

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Pengertian Dasar 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. Selain itu, antena merupakan media peralihan antara ruang bebas dengan saluran transmisi (Balanis, 1982:1).

**2.2 Parameter Dasar Antena**

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.

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

**2.2.1 Impedansi Terminal Antena**

Impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada terminalnya, yang dinyatakan dalam persamaan (2-1)(Balanis,2008:34).

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

Dengan :

$Z_A$  = impedansi terminal antena ( $\Omega$ )

$R_A$  = resistansi terminal antena ( $\Omega$ )

$X_A$  = reaktansi terminal antena ( $\Omega$ )

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

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

Sehingga diperoleh:

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

dengan:

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

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

$\Gamma$  = koefisien pantul

### 2.2.2 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan maksimum dengan tegangan minimum gelombang berdiri pada saluran transmisi. Nilai VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan (2-4).

$$VSWR = \frac{V_{MAKS}}{V_{MIN}} = \frac{V_0^+ + V_0^-}{V_0^+ - V_0^-} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots(2-4)$$

Koefisien pantul antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan gelombang pantul dengan tegangan gelombang datang. Nilai koefisien pantul dapat dinyatakan dengan persamaan (2-5).

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots\dots\dots(2-5)$$

Dengan:

$V_0^-$  = tegangan gelombang pantul

$V_0^+$  = tegangan gelombang datang

Untuk matching sempurna antara transmitter dan antenna, maka nilai VSWR=1, yang berarti semua sinyal keluaran transmitter dipancarkan oleh antenna dan tidak ada sinyal yang dipantulkan. Namun kondisi seperti ini pada kenyataannya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, standar nilai VSWR yang diijinkan untuk fabrikasi adalah  $1 < VSWR < 2$ .

### 2.2.3 Return loss

*Return loss* atau S11 antenna didefinisikan sebagai salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Nilai S11 dapat dinyatakan dengan persamaan (2-6)(Punit,2004:19).

$$S11 = 20 \log |\Gamma| \dots\dots\dots(2-6)$$

Untuk matching sempurna antara transmitter dan antenna, maka nilai  $\Gamma=0$  dan S11= $\infty$  yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika  $\Gamma=1$  dan S11=0 dB maka semua daya dipantulkan. Namun kondisi seperti ini pada kenyataannya sangat sulit didapatkan. Oleh karena itu, standar nilai S11 yang diijinkan untuk fabrikasi adalah S11 < -10 dB.

### 2.2.4 Bandwidth

*Bandwidth* antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana pada frekuensi tersebut antenna dapat bekerja secara optimal. Untuk antenna *broadband*, *bandwidth*

dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja. Untuk antena *narrowband*, *bandwidth* dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi atas dan bawah terhadap frekuensi tengah dalam rentang frekuensi kerja.

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen ( $B_p$ ) atau sebagai *bandwidth* rasio ( $B_R$ ) dapat dinyatakan dengan persamaan di bawah ini (Punit,2004:22).

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

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

$$B_R = \frac{f_u}{f_l} \dots\dots\dots(2-9)$$

Dengan:

$B_p$  = *bandwidth* dalam persen (%)

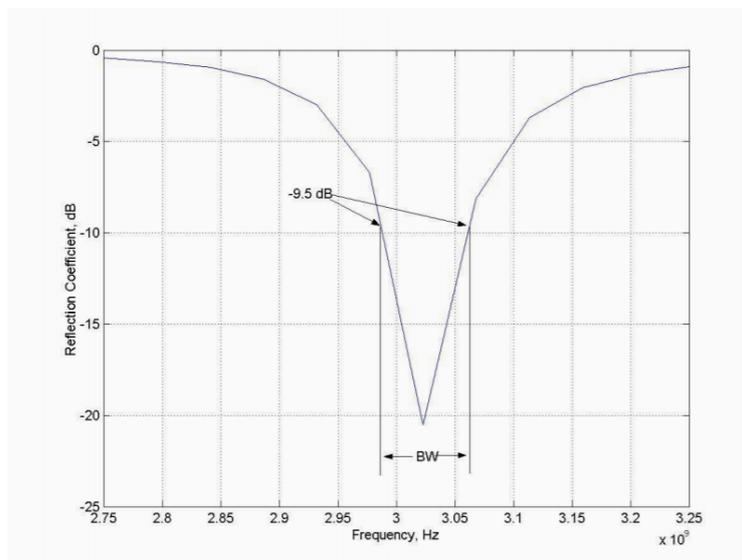
$B_R$  = *bandwidth* rasio

$f_u$  = frekuensi atas (GHz)

$f_l$  = frekuensi bawah (GHz)

$f_c$  = frekuensi tengah (GHz)

Untuk lebih jelasnya mengenai gambar dari hasil pengukuran *bandwidth* dapat dilihat dalam Gambar 2.1. Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*.



Gambar 2.1 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan plot *return loss*  
Sumber: Punit (2004:22).

### 2.2.5 Polarisasi

Polarisasi suatu antena didefinisikan sebagai “polarisasi dari gelombang yang diradiasikan pada saat antena dibangkitkan atau dioperasikan”. Dengan kata lain, “polarisasi

gelombang datang dari arah yang diberikan yang menghasilkan daya maksimum pada terminal antena”. Dalam praktik, polarisasi dari energi yang diradiasikan berubah menurut arah antena, sehingga dengan pola yang berbeda akan memungkinkan mempunyai polarisasi yang berbeda pola. Polarisasi antena dibedakan menjadi 3 : polarisasi linier, polarisasi lingkaran dan polarisasi elips (Balanis,2005:72).

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi, merupakan sifat-sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan perubahan arah dan nilai relatif vektor medan listrik sebagai fungsi waktu. Jika vektor yang dilukiskan pada suatu titik sebagai fungsi dari waktu selalu terarah pada suatu garis, medan ini dikatakan terpolarisasi linier. Bila jejak medan listrik berbentuk elips, maka medan dikatakan terpolarisasi elips. Suatu keadaan khusus dari polarisasi elips adalah polarisasi lingkaran dan polarisasi linier.

### 2.2.6 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).

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta,\phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-10)$$

*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 sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal input) antena dibagi dengan  $4\pi$ . Dinyatakan dalam persamaan (2-11).

$$G = 10 \times \log \frac{4\pi \times U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \dots\dots\dots (2-11)$$

Dengan:

G = *gain antenna* (dB)

Um = intensitas radiasi antena (*watt*)

Pin = 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 antenna mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antenna referensi yang digunakan berupa sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga:

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan) } \dots\dots\dots (2-12)$$

### 2.2.7 Directivity

Keterarahan (*Directivity*) pada antenna didefinisikan sebagai “perbandingan antara intensitas radiasi pada titik tertentu dari antenna dengan intensitas radiasi rata-rata pada segala titik dari antenna”. Dengan kata lain, directivitas dari sumber *nonisotropic* setara atau sebanding dengan perbandingan intensitas radiasi yang diberikan pada segala arah pada sumber isotropis (Punit, 2004:16). Keterarahan dapat diperoleh menggunakan persamaan (2-13).

$$D = \frac{u}{u_i} = \frac{4\pi u}{P_{rad}} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dengan :

$D$  = keterarahan antenna (dBi)

$U$  = intensitas radiasi antenna (W/satuan sudut ruang)

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

$P_{rad}$  = total daya yang diradiasikan (W)

Pada kondisi tertentu arah dari *directivity* tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu, pada kondisi ini arah dari radiasi maksimal dapat diikutsertakan. Maka nilai *directivity* dapat diperoleh dari persamaan dibawah :

$$D_{max} = \frac{U_{max}}{u_i} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \dots\dots\dots (2-14)$$

Dengan :

$D_{max}$  = keterarahan maksimal (dBi)

$U_{max}$  = intensitas radiasi maksimal (dB)

Keterarahan diukur menggunakan satuan dBi karena menggunakan perbandingan isotropis. Kemampuan directivitas suatu antenna dapat dengan mudah ditinjau melalui pola radiasi antenna. Apabila main lobe pada pola radiasi antenna tersebut sempit maka *directivity* semakin bagus. Namun apabila melebar maka dapat dikatakan directivitas nya kurang baik (Punit, 2004:16)

### 2.2.8 Pola Radiasi

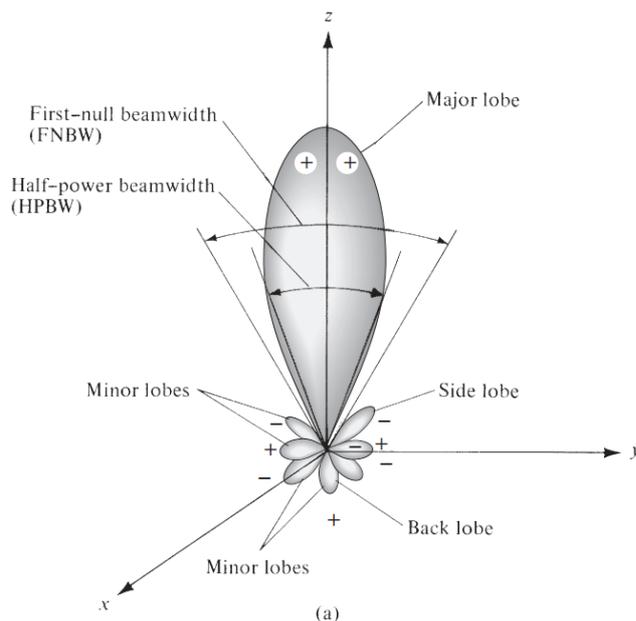
Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan (*field*

*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”. Meskipun 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. 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 :

- a. *Main lobe* : Arah radiasi maksimum pada antenna.
- 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 2.2 Pola Radiasi  
Sumber: Balanis (2005:30).

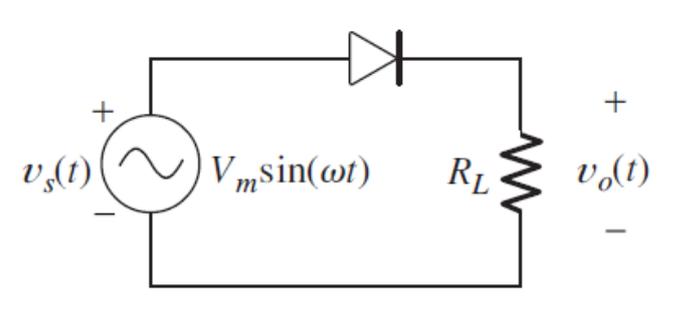
## 2.3 Rectifier

*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).

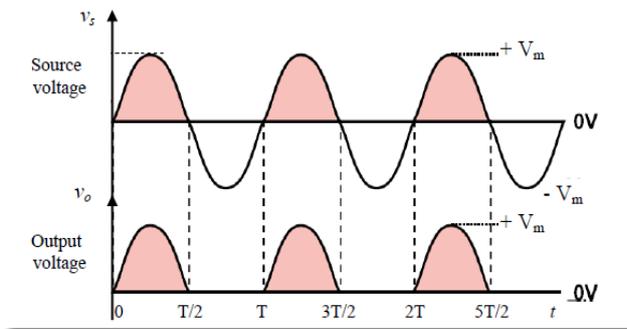
### 2.3.1 Rectifier Setengah Gelombang

*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 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian *rectifier* setengah gelombang  
Sumber: Hambley (2011:492).

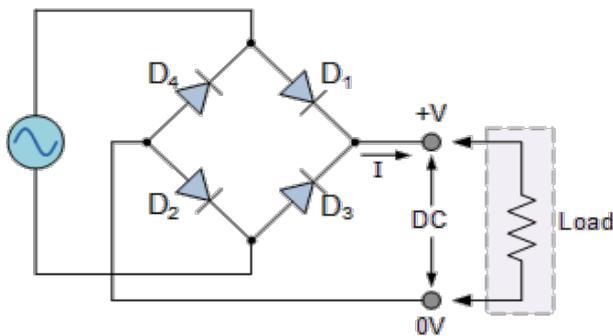
Dioda pada rangkaian *rectifier* setengah gelombang berfungsi untuk menghambat sisi negatif dari gelombang sumber tegangan bolak-balik (AC) dan melewatkan sisi positif nya. Pada sisi positif dari gelombang tegangan bolak-balik (AC) , *diode* akan dibias maju dan akan berfungsi sebagai *closed switch* sehingga sumber tegangan akan langsung terhubung ke beban. Namun ketika sisi negatif dari gelombang tegangan bolak-balik (AC), dioda akan dibias mundur dan akan berfungsi sebagai *open switch* sehingga tegangan tidak akan terhubung dengan beban. (Hambley,2011:492) Gelombang masukan dan keluaran pada rangkaian *rectifier* setengah gelombang akan dijelaskan melalui gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tegangan masukan dan keluaran pada *rectifier* setengah gelombang  
Sumber: Hambley (2011:492).

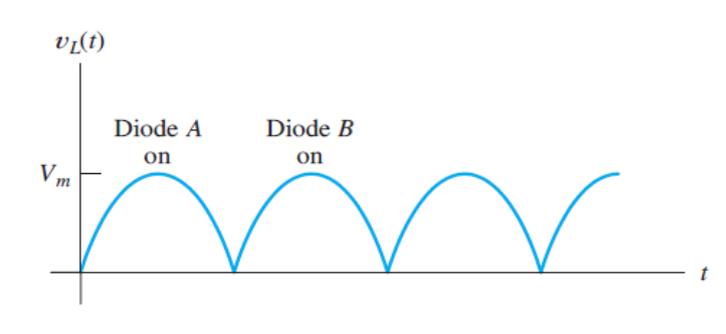
### 2.3.2 Rectifier Gelombang Penuh

*Rectifier* jenis ini menggunakan 4 dioda yang dirangkai secara bridge. Untuk lebih jelasnya dapat digambarkan dengan gambar 2.5



Gambar 2.5 Rangkaian *rectifier* gelombang penuh  
Sumber: <http://www/electronics-tutorials.ws/>

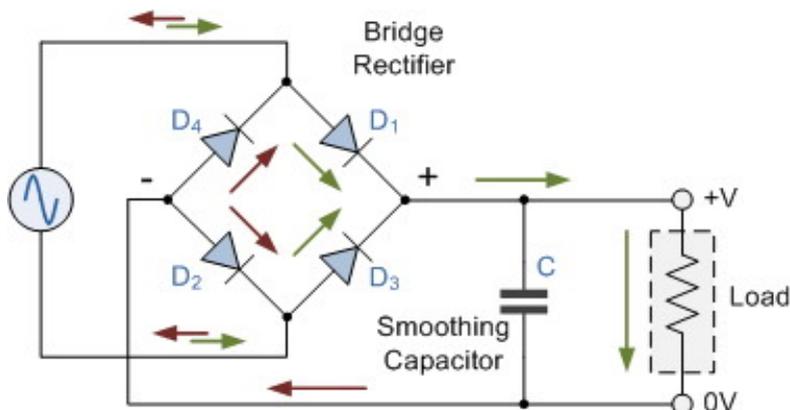
Prinsip kerja *rectifier* gelombang penuh adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif, maka D1 dan D2 aktif, sedangkan D3 dan D4 tidak aktif, sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan dilewatkan melalui D1 ke D2. Pada saat sinyal siklus negatif maka D3 dan D4 aktif, sedangkan D1 dan D2 tidak aktif sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D3 ke D4. Sehingga sinyal *output* seperti gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tegangan keluaran pada *rectifier* gelombang penuh  
Sumber: Hambley (2011:495).

### 2.3.3 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 2.7.

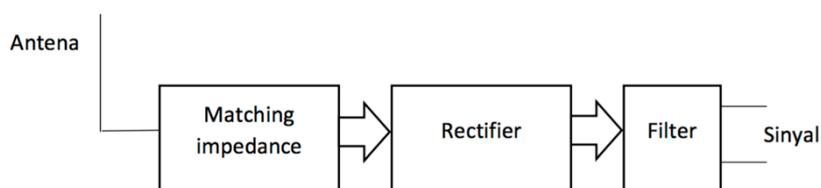


Gambar 2.7 Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan filter

Sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/>

### 2.4 Pengertian Dasar Rectenna

Kombinasi dari *rectifier* dan antenna. Energi nirkabel dapat dikumpulkan oleh antenna pada dioda *rectifier* melalui *filter* dan sirkuit yang cocok. *Rectenna* dapat memungkinkan kita untuk mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektronik yang ada di sekitar. Secara umum perancangan *rectenna* terdiri dari antenna, rangkaian *impedance matching*, *filter*, dan *rectifier* seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Blok diagram *rectenna* dengan RF Frekuensi

Sumber: Zhang (2013).

*Impedance matching* ini sangat dibutuhkan dalam *interface* pada *transmitter* dan *receiver*. Jika rangkaian telah *matching*, daya yang ditransferkan akan maksimum dan memiliki *losses* yang kecil. Impedansi *matching* adalah hal yang penting dalam rentang frekuensi gelombang mikro. Suatu saluran transmisi yang diberi beban yang sama dengan impedansi karakteristik mempunyai *standing wave ratio* (SWR) bernilai satu, sehingga dalam pentransmisiannya tanpa ada gelombang yang terpantul. Hal ini menyebabkan efisiensi transmisi menjadi optimum. Karena *output rectenna* adalah tegangan DC, maka

daya keluaran dapat dihitung pada tahanan beban dengan menggunakan rumus 2-15 (Zhang, 2013).

$$P_{out} = \frac{V_{out,DC}^2}{R_{Load}} \dots\dots\dots (2-15)$$

dengan:

$P_{out}$  = Daya keluaran (W)

$V_{out,DC}$  = Tegangan keluaran DC yang terukur pada kapasitor (V)

$R_{Load}$  = Hambatan beban ( $\Omega$ )