

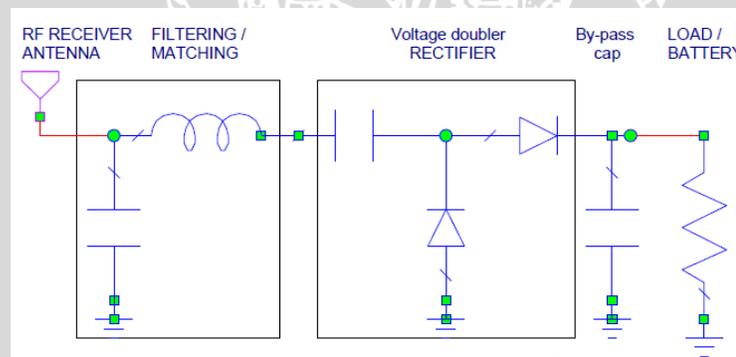
## BAB II

### 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 elektronik yang membutuhkan daya listrik rendah seperti sebuah sensor (Escala, 2010).

Secara umum perancangan *rectenna* yang terdiri dari antena, rangkaian *impedance matching*, *filter* dan *rectifier*, seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Blok Diagram *Rectenna* dengan RF frekuensi  
Sumber: Barcak, J.Michael, 2008:1

#### 2.2 Dasar Antena

Antena mikrostrip merupakan antena yang terdiri dari elemen konduktor (sebagai elemen radiasi), yang diletakkan di bidang tanah (*ground plane*) dimana di antaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern saat ini. Hal ini disebabkan karena ukuran antena mikrostrip

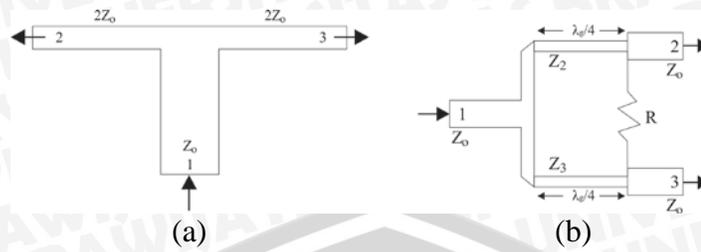
yang kecil dan beratnya yang ringan membuat jenis antena ini sederhana untuk dibuat dan mudah untuk diintegrasikan. Antena mikrostrip memiliki kelebihan seperti bobot yang ringan serta ukuran yang kecil, mampu beroperasi pada *single*, dual ataupun *multi band*, dan dapat menghasilkan polarisasi sirkular maupun linear. Akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki kekurangan seperti *bandwidth* yang sempit, *gain* yang kecil, dan efisiensi yang rendah.

### 2.2.1 Antena Array

*Gain* dari antena mikrostrip dapat diperbesar dengan menambahkan *patch* secara *array*, sehingga membentuk antena mikrostrip *array*. Antena mikrostrip *array* adalah pengembangan dari antena mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi yang membentuk suatu jaringan. Kelebihan antena mikrostrip *array* ini dibandingkan antena mikrostrip biasa yaitu memiliki *bandwidth* dan *gain* yang lebih besar. Ada beberapa macam konfigurasi antena *array*, di antaranya *linear*, *planar*, dan *circular*. Masing masing konfigurasi memiliki keuntungan, misalnya *planar array* memiliki kelebihan dalam pengaturan dan pengendalian arah pola radiasi, sedangkan *linear array* memiliki kelebihan dalam perhitungan yang tidak terlalu rumit.

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam antena mikrostrip, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch*. Teknik pencatuan pada antena mikrostrip merupakan teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Pada dasarnya saluran pencatu untuk antena mikrostrip dibagi menjadi 2, yaitu pencatuan secara langsung dan pencatuan secara tidak langsung. Teknik pencatuan *aperture coupled* termasuk teknik pencatuan secara tidak langsung.

Salah satu teknik yang dapat mendukung *impedance matching* pada saluran transmisi khususnya untuk antena mikrostrip *array* adalah *power divider*. Beberapa jenis rangkaian pembagi daya yang telah berhasil digunakan pada pencatuan *patch* polarisasi melingkar. Ada beberapa perbedaan dalam jenis pembagi daya, antara lain:



Gambar 2.2 (a) *T-Junction*, (b) Wilkinson  
 Sumber: Grag, Bhartia. Bahl. 2001: 516

Salah satu yang paling sederhana adalah pembagi daya *T-Junction*, terdiri dari baris input membagi dalam dua baris dengan fasa dan amplitude yang sama. Untuk membagi daya yang sama pada lengan impedansi diberikan oleh persamaan

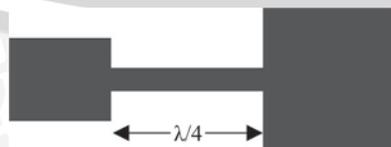
$$Z_2 = Z_3 = 2Z_0 \quad (2-1)$$

Pembagi daya *Wilkinson* mirip dengan *T-Junction* tetapi disini resistansi ditempatkan antara port output untuk menghasilkan isolasi di antaranya. Hal ini mencegah ketidaksesuaian *axial ratio* meskipun mungkin akan mempengaruhi efisiensi. Solusi ini juga memerlukan perbedaan panjang antara saluran. Untuk memisahkan pembagi daya *Wilkinson* yang sama, impedansi dalam saluran diberikan oleh persamaan

$$Z_2 = Z_3 = \sqrt{2} \cdot Z_0 \quad (2-2)$$

$$R = 2 \cdot Z_0 \quad (2-3)$$

*Wilkinson* dan *T-Junction* divider menunjukkan hasil yang menjanjikan selama simulasi dan sering dipilih dari kedua desain tersebut. Menentukan impedansi saluran transmisi dengan menghitung besar impedansi saluran transmisi, masukan elemen peradiasi, dan *matching (transformer)*. Panjang *transformer* ( $L_t$ ) =  $\lambda_d/4$ , seperti pada Gambar dibawah, dengan menggunakan persamaan di bawah ini.



Gambar 2.3 Saluran Transformer  
 Sumber: www.rfic.co.uk

$$Z_T = \sqrt{Z_L \cdot Z_0} \quad (2-4)$$

Dengan:  $Z_T$  = impedansi saluran transformator ( $\Omega$ )

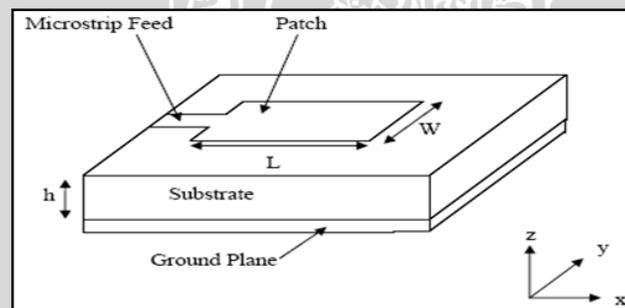
$Z_0$  = impedansi saluran mikrostrip ( $\Omega$ )

$Z_L$  = impedansi beban ( $\Omega$ )

### 2.2.2 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan 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 kelebihan seperti bobot yang ringan serta ukuran yang kecil, mampu beroperasi pada *single*, dual ataupun *multi band*, dan dapat menghasilkan polarisasi sirkular maupun linear. Akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki kekurangan seperti *bandwidth* yang sempit, *gain* yang kecil, dan efisiensi yang rendah.

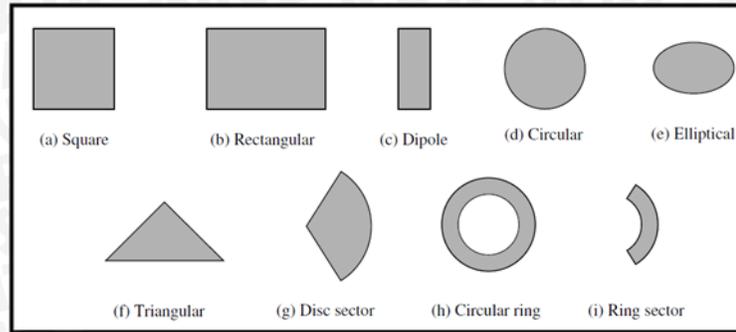
Pada antena mikrostrip, terdapat empat elemen paling sederhana yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik, *feed*, dan *ground*.



Gambar 2.4 Antena mikrostrip

Sumber: Punit, 2004:40

*Patch* merupakan elemen peradiasi pada antena mikrostrip. Berupa lembaran metal yang berada diatas substrat dielektrik. Adapun beberapa bentuk *patch* antena mikrostrip dapat dilihat dalam Gambar 2.5. Tiap bentuk *patch* memiliki karakteristik masing-masing.



Gambar 2.5 Bentuk bentuk *patch* antenna mikrostrip  
Sumber: Balanis, 2005:813

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

*Feed* atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antenna mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antenna mikrostrip. *Ground* merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan

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

Beberapa parameter antenna yang perlu dan penting untuk diketahui dalam perancangan sebuah antenna antara lain: impedansi terminal antenna, VSWR, RL, *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi, *directivity*, dan *gain*.

### 2.2.3 Impedansi Masukan

Impedansi terminal antenna perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antenna. Secara umum impedansi terminal antenna didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antenna pada terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan sebagai berikut (Balanis, 2005:80).

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-5)$$

keterangan:

$Z_A$  = Impedansi terminal antenna ( $\Omega$ )

$R_A$  = Resistansi terminal antenna ( $\Omega$ )

$X_A$  = Reaktansi terminal antenna ( $\Omega$ )

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

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2-6)$$

sehingga diperoleh:

$$Z_{ant} = Z_c \left( \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-7)$$

keterangan:

$Z_{ant}$  = impedansi antenna ( $\Omega$ )

$Z_c$  = impedansi karakteristik ( $\Omega$ )

$\Gamma$  = koefisien pantul

### 2.2.4 Bandwidth

*Bandwidth* didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi dimana performa antenna, dengan mengacu pada beberapa karakteristik, dapat memenuhi standar yang telah ditentukan. Untuk antenna *broadband*, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja. Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen ( $B_p$ ) atau sebagai *bandwidth* rasio ( $B_r$ ) dinyatakan sebagai berikut (Punit, 2004:22).

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-8)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2-9)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-10)$$

keterangan:

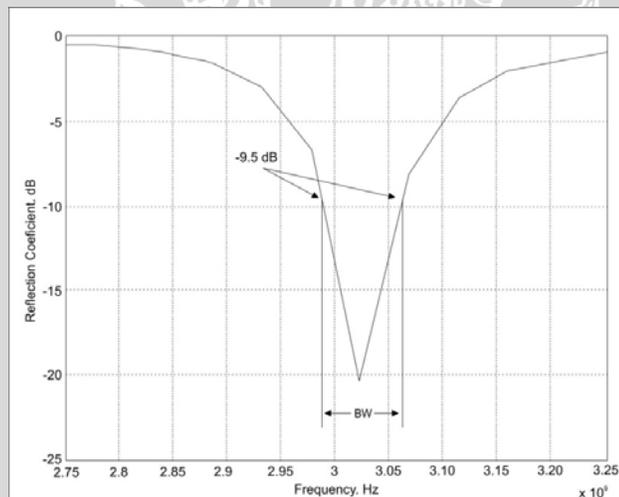
$B_p$  = bandwidth dalam persen (%)

$B_r$  = bandwidth rasio

$f_u$  = jangkauan frekuensi atas (Hz)

$f_l$  = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

Untuk lebih jelasnya mengenai gambar dari hasil pengukuran bandwidth dapat dilihat dalam Gambar 2.6. Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*.



Gambar 2.6 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan *plot return loss*  
Sumber: Punit, 2004:22

### 2.2.5 Return Loss (RL)

*Return loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. 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 berikut (Punit, 2004:19).

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-11)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-12)$$

keterangan:

- $\Gamma$  = koefisien pantul
- $V_r$  = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)
- $V_i$  = tegangan gelombang maju (*incident wave*)
- $RL$  = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara transmitter dan antenna, maka nilai  $\Gamma = 0$  dan  $RL = \infty$  yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika  $\Gamma = 1$  dan  $RL = 0$  dB maka semua daya dipantulkan.

### 2.2.6 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 *VSWR* bervariasi antara 1 sampai  $\infty$  (tak terhingga). Semakin tinggi *VSWR*, semakin besar pula ketidaksesuaian.

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-13)$$

### 2.2.7 Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan suatu antena didefinisikan sebagai kemampuan antena untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. Dengan kata lain 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).

$$D_{\max} = D_0 = \frac{U_{\max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{\max}}{P_{\text{rad}}} \quad (2-14)$$

keterangan:

$D$  = keterarahan (tanpa satuan)

$D_0$  = keterarahan maximum (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)

$P$  = daya radiasi total (W)

### 2.2.8 Gain

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

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{\text{in}}} \quad (\text{tanpa satuan}) \quad (2-15)$$

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

diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antenna dibagi dengan  $4\pi$ . Dinyatakan dalam persamaan (2-13).

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-16)$$

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). Untuk *gain* relatif, antenna referensi yang digunakan berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga:

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-17)$$

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

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-18)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-19)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-20)$$

keterangan:

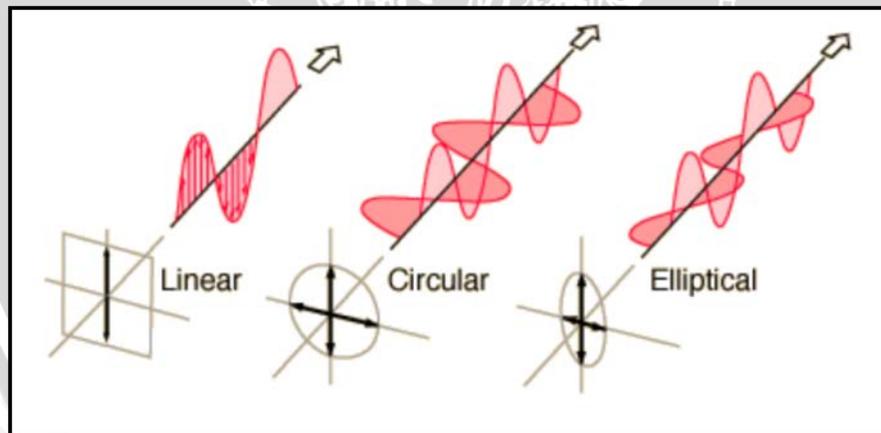
$G$  = gain antenna uji (dB)

$P_U$  = daya yang diterima antenna uji (W)

$P_R$  = daya yang diterima antenna referensi (W)

### 2.2.9 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 2.7 Bentuk umum polarisasi  
Sumber: Shakeeb, 2010:8

Secara umum medan elektrik antenna total (medan  $E$ ) mempunyai dua komponen dalam satu bidang. Dua komponen medan  $E$  ini mungkin mempunyai besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antenna, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan

dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antena yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan polarisasi.

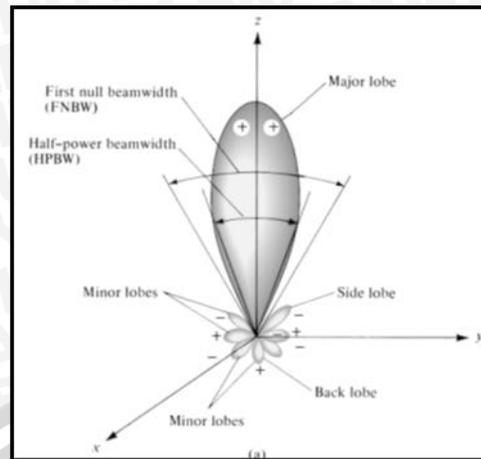
### 2.2.10 Pola Radiasi (*radiation pattern*)

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

Bagian-bagian dalam pola radiasi disebut juga *lobe*. Berikut ini adalah *lobe* dalam pola radiasi:

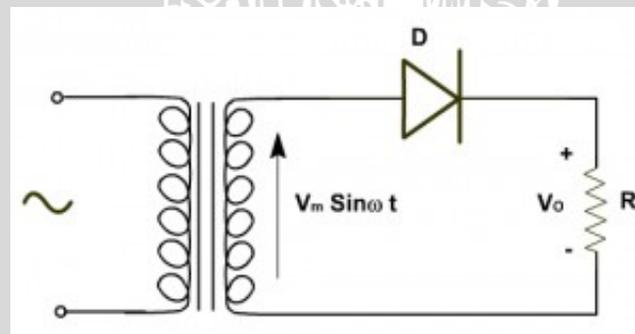
- a. *Main Lobe* : Arah radiasi maksimum pada antena.
- b. *Minor lobe* : Arah radiasi minimum pada antenna yang tidak diinginkan.
- c. *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
- d. *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.



Gambar 2.8 Pola Radiasi  
Sumber: Balanis, 2005:30

### 2.3 Proses Arus AC menjadi Arus DC oleh *Rectifier*

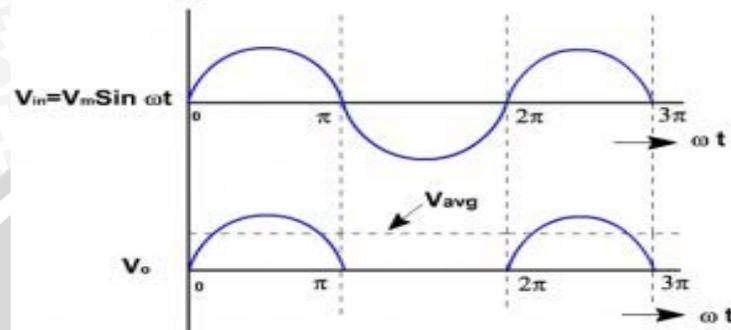
*Rectifier* adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus hanya dapat dilihat dengan alat ukur Osiloskop. Rangkaian *rectifier* banyak menggunakan transformator step down yang digunakan untuk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



Gambar 2.9 Rangkaian *Rectifier* Sederhana  
Sumber: Elektronika Dasar, 2013

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

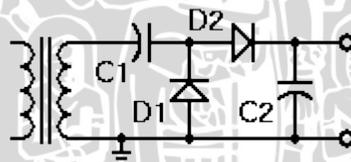
bias mundur sehingga tidak mengalir arus. Selama input tegangan berada pada setengah siklus positif, dioda D1 akan ON dan input voltage akan muncul melewati beban.



Gambar 2.10 Gambar gelombang masuk dan keluaran *rectifier*  
Sumber: Elektronika Dasar, 2013

### 2.3.1 Voltage Doubler

Rangkaian ini bekerja dengan sumber AC sebagai *input* untuk menghasilkan *output* DC. Dengan diasumsikan komponen ideal dan dimana  $C1 = C2$ .



Gambar 2.11 Gambar rangkaian pengganda tegangan  
Sumber: Ken Bigelow, 2014

- Selama setengah siklus negatif pertama, D1 akan dibias maju hingga tegangan di C1 sama dengan tegangan puncak ( $V_p$ ).
- Selama setengah siklus positif, D1 akan dibias mundur dan tidak menghantarkan arus. Tegangan pada C1 akan ditambahkan dengan sumber, sehingga tegangan disisi kiri D2 menjadi  $+2V_p$ . Karena C2 belum dibebankan sama sekali, D2 akan dibias maju dan tegangan C1 akan dialihkan ke C2. C2 akan mengisi sebagaimana C1 dibuang, hingga dua kapasitor tidak bisa lagi dibias maju D2. Untuk setengah siklus positif

pertama, tegangan pada C2 akan sama dengan  $+2V_p$ , dan C1 akan benar-benar habis, sehingga semua tegangan pada ujung kiri D2 berasal dari sumber.

- c. Pada setengah siklus negatif selanjutnya, C1 dibebankan sekali lagi untuk  $V_p$  melewati D1. Jika tidak terdapat beban untuk melepaskan C2, outputnya akan tetap  $+2V_p$ .
- d. Pada setengah siklus positif selanjutnya, C2 masih dibebankan pada sumber  $+V_p$ , sementara tegangan di ujung kiri D2 sebesar  $+2V_p$ .
- e. Siklus ini terus berlanjut, dengan C1 yang terisi penuh sama dengan  $+V_p$  pada setiap setengah siklus negatif, dan kemudian pengisian C2 pada setengah siklus positif selanjutnya.

Dalam dunia nyata, tentu saja terdapat drop tegangan di tiap-tiap dioda ketika dibias maju. Kita dapat mempercepat pengisian dan pengisian kembali C2, jika C1 lebih besar dari C2. Sebagai contoh, jika  $C1 = 100\mu\text{f}$  dan  $C2 = 10\mu\text{f}$ , C1 dapat mengalihkan lebih banyak untuk C2 pada setiap setengah siklus positif, dan tegangan pada C2 akan meningkat lebih cepat.

## 2.4 Perancangan Antena Mikrostrip Array Tiga Elemen untuk Frekuensi 900 MHz

### 2.4.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut:

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

- Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 3,9
- Ketebalan dielektrik ( $h$ ) = 0,0016 m = 1,6 mm
- *Loss tangen* = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:

- Ketebalan bahan konduktor ( $t$ ) = 0,0001 m = 0,1 mm
- Konduktifitas tembaga ( $\sigma$ ) =  $5,80 \times 10^7$  mho  $\text{m}^{-1}$
- Impedansi karakteristik saluran = 50  $\Omega$
- Ukuran bahan = 29,7 x 21 mm

Dalam menentukan bahan atau *substrat* harus diketahui batasan jangkauan frekuensi maksimum yang masih bisa dilewatkan pada substrat dengan persamaan berikut (Johan L, 2002 : 33):

$$h \leq \frac{0,3c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-21)$$

dengan:

$h$  = ketebalan substrat (m)

$c$  = kecepatan cahaya (m/s)

$f_r$  = frekuensi kerja (Hz)

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik bahan

Substrat ini harus memenuhi syarat untuk digunakan pada rentang frekuensi 2,4GHz.

#### 2.4.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi acuan ( $f_r$ ) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas ( $\lambda_0$ ).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2-22)$$

Setelah nilai  $\lambda_0$  diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip ( $\lambda_d$ ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2-23)$$

dengan:

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

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

#### 2.4.3 Dimensi Saluran Transmisi

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

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

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

dengan :

$W$  = lebar saluran saluran transmisi mikrostrip (m)

$Z_0$  = impedansi karakteristik ( $\Omega$ )

$h$  = tebal substrat (m)

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik substrat

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

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

dengan :

$L_0$  = panjang saluran transmisi (mm)

$\lambda_d$  = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

#### 2.4.4 Impedance Matching

*Impedance Matching* pada saluran transmisi ini menggunakan metoda *T-Junction*, dengan nilai impedansi  $Z$  diberikan dengan persamaan (2-4). Pada antena mikrostrip ini akan di *array* sebanyak tiga.