

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

Antena merupakan komponen yang sangat penting untuk mendukung sistem komunikasi nirkabel karena antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik yang di dalamnya terkandung sinyal informasi.

Untuk menggambarkan performa dari suatu antena maka diperlukan pendefinisian berbagai parameter 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 polarisasi, pola radiasi, impedansi masukan, VSWR, RL, *bandwidth*, *directivity* dan *gain*.

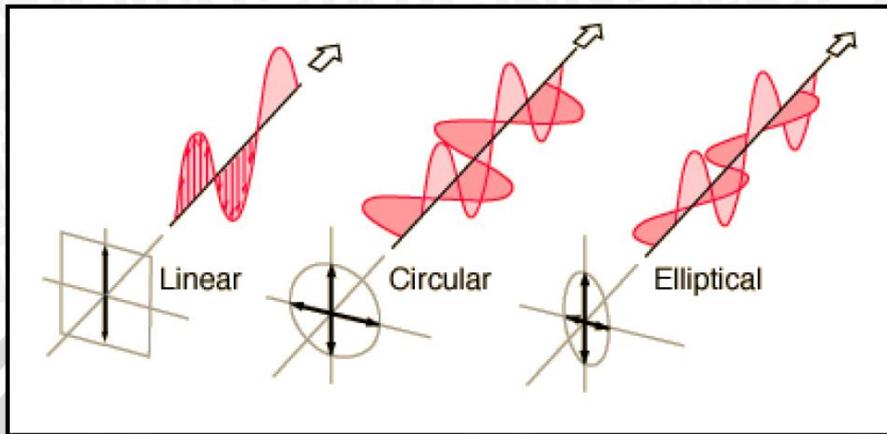
2.1.1 Parameter Antena

Parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena pada skripsi ini menggunakan parameter antena seperti polarisasi, pola radiasi, impedansi masukan, VSWR, RL, Bandwidth, *Directivity*, dan *gain*.

2.1.1.1 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, elips dan dapat dilihat pada **Gambar 2.1**. Jika vektor, yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu, selalu searah sepanjang garis lurus, maka medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005:72).



Gambar 2.1 Bentuk umum polarisasi

Sumber: 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 antenna yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan polarisasi.

2.1.1.2 Polaradiasi

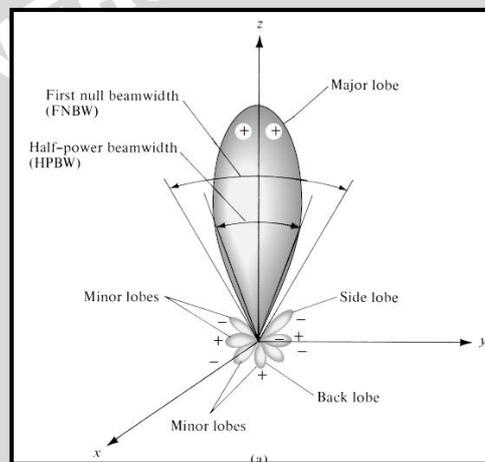
Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan (*field pattern*) dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan 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.” Meskipun ini adalah pola yang 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

elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna *omnidirectional* adalah antenna 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* seperti pada **Gambar 2.2**. Berikut ini adalah *lobe* dalam pola radiasi:

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



Gambar 2.2 Pola Radiasi
Sumber: Balanis, 2005:30

2.1.1.3 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).

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

keterangan:

Z_A = Impedansi terminal antenna (Ω)

R_A = Resistansi terminal antenna (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antena (Ω)

Sedangkan impedansi antena dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan Persamaan (2-2) sebagai berikut (Edgar Hund, 1989: 44).

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

sehingga diperoleh:

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

keterangan:

Z_{ant} = impedansi antena (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.1.1.4 VSWR (*Voltage Wave Standing Ratio*)

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 ∞ (tak terhingga). Semakin tinggi VSWR, semakin besar pula ketidaksesuaian.

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-4)$$

2.1.1.5 RL (*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 antena 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).

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-5)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \quad (\text{dB}) \quad (2-6)$$

keterangan:

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

2.1.1.6 Bandwidth

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

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-7)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2-8)$$

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

keterangan:

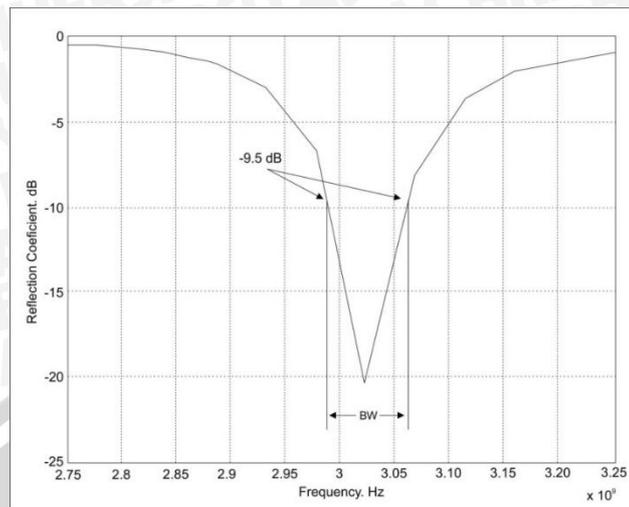
B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

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 2.3**. Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*.



Gambar 2.3 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan *plot return loss*
 Sumber: Punit, 2004:22

2.1.1.7 Directivity

Keterarahan suatu antenna didefinisikan sebagai kemampuan antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. Dengan kata lain keterarahan dari suatu antenna dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah radiasi tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata – rata pada segala arah (Balanis, 2005:44).

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2-10)$$

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_{rad} = daya radiasi total (W)

2.1.1.8 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 4π .” dengan persamaan (Balanis, 2005:65).

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-11)$$

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*) antena dibagi dengan 4π . Dinyatakan dalam Persamaan (2-12).

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-12)$$

keterangan:

G = *gain* antena (dB)

U_m = intensitas radiasi antena (watt)

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

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

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-13)$$

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 antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator isotropis* sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktisnya *gain* antena biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antena 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:

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-14)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-15)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-16)$$

keterangan:

G = *gain* antena uji (dB)

P_U = daya yang diterima antena uji (W)

P_R = daya yang diterima antena referensi (W)

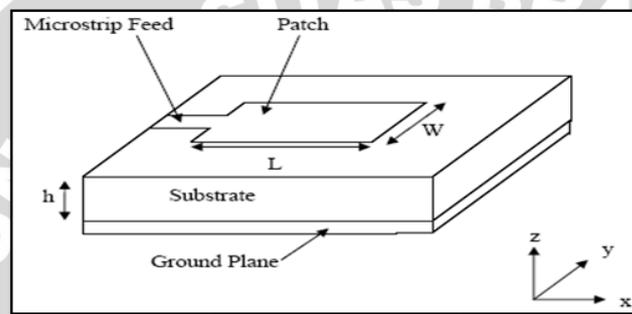
2.1.2 Antena Mikrostrip

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 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.

2.1.2.1 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

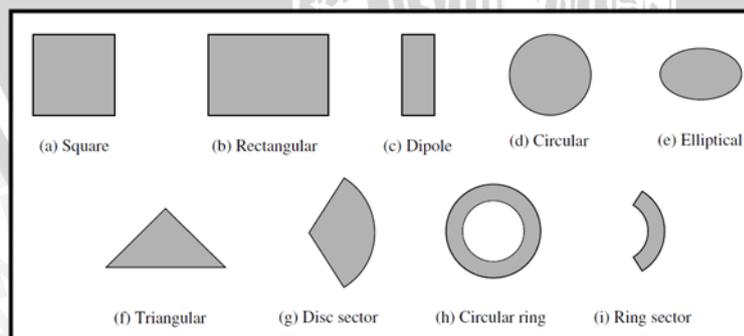
Antena mikrostrip merupakan antena yang terdiri dari elemen konduktor (sebagai elemen radiasi), yang diletakkan di bidang tanah (*ground plane*) dimana di antaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip memiliki kelebihan seperti bobot yang ringan serta ukuran yang kecil, mampu beroperasi pada *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*. Empat elemen seperti **Gambar 2.4**.



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* antena mikrostrip
Sumber: Balanis, 2005:813

Substrat dielektrik berada di lapisan antara *patch* dan *ground*. Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_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 antena, pemilihan substrat

sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya (Balanis, 2005:812).

Feed atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena 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 antena, terlebih dahulu perlu memahami parameter-parameter antena itu sendiri. Parameter-parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan penelitian ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi kinerja suatu antena.

2.1.2.2 Dimensi Antena Mikrostrip

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2-17)$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-18) sebagai berikut :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-18)$$

Keterangan :

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.1.2.2.1 Dimensi Elemen Peradiasi Kotak

Untuk menentukan lebar elemen peradiasi kotak (W), dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-19) sebagai berikut :

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2-19)$$

Sedangkan untuk menentukan panjang elemen peradiasi (L), terlebih dahulu harus ditentukan konstanta dielektrik efektif yang dinyatakan dengan Persamaan (2-20) sebagai berikut :

$$\varepsilon_{\text{reff}} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2-20)$$

Sehingga panjang elemen peradiasi (L) dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-21) sebagai berikut :

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\varepsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L \quad (2-21)$$

dengan:

$$\Delta L = (0,412h) \frac{(\varepsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\varepsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2-22)$$

2.1.2.2.2 Dimensi Elemen Peradiasi Lingkaran

Untuk menentukan radius elemen peradiasi lingkaran, dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-23) sebagai berikut:

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \varepsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-23)$$

Keterangan :

a = jari-jari elemen peradiasi (cm)

h = ketebalan substrat (m)

ε_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Sedangkan fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi lingkaran dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-24) sebagai berikut :

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-24)$$

Keterangan :

f_r = frekuensi kerja pada antena (GHz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.1.2.2.3 Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-25) (Liao, 1987 : 140) :

$$W_o = \left(\frac{k}{Z_o}\right) \left(\frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}}\right) \quad (2-25)$$

Keterangan :

W_o = lebar saluran transmisi (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas (Ω)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_o = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan (F/m)

Untuk menghitung panjang saluran transmisi dapat dinyatakan dengan Persamaan (2-26) sebagai berikut :

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

Keterangan :

L_o = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

Sedangkan untuk mengetahui panjang *inset feed* dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

- a. Elemen peradiasi kotak

$$R_{in}(y = y_o) = R_{in}(y = 0) \cos^2\left(\frac{\pi}{L} y_o\right) \quad (2-27)$$

Keterangan :

y_o = kedalaman saluran transmisi yang menjorok ke dalam elemen peradiasi (mm)

L = panjang elemen peradiasi (mm)

- b. Elemen peradiasi lingkaran

$$y_o = 0,3d \quad (2-28)$$

Keterangan :

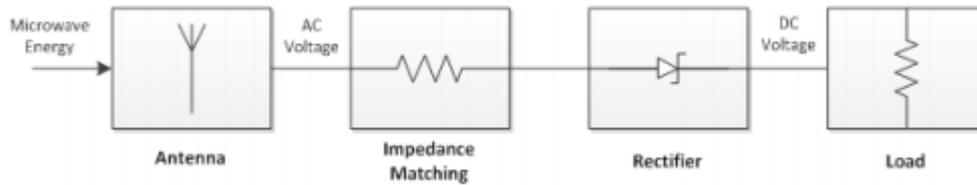
y_o = kedalaman saluran transmisi yang menjorok ke dalam elemen peradiasi (mm)

d = diameter elemen peradiasi (mm)

2.2 Rectenna

Rectenna merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu sebuah teknologi yang memanfaatkan gelombang elektronik untuk dikonversi ke energi listrik. *Rectenna* pertama kali ditemukan oleh W. C Brown pada tahun 1960. Rectenna yang saat ini dikembangkan memungkinkan kita bisa mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektronik yang ada di sekitar, hal tersebut karena *rectenna* terdiri dari komponen pasif dan *diode* yang dapat menerima dan memperbaiki daya gelombang mikro menjadi tegangan DC. Sumber listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menjalankan alat elektronik yang punya daya listrik rendah seperti sebuah sensor (Escala, 2010).

Secara umum perancangan *rectenna* dengan frekuensi RF terdiri dari antena, rangkaian *impedance matching*, *filter* dan *rectifier* yang diteruskan ke beban. Blog diagram seperti **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Blok Diagram *Rectenna* dengan RF frekuensi
Sumber: Dan S, tefan Tudose, 2013

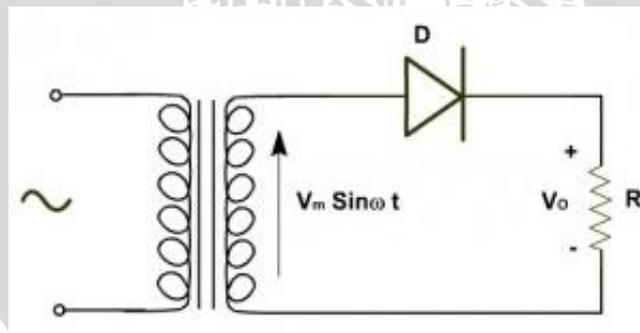
2.2.1 *Rectifier*

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).

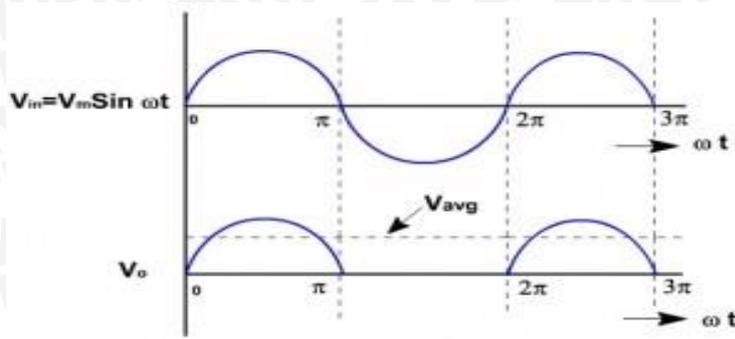
2.2.1.1 *Rectifier* Setengah Gelombang

Rectifier jenis ini hanya menggunakan 1 buah diode sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Dengan anoda pada positif *load* dan katoda pada transformator atau pada sumber AC. Untuk lebih jelasnya dapat digambarkan dengan **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Rangkaian *Rectifier* setengah gelombang
Sumber: Elektronika Dasar, 2012

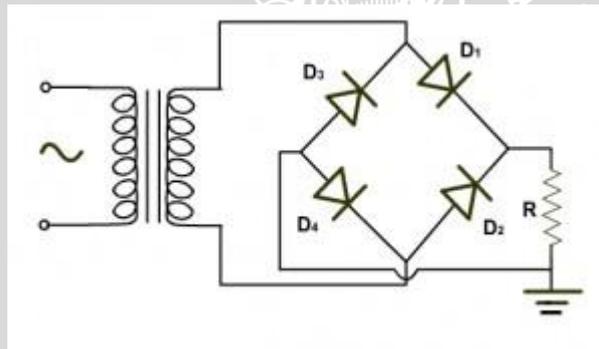
Prinsip kerja penyearah setengah gelombang adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif maka dioda mendapat bias maju sehingga arus (i) mengalir ke beban, dan sebaliknya bila sinyal input berupa siklus negatif maka dioda mendapat bias mundur sehingga tidak mengalir arus. Selama input tegangan berada pada setengah siklus positif, dioda D1 aktif dan arus akan lewat ke beban. Sehingga sinyal *output* seperti **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Gelombang masuk dan keluar *rectifier* setengah gelombang
Sumber: Elektronika Dasar, 2012

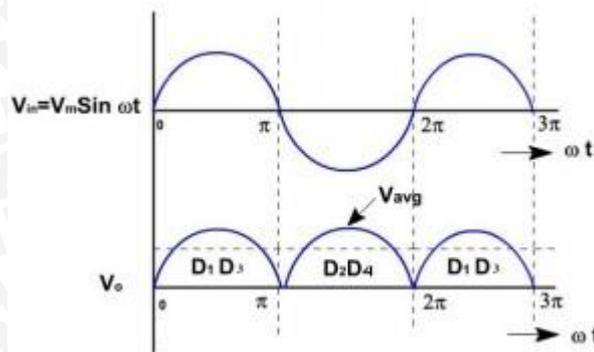
2.2.1.2 Rectifier Gelombang Penuh

Rectifier jenis ini menggunakan 4 diode yang dirangkai secara *bridge*. Untuk lebih jelasnya dapat digambarkan dengan **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Rangkaian *Rectifier* gelombang penuh
Sumber: Elektronika Dasar, 2012

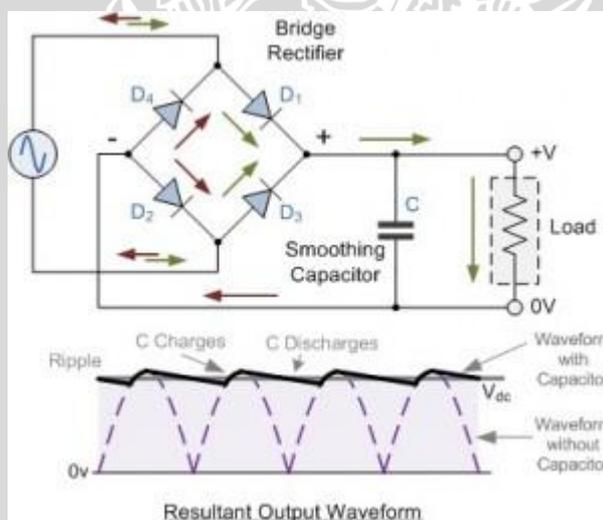
Prinsip kerja *rectifier* gelombang penuh adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif, maka D1 dan D4 aktif, sedangkan D2 dan D3 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Pada saat sinyal siklus negatif maka D2 dan D3 aktif, sedangkan D1 dan D4 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D3. Sehingga sinyal *output* seperti **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Gelombang masuk dan keluar *rectifier* gelombang penuh
 Sumber: Elektronika Dasar, 2012

2.2.1.3 Rectifier Gelombang Penuh Dengan Filter

Supaya *output* rectifier sinyalnya mendekati DC murni, maka harus mengurangi *ripple*. Sesuai dengan teori di atas, maka gelombang sudah bernilai positif dan perlu ditambahkan komponen kapasitor untuk mengurangi *ripple* dan di rangkaian seperti **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Rangkaian serta gelombang masuk dan keluar *rectifier* gelombang penuh dengan filter kapasitor
 Sumber: Elektronika Dasar, 2012

Dalam penyearah, kita tidak memperoleh arus searah murni melainkan arus searah yang berubah secara periodik, jadi arus searah ini mengandung komponen arus bolak-balik. Variasi tegangan ini disebut riak tegangan. Riak tegangan pada penyearah gelombang penuh lebih kecil dari riak tegangan pada penyearah setengah gelombang. Untuk lebih memperkecil riak tegangan ini digunakan filter yang bertugas untuk meloloskan komponen

searah dan mencegah komponen bolak-balik. Dengan menambahkan kapasitor paralel dengan beban, maka riak tegangan akan sangat ditekan. Sebagaimana kita ketahui, kapasitor dapat menyimpan energi. Pada saat tegangan sumber naik, kapasitor akan terisi sampai mencapai tegangan maksimum. Pada saat tegangan sumber menurun, kapasitor akan melepaskan energi yang disimpannya melalui beban (karena pada saat ini dioda tidak konduksi). Dengan demikian beban akan tetap memperoleh aliran energi walaupun dioda tidak konduksi. Selanjutnya bila dioda konduksi lagi, kapasitor akan terisi dan energi yang tersimpan ini akan dilepaskan lagi pada waktu dioda tidak konduksi; dan demikian seterusnya. Filter semacam ini tentu saja dapat pula digunakan pada penyearah gelombang penuh (Elektronika Dasar, 2015).

2.3 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. 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 dihubung singkat maka akan muncul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi – konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini beresilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap periode gelombang itu.

2.4 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik memiliki frekuensi yang bermacam – macam yaitu mulai dari 1Hz – 10^{21} Hz.

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.

2.4.2 Sinar Inframerah

Terahertz dan inframerah ini biasanya digunakan pada telekomunikasi, pengobatan, dan *night vision*.

2.4.3 Sinar Tampak

Membantu penglihatan mata manusia dan merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan sinar laser dalam serat optik pada bidang telekomunikasi.

2.4.4 Sinar Ultraviolet

Biasanya bisa digunakan untuk proses fotosintesis pada tumbuhan, membantu pembentukan vitamin D pada tubuh manusia. Dengan peralatan khusus dapat digunakan untuk membunuh kuman penyakit, menyucihamakan ruangan operasi rumah sakit berikut instrumen-instrumen pembedahan dan untuk memeriksa keaslian tanda tangan di bank-bank.

2.4.5 Sinar X (*Rontgen*)

Sinar ini dimanfaatkan di bidang kesehatan kedokteran untuk memotret organ-organ dalam tubuh (tulang), jantung, paru-paru, melihat organ dalam tanpa pembedahan, foto Rontgen. Untuk analisa struktur bahan / kristal. Mendeteksi keretakan / cacat pada logam serta memeriksa barang-barang di bandara udara / pelabuhan

2.4.6 Sinar Gamma

Sinar ini dimanfaatkan dunia kedokteran untuk terapi kanker, untuk sterilisasi peralatan rumah sakit, makanan, bahan makanan kaleng. Untuk pembuatan varietas tanaman unggul tahan penyakit dengan produktivitas tinggi. Untuk mengurangi populasi hama tanaman (serangga). Untuk mendeteksi keretakan /cacat pada logam (seperti kegunaan sinar X juga). Untuk sistem perunut aliran suatu fluida (misalnya aliran PDAM), mendeteksi kebocoran.

2.4.7 Bahaya Gelombang Elektromagnetik

Dari beberapa gelombang elektromagnetik diatas maka bahaya yang dapat ditimbulkan gelombang elektromagnetik yaitu:

1. Dapat menyebabkan kanker kulit (Sinar ultraviolet)
2. Dapat menyebabkan katarak mata(Sinar ultraviolet)
3. Dapat menyebabkan rendahnya produk ganggang (Sinar ultraviolet)
4. Dapat menghitamkan warna kulit (Sinar ultraviolet)
5. Dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh (Sinar ultraviolet)
6. Dapat menyebabkan kemandulan (Sinar gamma)
7. Dapat menyebabkan kerusakan sel/jaringan hidup manusia (Sinar X dan terutama sinar gamma)