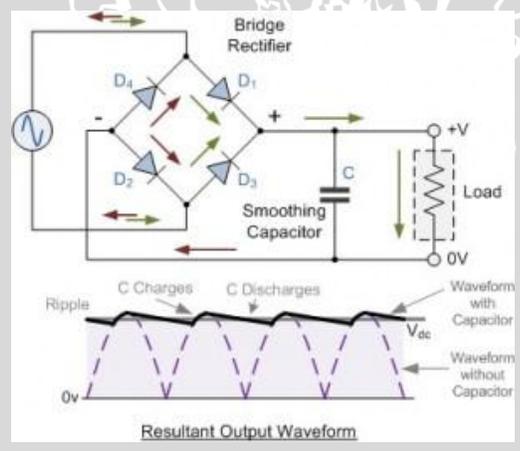


Gambar 2.5 Gelombang masuk dan keluaran *rectifier* gelombang penuh

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id> (diakses pada tanggal 20 maret 2016)

2.2.3 Rectifier Gelombang Penuh dengan Filter

Ripple harus dikurangi supaya *output rectifier* sinyalnya mendekati DC murni. Berdasarkan teori di atas, maka gelombang sudah bernilai positif dan perlu ditambahkan komponen kapasitor untuk mengurangi *ripple* dan di rangkaian seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian serta gelombang masuk dan keluaran *rectifier* gelombang penuh dengan filter kapasitor

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id> (diakses pada tanggal 20 maret 2016)

2.3 Dioda Schottky

Dioda merupakan sebuah komponen elektronika dengan 2 terminal (anoda dan katoda) dan terbentuk dari dua jenis semikonduktor (silikon jenis N dan silikon jenis P) yang tersambung.

Bahan ini mampu dialiri arus secara relatif mudah dalam satu arah. Dioda dibuat dalam pelbagai bentuk dan ukuran serta amat berguna. Berdasarkan pengertian dioda, maka pada simbol dioda terdapat tanda menyerupai anak panah yang menunjukkan arah aliran arus listrik.

Dioda yang akan digunakan pada rangkaian penyearah tegangan merupakan dioda *schottky*. Dioda *schottky* merupakan tipe khusus dari dioda yang mampu dialiri tegangan yang relatif rendah (*Datasheet* Dioda 1N5711). Arus mengalir melalui dioda akan ditahan oleh hambatan internal, yang menyebabkan tegangannya menjadi kecil di terminal dioda. Tipe dioda *schottky* yang penulis pakai dalam penelitian ini adalah 1N5711 DO-35 seperti pada gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.7 Dioda *Schottky* 1N5711 DO-35

Sumber: *Datasheet* Dioda *Schottky* 1N5711

Dioda 1N5711 DO 35 (*Datasheet* Dioda 1N5711 DO-35) ini dirancang untuk deteksi UHF dan VHF.

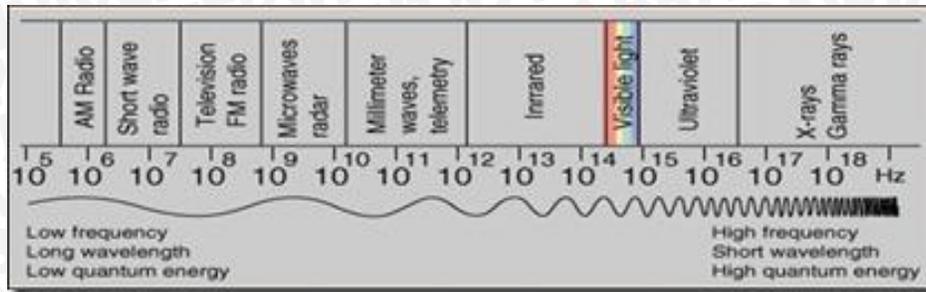
2.4 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang mempunyai sifat listrik dan sifat magnet secara bersamaan. Gelombang radio merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik dalam spektrum frekuensi radio seperti ditunjukkan pada gambar 2.8. Gelombang dikarakteristikan oleh panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang (λ) memiliki hubungan dengan frekuensi (f) dan kecepatan (v) yang ditunjukkan pada persamaan (2-1):

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2-1)$$

Kecepatan (v) bergantung pada medium, ketika medium rambat adalah hampa udara (*free space*), maka:

$$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (2-2)$$



Gambar 2.8 Spektrum gelombang elektromagnetik.

Sumber: hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

2.4.1 Gelombang Radio

Gelombang radio ini berada pada frekuensi 3KHz – 300 GHz yang biasanya digunakan pada satelit, radar, TV, *navigation*, *cellular*, *industrial heating*, dan pengobatan. Radio *Frequency* (RF) mengarah kepada gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang yang biasa digunakan pada radio *communication*. Gelombang radio diklasifikasikan menurut frekuensinya, yang diukur dalam satuan *Hertz*. Radio *frequency* (RF) berkisar dari *Very Low Frequency* (VLF) yang berkisar antara 10 sampai 30 KHz hingga *Extremely High Frequency* (EHF) yang berkisar antara 30 sampai 300 GHz.

2.4.2 Sinar Inframerah

Sinar inframerah mempunyai frekuensi antara 10^{11} Hz sampai 10^{14} Hz. Panjang gelombangnya lebih panjang/besar dari pada sinar tampak. Frekuensi gelombang ini dihasilkan oleh getaran-getaran elektron pada suatu atom atau bahan yang dapat memancarkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi khas. Pada bidang kedokteran, radiasi inframerah diaplikasikan sebagai terapi medis seperti penyembuhan penyakit encok dan terapi saraf. Pada bidang militer, dibuat teleskop inframerah yang digunakan melihat di tempat yang gelap atau berkabut, hal ini mungkin karena sinar inframerah tidak banyak dihamburkan oleh partikel udara. Sinar inframerah di bidang militer juga dimanfaatkan satelit untuk memotret permukaan bumi meskipun terhalang oleh kabut atau awan. Di bidang elektronika, inframerah dimanfaatkan pada remote kontrol peralatan elektronik seperti TV dan VCD. Unit kontrol berkomunikasi dengan peralatan elektronik melalui reaksi yang dihasilkan oleh dioda pancar cahaya (LED).

2.4.3 Sinar Tampak

Cahaya atau sinar tampak mempunyai frekuensi sekitar 10^{15} Hz. Panjang gelombangnya antara 400 nm sampai 800 nm. Mata manusia sangat peka terhadap radiasi sinar tersebut, sehingga cahaya atau sinar tampak sangat membantu penglihatan manusia. Panjang gelombang

sinar tampak yang terpendek dalam spektrum bersesuaian dengan cahaya *violet* (ungu) dan yang terpanjang bersesuaian dengan cahaya merah. Semua warna pelangi terletak di antara kedua batas tersebut. Aplikasi dari sinar tampak salah satunya adalah penggunaan sinar laser dalam serat optik pada bidang telekomunikasi. Membantu penglihatan mata manusia dan merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan sinar laser dalam serat optik pada bidang telekomunikasi.

2.4.4 Sinar Ultraviolet

Sinar *ultraviolet* merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi antara 10^{15} Hz sampai dengan 10^{16} Hz. Panjang gelombangnya antara 10 nm sampai 100 nm. Sinar *ultraviolet* dihasilkan dari atom dan molekul dalam nyala listrik. Sinar ini juga dapat dihasilkan dari reaksi sinar matahari. Sinar *ultraviolet* dari matahari dalam paparan tertentu dapat merangsang badan menghasilkan vitamin D. Secara khusus, sinar *ultraviolet* juga dapat diaplikasikan untuk membunuh kuman. Lampu yang menghasilkan sinar *ultraviolet* digunakan dalam perawatan medis. Sinar *ultraviolet* juga dimanfaatkan dalam bidang perbankan, yaitu untuk memeriksa tanda tangan di slip penarikan sepadan dengan tanda tangan dalam buku tabungan.

2.4.5 Sinar X (*Rontgen*)

Sinar-X mempunyai frekuensi antara 10^{16} Hz sampai 10^{20} Hz. Panjang gelombangnya 10^{-11} sampai 10^{-8} m. Sinar-X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895, untuk menghormatinya sinar-X juga disebut sinar *rontgen*. Sinar-X dihasilkan dari elektron-elektron yang terletak di bagian dalam kulit elektron atom atau dapat dihasilkan dari elektron dengan kecepatan tinggi yang menumbuk logam. Sinar-X banyak dimanfaatkan dalam bidang kedokteran seperti untuk memotret organ-organ dalam tubuh (tulang), jantung, paru-paru, melihat organ dalam tanpa pembedahan, dan foto *rontgen*. Pada bidang industri Sinar-X dimanfaatkan untuk menganalisis struktur kristal, mendeteksi keretakan/cacat pada logam serta memeriksa barang-barang di bandara udara/pelabuhan. Sinar-X mempunyai daya tembus yang sangat kuat. Sinar ini mampu menembus zat padat seperti kayu, kertas, dan daging manusia. Pemeriksaan anggota tubuh dengan sinar-X tidak boleh terlalu lama karena berbahaya.

2.4.6 Sinar Gamma

Sinar *gamma* merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi tertinggi dalam spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu antara 10^{20} Hz sampai 10^{25} Hz. Panjang gelombangnya berkisar antara 10^{-5} nm sampai 0,1 nm. Sinar *gamma* berasal dari radioaktivitas

nuklir atau atom-atom yang tidak stabil dalam waktu reaksi inti. Sinar *gamma* memiliki daya tembus yang sangat kuat, sehingga mampu menembus logam yang memiliki ketebalan beberapa sentimeter. Jika diserap pada jaringan hidup, sinar *gamma* dapat menyebabkan efek yang serius seperti mandul dan kanker. Sinar ini dimanfaatkan dunia kedokteran untuk terapi kanker, untuk sterilisasi peralatan rumah sakit, makanan, bahan makanan kaleng. Sinar *gamma* juga dimanfaatkan dalam pembuatan varietas tanaman unggul tahan penyakit dengan produktivitas tinggi, mengurangi populasi hama tanaman (serangga), dan mendeteksi keretakan cacat pada logam (seperti kegunaan sinar-X juga).

2.5 Antena

Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna*, antena merupakan suatu alat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Antena dapat juga diartikan sebagai suatu media peralihan antara ruang bebas dengan alat pandu atau saluran transmisi yang dapat berupa kabel koaksial atau pandu gelombang (*waveguide*) yang digunakan untuk memindahkan energi elektromagnetik dari sumber transmisi menuju antena atau dari antena menuju penerima. Berdasarkan hal ini, maka antena dapat dikategorikan sebagai antena pengirim serta antena penerima (Balanis, 2005:1).

Menurut Syam (2011), secara umum terdapat dua jenis antena yaitu: antena *omni directional* dan antena *directional*. Antena *omni directional/non directional* memiliki kemampuan mengirim dan menangkap sinyal dari segala arah, sedangkan antena *directional* mempunyai pola pemancaran sinyal satu arah tertentu atau konfigurasi *point to point*.

Pendefinisian pelbagai parameter antena diperlukan untuk menggambarkan performa dari suatu antena. Beberapa diantara parameter tersebut saling berhubungan dan semuanya tidak harus disebutkan untuk menggambarkan performa antena secara keseluruhan (Balanis, 2005:27). Beberapa parameter antena yang perlu dan penting untuk diketahui dalam perancangan sebuah antena yaitu *Return loss* (RL), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), polarisasi, *gain*, *bandwidth*, impedansi masukan, *directivity*, dan pola radiasi.

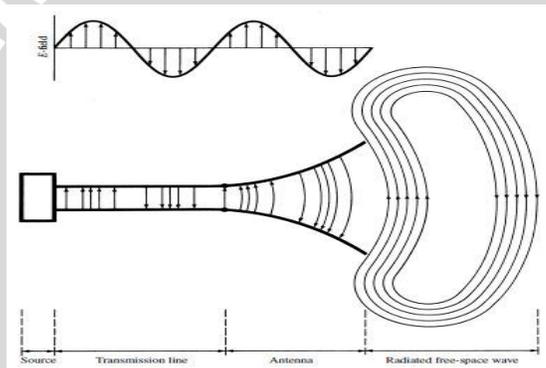
2.5.1 Proses Energi RF Menjadi Energi Elektrik oleh Antena

Antena merupakan sebuah *device* yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik di ruang bebas dan sebaliknya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9. 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.

Saluran ini dihubung singkat sehingga akan muncul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan, jika gelombang datang sama besar dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi-konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini beresilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap periode gelombang itu.

Pada gambar 2.9 memperlihatkan sumber atau pemancar yang dihubungkan dengan saluran transmisi ke antena. Pada daerah antena, 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 2.9 Antena sebagai *device* transisi pengubah energi elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya.

Sumber: Balanis (2005:2)

2.5.2 Parameter Antena

Parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena. Antena yang digunakan pada skripsi ini menggunakan parameter antena seperti *Return loss* (RL), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), polarisasi, *gain*, *bandwidth*, impedansi masukan, *directivity*, dan pola radiasi.

2.5.2.1 Return Loss (RL)

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

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik mempunyai nilai *return loss* (RL) di bawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap dan 10%-nya terpantulkan kembali. Koefisien pantul dan *return loss* (RL) didefinisikan sebagai berikut (Nakar, 2004):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-3)$$

$$RL = -20\log\Gamma \quad (\text{dB}) \quad (2-4)$$

keterangan:

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

RL = *return loss* (dB)

Matching sempurna antara *transmitter* dan antena dapat diperoleh jika nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan. Semua daya dipantulkan jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB.

2.5.2.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

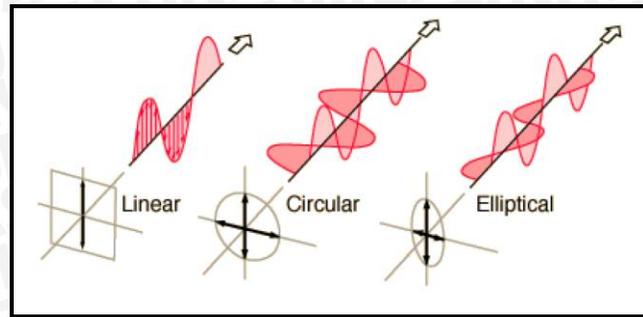
Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah rasio amplitudo tegangan maksimum terhadap amplitudo tegangan minimum dalam pola tegangan berdiri. Fluktuasi level daya yang dikarenakan adanya ketidaksesuaian saluran transmisi dengan beban. Besarnya nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) bervariasi antara 1 sampai ∞ (tak terhingga). Semakin tinggi *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), semakin besar pula ketidaksesuaian. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) dapat ditentukan dengan persamaan (2-5) sebagai berikut:

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2-5)$$

2.5.2.3 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antena yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antena. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antena dalam arah tertentu. Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, dan *elips* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10. Vektor yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu selalu

searah sepanjang garis lurus, sehingga medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005:72).



Gambar 2.10 Bentuk umum polarisasi

Sumber: Shakeeb (2010:8)

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

2.5.2.4 Gain

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

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (\text{tanpa satuan}) \quad (2-6)$$

Gain antenna dibedakan menjadi *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* suatu antenna (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antenna pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antenna diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis

sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antenna dibagi dengan 4π . Dinyatakan dalam persamaan (2-7).

$$G = 10 \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-7)$$

keterangan:

G = gain antenna (dB)

U_m = intensitas radiasi antenna (*watt*)

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

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

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-8)$$

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

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-9)$$

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

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-11)$$

keterangan:

G = gain antenna uji (dB)

P_U = daya yang diterima antenna uji (W)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.5.2.5 Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi dimana performa antenna, dengan mengacu pada beberapa karakteristik, dapat memenuhi standar yang telah ditentukan.

Bandwidth biasanya dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja untuk antena *broadband*. Persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Nakar, 2004):

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-12)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2-13)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-14)$$

dengan:

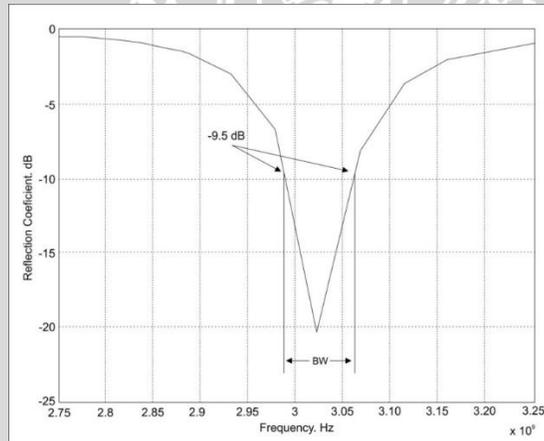
B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

gambar dari hasil pengujian *bandwidth* dapat dilihat dalam gambar 2.11.



Gambar 2.11 Pengujian *bandwidth* berdasarkan *plot return loss*

Sumber: Nakar (2004)

Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -9,45 dB pada grafik *return loss* (RL). Antena dapat bekerja jika *return loss* (RL) mempunyai nilai maksimal -9,45 dB (Yuwono, 2015).

2.5.2.6 Impedansi Masukan

Impedansi masukan antena atau bisa juga disebut impedansi terminal antena perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antena. Impedansi terminal antena secara umum didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada

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

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-15)$$

keterangan:

Z_A = Impedansi terminal antena (Ω)

R_A = Resistansi terminal antena (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antena (Ω)

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

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2-16)$$

sehingga diperoleh:

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-17)$$

keterangan:

Z_{ant} = impedansi antena (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.5.2.7 Directivity

Directivity atau keterarahan suatu antena didefinisikan sebagai kemampuan antena untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. Keterarahan dari suatu antena dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah radiasi tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata-rata pada segala arah (Balanis, 2005:44). *Directivity* dapat ditentukan dengan persamaan (2-18) sebagai berikut:

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2-18)$$

keterangan:

D = keterarahan (tanpa satuan)

D_0 = keterarahan maksimum (tanpa satuan)

U = intensitas radiasi (W/satuan sudut ruang)

U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/satuan sudut ruang)

U_{max} = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)

P_{rad} = daya radiasi total (W)

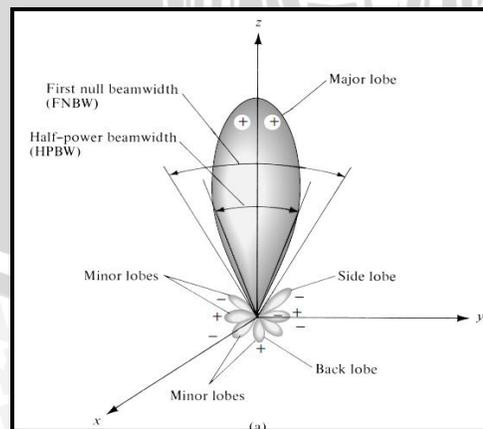
2.5.2.8 Pola radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan (*field pattern*) dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan polarisasi (Balanis, 2005:27).

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi *Isotropic*, *directional*, dan *omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai sebuah hipotesis antenna tanpa memiliki rugi-rugi yang mempunyai radiasi yang sama ke segala arah. Pola ini adalah pola yang ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antena *directional* adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Antena *omnidirectional* adalah antenna yang mempunyai pola *non-directional* pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola *directional* pada bidang tegak lurus lainnya (Balanis, 2005:32).

Pola radiasi memiliki bagian-bagian yang disebut juga *lobe* yang dapat dilihat pada gambar 2.12. *Lobe* dalam pola radiasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. *Main lobe*, yaitu bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum.
- b. *Minor lobe*, yaitu semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. *Minor lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan. *Minor lobe* dibagi menjadi:
 1. *Back lobe*, yaitu bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
 2. *Side lobe*, yaitu bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.



Gambar 2.12 Pola Radiasi

Sumber: Balanis (2005:30)

Beamwidth merupakan sudut yang memisahkan antara dua titik identik pada sisi yang berlawanan pada pola maksimum. Pola radiasi antena yang perlu diperhatikan adalah *Half Power Beamwidth* (HPBW) dengan definisi menurut IEEE adalah suatu bidang yang terdapat pada arah maksimum dari *beam*, sebuah sudut antara dua arah dimana intensitas radiasi adalah setengah dari nilai *beam*. *Beamwidth* lain yang harus diperhatikan juga adalah *First Null Beamwidth* (FNBW), yaitu sudut yang dilingkupi *main lobe* (Balanis, 2005:42).

Ukuran yang menyatakan besar daya yang terkonsentrasi pada *main lobe* dibanding daya pada *side lobe* disebut dengan *Side Lobe Level* (SLL), yang merupakan perbandingan besar puncak *side lobe* dengan puncak *main lobe*. Pernyataan di atas dapat dinyatakan dalam persamaan (2-19) sebagai berikut (Stutzman, 2008:29):

$$SLL = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| \text{ (dB)} \quad (2-19)$$

dengan:

SLL = *Side Lobe Level*

F(SLL) = nilai maksimum *Side Lobe*

F(max) = nilai maksimum *Main Lobe*

Front to Back Ratio (F/B) suatu antena merupakan perbandingan daya pada arah pancar terbesar yang dikehendaki (*main lobe*) dengan daya pada arah pancar yang berlawanan dengan *main lobe* (*back lobe*). *Front to Back Ratio* (F/B) dapat diperoleh dengan persamaan (2-20) sebagai berikut:

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_i} \quad (2-20)$$

dengan:

$\frac{F}{B}$ = *Front to Back Ratio*

P_m = daya puncak *main lobe*

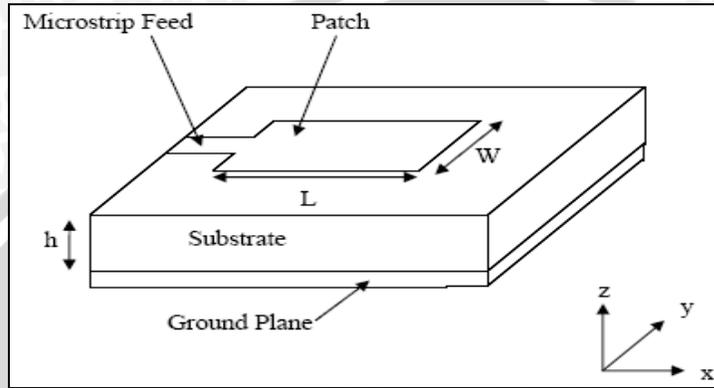
P_i = daya puncak *back lobe*

2.5.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis dari pelbagai macam tipe antena yang terdiri dari elemen konduktor (sebagai elemen radiasi), yang diletakkan di bidang tanah (*ground plane*) dimana di antaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip memiliki beberapa kelebihan seperti bobot yang ringan serta ukuran yang kecil, mampu beroperasi pada *single*, *dual* ataupun *multi band*, dan dapat menghasilkan polarisasi sirkular maupun linear. Antena mikrostrip juga

dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *Microwave Integrated Circuits* (MICs), namun antenna mikrostrip memiliki kelemahan *gain* dan efisiensi yang rendah.

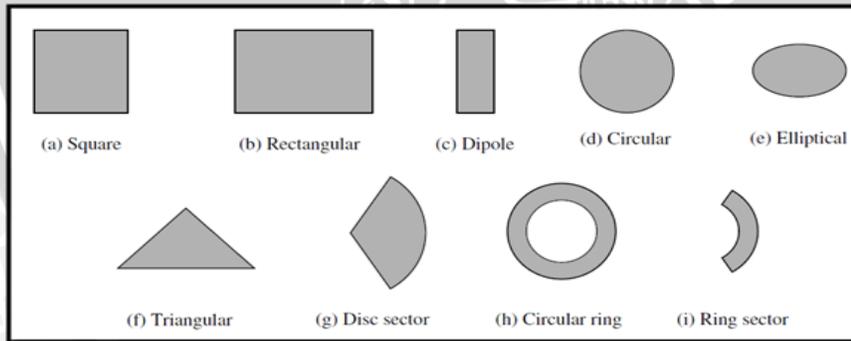
Pada antenna mikrostrip, terdapat empat elemen paling sederhana yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik, *feed*, dan *ground*. Empat elemen tersebut seperti pada gambar 2.13 berikut ini:



Gambar 2.13 Antena mikrostrip

Sumber: Nakar (2004:40)

Patch merupakan elemen peradiasi pada antenna mikrostrip. *Patch* berupa lembaran metal yang berada di atas substrat dielektrik. Beberapa bentuk *patch* antenna mikrostrip dapat dilihat dalam gambar 2.14. Tiap bentuk *patch* memiliki karakteristik masing-masing.



Gambar 2.14 Bentuk bentuk *patch* antenna mikrostrip

Sumber: Balanis (2005:813)

Dimensi *patch* dapat ditentukan dengan menentukan frekuensi acuan (f_r) terlebih dahulu. Frekuensi acuan (f_r) digunakan untuk mencari panjang gelombang di ruang bebas (λ_0). Panjang gelombang di ruang bebas (λ_0) dapat ditentukan dengan persamaan (2-21):

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ (m)} \quad (2-21)$$

keterangan:

λ_0 = Panjang gelombang di ruang bebas (m)

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

f_r = Frekuensi acuan (MHz)

Panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dihitung setelah nilai panjang gelombang di ruang bebas (λ_0) diperoleh. Panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dihitung dengan persamaan (2-22):

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-22)$$

Patch yang digunakan pada penelitian ini adalah *circular patch*. Dimensi *patch* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-23) (Balanis, 2005:846):

$$R_p = \frac{K}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r K} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-23)$$

Konstanta pada persamaan (2-23) dapat dihitung dengan persamaan (2-24) (Balanis, 2005:846):

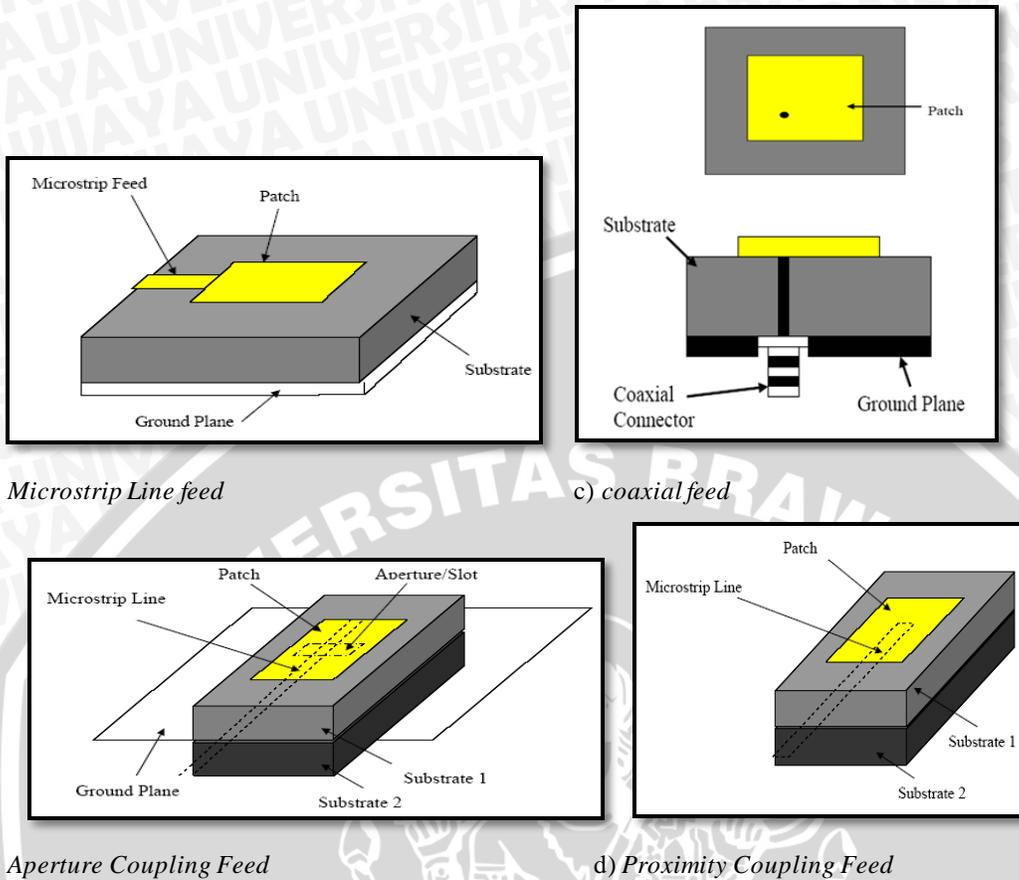
$$K = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-24)$$

dengan:

R_p = Jari-jari *circular patch* (cm)

ϵ_r = Permittivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

Feed atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena mikrostrip. *Patch* antena mikrostrip dapat dicatu dengan berbagai macam metode seperti dalam gambar 2.15.



Gambar 2.15 Feed atau teknik pencatuan pada antenna mikrostrip

Sumber: Nakar (2004)

Teknik pencatuan atau teknik saluran transmisi yang dipakai pada penelitian ini adalah teknik *Microstrip Line feed*. Lebar saluran transmisi dihitung dengan persamaan (2-25) (Liang, 2004):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-25)$$

B diperoleh dengan persamaan (2-26) (Liang, 2004):

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-26)$$

dengan:

W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)

Z₀ = impedansi karakteristik (Ω)

h = tebal substrat (m)

ε_r = konstanta dielektrik substrat

Panjang saluran transmisi mikrostrip (L_0) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-27):

$$L_0 = \frac{1}{4}\lambda_d \quad (2-27)$$

Substrat dielektrik berada di lapisan antara *patch* dan *ground*. Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dan ketebalan substrat yang berkisar antara $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$. Pemilihan substrat sangat berpengaruh terhadap kinerja antena, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya (Balanis, 2005:812).

Konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah suatu sifat yang berhubungan kemampuan bahan untuk menyimpan muatan listrik pada volume tertentu yang dapat mempengaruhi rapat fluks D elektrostatik suatu bahan bila diberi potensial medan listrik E (Edminister, 1993:80) yang merupakan perbandingan antara permitivitas statis (ϵ_s) dengan permitivitas ruang hampa (ϵ_0) seperti dinyatakan dalam persamaan (2-28):

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_s}{\epsilon_0} \quad (2-28)$$

Ground plane merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. *Ground plane* berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Dimensi *ground plane* pada antena mikrostrip diperoleh melalui persamaan (2-29) untuk panjang *ground plane* dan persamaan (2-30) untuk lebar *ground plane* (Nakar, 2004):

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-29)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2}R \quad (2-30)$$

dengan:

h = ketebalan substrat (mm)

R = jari-jari *circular patch* (mm)

L_g = panjang *ground plane* (mm)

W_g = lebar *ground plane* (mm)

Pada penelitian ini, antena mikrostrip yang digunakan tidak menggunakan *ground plane* yang berbahan tembaga melainkan menggunakan *free space ground plane*.

2.6 Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio 2014



Gambar 2.16 Logo *Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio 2014*

Sumber: cst.com (diakses pada tanggal 23 maret 2016)

Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014 adalah *software* yang memungkinkan untuk melakukan simulasi penghitungan. *Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014* merupakan *software* pelopor yang menggunakan *Finite Element Method (FEM)* untuk simulasi 3D EM frekuensi tinggi dengan mengembangkan serta menerapkan teknologi seperti *tangential vector finite elements*, *adaptive meshing*, dan *adaptive Lanczos-Pade Sweep (ALPS)*. Logo *Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014* dapat dilihat pada gambar 2.16.

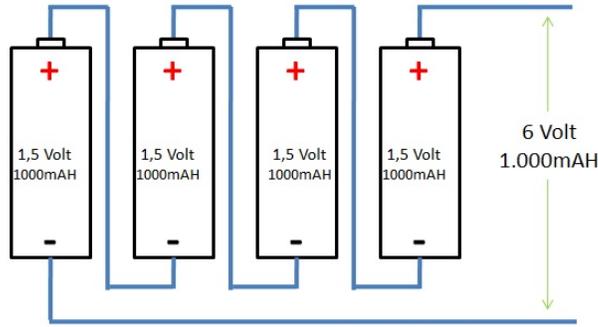
Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014 memungkinkan analisis cepat dan akurat dari frekuensi tinggi perangkat (HF) seperti antena, filter, skrup, planar dan multi-layer struktur. *User friendly*, *Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014* cepat memberi wawasan perilaku desain EM frekuensi tinggi. *Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014* mempromosikan teknologi lengkap untuk 3D EM. Pengguna dari perangkat lunak ini diberikan fleksibilitas yang besar dalam menangani pelbagai aplikasi yang luas melalui pelbagai teknologi solver yang tersedia. *Computer Simulation Technology (CST) MICROWAVE STUDIO 2014* menawarkan *time domain solver* dan *frequency domain solver* sebagai *solver*. Metode optimasi *Particle Sweep Optimization* juga disediakan untuk optimasi parameter desain agar didapat hasil yang optimal. Filter untuk impor file CAD spesifik dan ekstraksi parameter SPICE meningkatkan kemungkinan desain dan menghemat waktu.

2.7 Rangkaian Penambah Daya

Struktur komponen pada rangkaian seri adalah berderet yakni ujung terminal suatu komponen elektronika dihubungkan dengan pangkal terminal komponen kedua, ujung terminal komponen kedua dihubungkan dengan pangkal terminal komponen ketiga dan seterusnya. Pangkal terminal komponen pertama dihubungkan dengan sumber tegangan positif dan ujung terminal komponen terakhir dihubungkan dengan sumber tegangan negatif, maka hubungan seperti ini di dalam elektronika dikenal dengan istilah rangkaian tertutup (*close circuit*). Arus listrik dalam hal ini akan mengalir dari positif ke negatif melalui komponen-komponen elektronika yang dideretkan (hubungan seri). Besar arus yang mengalir pada rangkaian seri adalah sama.

Struktur rangkaian paralel dapat dipahami jika dilihat dari hubungan antar kaki (terminal) setiap komponen elektronika. Komponen elektronika jika pangkal kakinya dihubungkan dengan pangkal komponen lainnya dan ujung kaki komponen tersebut dihubungkan dengan ujung kaki komponen elektronika lainnya, maka hubungan seperti ini disebut paralel dimana setiap komponen dijajarkan. Setiap ujung kaki tersebut dihubungkan ke sumber tegangan, dalam elektronika disebut dengan istilah rangkaian tertutup (*close circuit*) sehingga arus dapat mengalir dari sumber tegangan melalui komponen-komponen tersebut. Arus yang mengalir pada setiap komponen pada rangkaian paralel dapat berbeda tergantung besar kecilnya resistansi komponen tersebut, dengan kata lain arus sumber akan dibagi ke setiap komponen dan akan menyatu kembali di ujung rangkaian. Pada rangkaian paralel, tegangan di setiap ujung kaki komponen sama besar.

Baterai dapat dirangkai secara seri maupun paralel, akan tetapi hasil *output* dari kedua rangkaian tersebut akan berbeda. Rangkaian seri baterai akan meningkatkan tegangan (*voltage*) *output* baterai sedangkan arus listriknya (*ampere*) akan sama. Rangkaian paralel baterai berkebalikan dengan rangkaian seri, yaitu meningkatkan arus listrik (*ampere*) tetapi tegangan (*voltage*) *output* akan tetap sama. Rangkaian seri baterai dapat dilihat pada gambar 2.17 berikut ini:



Gambar 2.17 Rangkaian Seri Baterai

Sumber: teknikelektronika.com (diakses pada tanggal 22 maret 2016)

Pada gambar 2.17 4 (empat) buah baterai masing-masing menghasilkan kapasitas arus listrik (*ampere*) yang sama seperti arus listrik pada 1 (satu) buah baterai akan tetapi tegangannya yang dihasilkan menjadi 4 (empat) kali lipat dari tegangan 1 (satu) buah baterai. Tegangan dalam elektronika adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik yang dinyatakan dengan satuan *volt*.

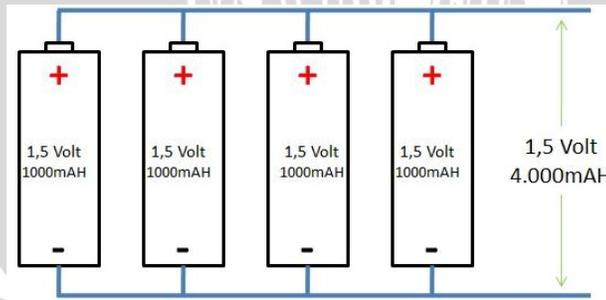
Gambar 2.17 di atas memperlihatkan 4 (empat) buah baterai yang masing-masing bertegangan 1,5 *volt* dan 1.000 *miliampere* per jam (mAh) akan menghasilkan 6 (enam) *volt* tegangan tetapi kapasitas arus listriknya akan tetap yaitu 1.000 *miliampere* per jam (mAh).

Analisa pengujian untuk gambar 2.17 di atas adalah sebagai berikut:

$$V_{total} = V_{baterai1} + V_{baterai2} + V_{baterai3} + V_{baterai4}$$

$$V_{total} = 1,5 \text{ volt} + 1,5 \text{ volt} + 1,5 \text{ volt} + 1,5 \text{ volt} = 6 \text{ volt}$$

Rangkaian seri baterai ini dapat meningkatkan tegangan *output*.



Gambar 2.18 Rangkaian Paralel Baterai

Sumber: teknikelektronika.com (diakses pada tanggal 22 maret 2016)

Gambar 2.18 merupakan rangkaian paralel yang terdiri dari 4 (empat) buah baterai. Tegangan yang dihasilkan dari angkaian paralel sama yaitu 1,5 *volt* tetapi kapasitas arus listrik

yang dihasilkan adalah 4.000 mA (miliampere per jam), yaitu total dari semua kapasitas arus listrik pada baterai. Analisa pengujian untuk gambar 2.18 adalah sebagai berikut:

$$I_{\text{total}} = I_{\text{baterai1}} + I_{\text{baterai2}} + I_{\text{baterai3}} + I_{\text{baterai4}}$$

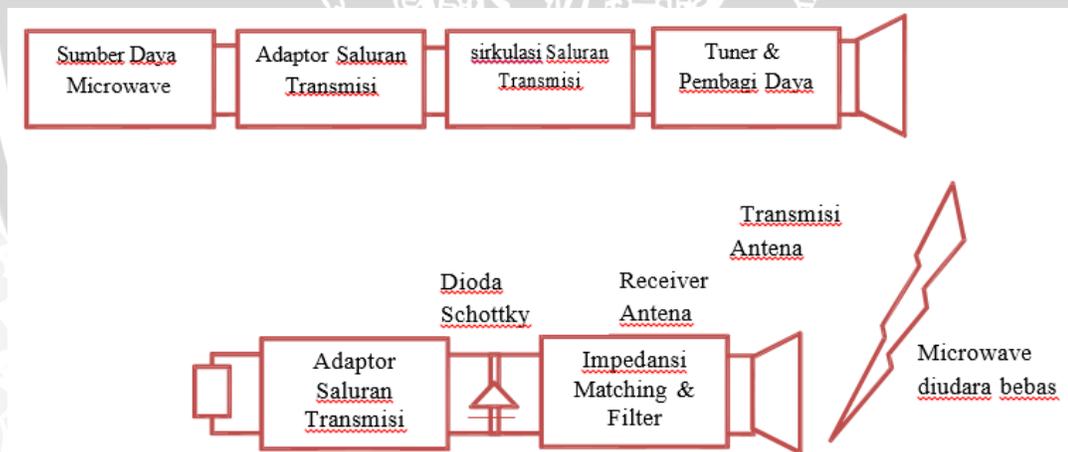
$$I_{\text{total}} = 1.000 \text{ mAh} + 1.000 \text{ mAh} + 1.000 \text{ mAh} + 1.000 \text{ mAh} = 4.000 \text{ mAh}$$

Jadi rangkaian paralel baterai ini dapat meningkatkan arus *output*.

2.8 Wireless Power Transmission

William C. Brown adalah pelopor dalam teknologi transmisi daya nirkabel, ia merancang transfer daya melalui ruang bebas dengan *microwave*. Konsep *wireless power transmission* dijelaskan pada diagram blok yang ditunjukkan pada gambar 2.19. Pada sisi *transmitter*, *microwave* menghasilkan daya pancar dan *output* daya tersebut dikendalikan oleh sirkuit saluran transmisi, *tuner* diatur sesuai dengan impedansi antara pemancar dan sumber daya *microwave* kemudian dipisahkan berdasarkan arah propagasi dengan *coupler directional*.

Antena memancarkan daya *microwave* ke *rectenna* atau antena *receiver*. Di sisi *receiver*, *rectenna* menerima medan elektromagnetik yang ditransmisikan. Impedansi pencocokan sirkuit dan filter untuk pengaturan *output* impedansi dari sumber sinyal sirkuit. Kemudian dioda *Schottky* mengkonversikan daya *microwave* menjadi tegangan (*Volt*).



Gambar 2.19 Diagram blok konsep *wireless power transmission*

Sumber: Aff (2014)

