

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*

*WiMAX* merupakan teknologi broadband telekomunikasi yang mampu menyediakan kecepatan akses yang tinggi dan jarak yang jauh. Yang membedakan *WiMAX* dengan Wi-Fi adalah standar teknis yang berada didalamnya. Jika Wi-Fi menggabungkan standar dari IEEE 802.11 dengan ETSI (European Telecommunication Standards Intitute) HiperLAN sebagai standar teknis yang cocok untuk keperluan WLAN, sedangkan *WiMAX* merupakan penggabungan antara standar IEEE 802.16 dengan standar ETSI HiperMAN.

Sebagai teknologi yang berbasis frekuensi, kesuksesan *WiMAX* sangat bergantung pada ketersediaan dan kesesuaian spektrum frekuensi. Sistem Wireless mengenal dua jenis band frekuensi yaitu licensed band dan unlicensed band. Dimana licensed band membutuhkan lisensi atau otoritas dari pihak regulasi. Licensed band diberikan hak eksklusif untuk menyelenggarakan untuk layanan pada area tertentu. Sementara unlicensed band yang tidak membutuhkan lisensi dalam penggunaannya memungkinkan seseorang menggunakan frekuensi secara bebas di semua area.

Forum resmi *WiMAX* telah menetapkan 2 band frekuensi utama pada sertifikasinya yaitu untuk fixed *WiMAX* (band 3.5 GHz dan 5.8 GHz), sementara untuk mobile *WiMAX* ditetapkan 4 band frekuensi pada sistem profile pertama yaitu band 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, dan 3.5 GHz. Secara umum dari alternatif band yang ada diatas band frekuensi 3.5 GHz menjadi mayoritas Fixed *WiMAX* di beberapa negara, terutama untuk negara-negara di Eropa, Canada, Timur-Tengah, Australia dan sebagian Asia. Sementara frekuensi mayoritas untuk Mobile *WiMAX* adalah 2.5 GHz. Band 3.5 GHz sendiri di Indonesia digunakan oleh satelit Telkom dan PSN untuk memberikan layanan IDR dan broadcast TV.

#### 2.2 **Dasar Antena**

Antena merupakan tranduser yang mengubah arus listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke udara atau sebaliknya. Dalam sistem komunikasi radio, gelombang elektromagnetik berjalan dari pemancar ke penerima melalui udara dan diperlukan antena pada kedua ujung tersebut untuk menghubungkan antara

pemancar dan penerima (Krauss, 1988). Berdasarkan hal tersebut, antena dapat dibedakan menjadi antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005:1)

Perancangan antena yang baik tercapai ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya secara maksimum pada arah yang diharapkan oleh penerima. Syarat-syarat antena yang harus dipenuhi agar hal tersebut terwujud adalah antena harus mempunyai sifat yang sesuai dengan media kabel pencatunya (*match impedance*), memiliki frekuensi yang bekerja pada nilai *VSWR* antara 1 sampai 2 atau nilai *return loss* lebih kecil dari -10 dB, dapat memancarkan dan menerima energi gelombang elektromagnetik dengan arah, polarisasi, dan pola radiasi yang sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan, serta memiliki nilai *gain* sesuai kebutuhan.

### 2.3 Parameter Antena

Parameter antena merupakan hal-hal yang digunakan untuk menentukan unjuk kerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, akan dijabarkan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi unjuk kerja suatu antena.

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

*VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)* adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan tegangan minimum pada suatu gelombang berdiri (*standing wave*) akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan oleh impedansi input antena yang kurang *matching* dengan saluran pencatu. Oleh karena itu, *VSWR* harus diperhatikan saat pemasangan antena untuk mendapatkan hasil yang baik. Koefisien pantul sangat menentukan besarnya *VSWR* antena, seperti dinyatakan oleh persamaan (Krauss, 1988: 833):

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

dengan koefisien pantul ( $\Gamma$ ) dapat diperoleh dari persamaan :

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

keterangan :

- $\Gamma$  = koefisien pantul
- $P_r$  = daya terpantul (W)
- $P_{out}$  = daya keluaran (W)



Apabila ketika gelombang listrik mengalir sepanjang saluran pencatu dari pemancar ke antenna ada arus balik yang timbul dari antenna ke pemancar, maka arus balik ini akan menyebabkan interferensi dengan arus yang mengalir ke antenna. Hal ini menyebabkan superposisi arus tersebut akan membesar dan mengecil sesuai besarnya arus balik yang berarti nilai *VSWR* berbanding lurus dengan arus balik. Semakin besar nilai arus balik, maka nilai *VSWR* juga akan menjadi semakin tinggi yang mengakibatkan semakin besar pula *mismatch* antenna. Sebaliknya, semakin kecil nilai *VSWR* maka antenna semakin *matching*. Oleh karena itu, antenna dikatakan dapat bekerja dengan baik apabila memiliki nilai *VSWR* antara 1 sampai 2.

### 2.3.2 Return Loss

Seperti *VSWR*, *return loss* merupakan parameter yang menentukan *matching* tidaknya antenna dan pemancar dengan mengetahui besarnya daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Antenna yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB. Hal ini menandakan 90% sinyal dapat diserap dan 10% sinyal terpantulkan kembali. Nilai tersebut dapat dicari dengan menggunakan koefisien pantul ( $\Gamma$ ) yang merupakan perbandingan antara tegangan gelombang pantul dengan tegangan gelombang maju seperti yang didefinisikan sebagai (Punit, 2004: 19):

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

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

dengan

$\Gamma$  = koefisien pantul

$V_r$  = tegangan gelombang pantul (Volt)

$V_i$  = tegangan gelombang maju (Volt)

$RL$  = *return loss* (dB)

Ketika pemancar dan antenna dalam kondisi *matching* sempurna, nilai  $\Gamma = 0$  dan  $RL = \infty$  yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan. Sebaliknya, jika  $\Gamma = 1$  dan  $RL = 0$  dB berarti semua daya dipantulkan.

### 2.3.3 Bandwidth

Pemakaian sebuah antenna dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya yang disebut dengan *bandwidth* antenna. *Bandwidth* merupakan daerah frekuensi dimana antenna dapat bekerja dengan optimal dan telah

memenuhi standar yang telah ditentukan, diantaranya nilai *VSWR* diantara 1 sampai 2 dan nilai *return loss* dibawah -10 dB.

Frekuensi kerja berpengaruh terhadap antena sebab antena terdiri dari suatu rangkaian induktansi dan kapasitansi, yang sebagai hasilnya menghasilkan frekuensi kerja antena. Frekuensi ini merupakan frekuensi ketika reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif antena saling meniadakan sehingga pada titik ini antena hanya memiliki resistansi murni yang terdiri dari rugi-rugi resistansi dan resistansi radiasi. Kapasitansi dan induktansi antena ditentukan oleh sifat fisik dan lingkungan dimana dia berada. Faktor paling utama dari desain antena adalah dimensi antena. Semakin besar antena, semakin rendah frekuensi kerjanya dan sebaliknya. Hal ini menyebabkan antena yang digunakan untuk aplikasi gelombang pendek memiliki dimensi yang besar.

*Bandwidth* antena dapat dinyatakan dalam persen maupun rasio. *Bandwidth* yang dinyatakan dalam persen merupakan selisih batas atas dan batas bawah frekuensi dibanding frekuensi tengah antena. *Bandwidth* dalam persen biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* antena yang memiliki *band* sempit (*narrow band*). Sedangkan *bandwidth* antena yang memiliki *band* lebar (*broad band*) biasanya menggunakan definisi rasio antara batas frekuensi atas dengan frekuensi bawah. (Balanis, 2005 : 70). Suatu antena disebut memiliki band lebar apabila rasio antara batas frekuensi atas ( $f_H$ ) dan frekuensi bawah ( $f_L$ ) lebih besar dari 2 (Stutzman, 1998 : 11).

Berdasarkan definisi tersebut, *bandwidth* antena dalam persen ( $BW_{narrowband}$ ) dan *bandwidth* rasio ( $BW_{broadband}$ ) dinyatakan sebagai::

$$BW_{narrowband} = \frac{f_H - f_L}{f_c} \times 100\% \quad (2-5)$$

$$f_c = \frac{f_H + f_L}{2} \quad (2-6)$$

$$BW_{broadband} = \frac{f_H}{f_L} \quad (2-7)$$

keterangan:

$BW_{narrowband}$  = *bandwidth* dalam persen (%)

$BW_{broadband}$  = *bandwidth* rasio

$f_c$  = frekuensi tengah (Hz)

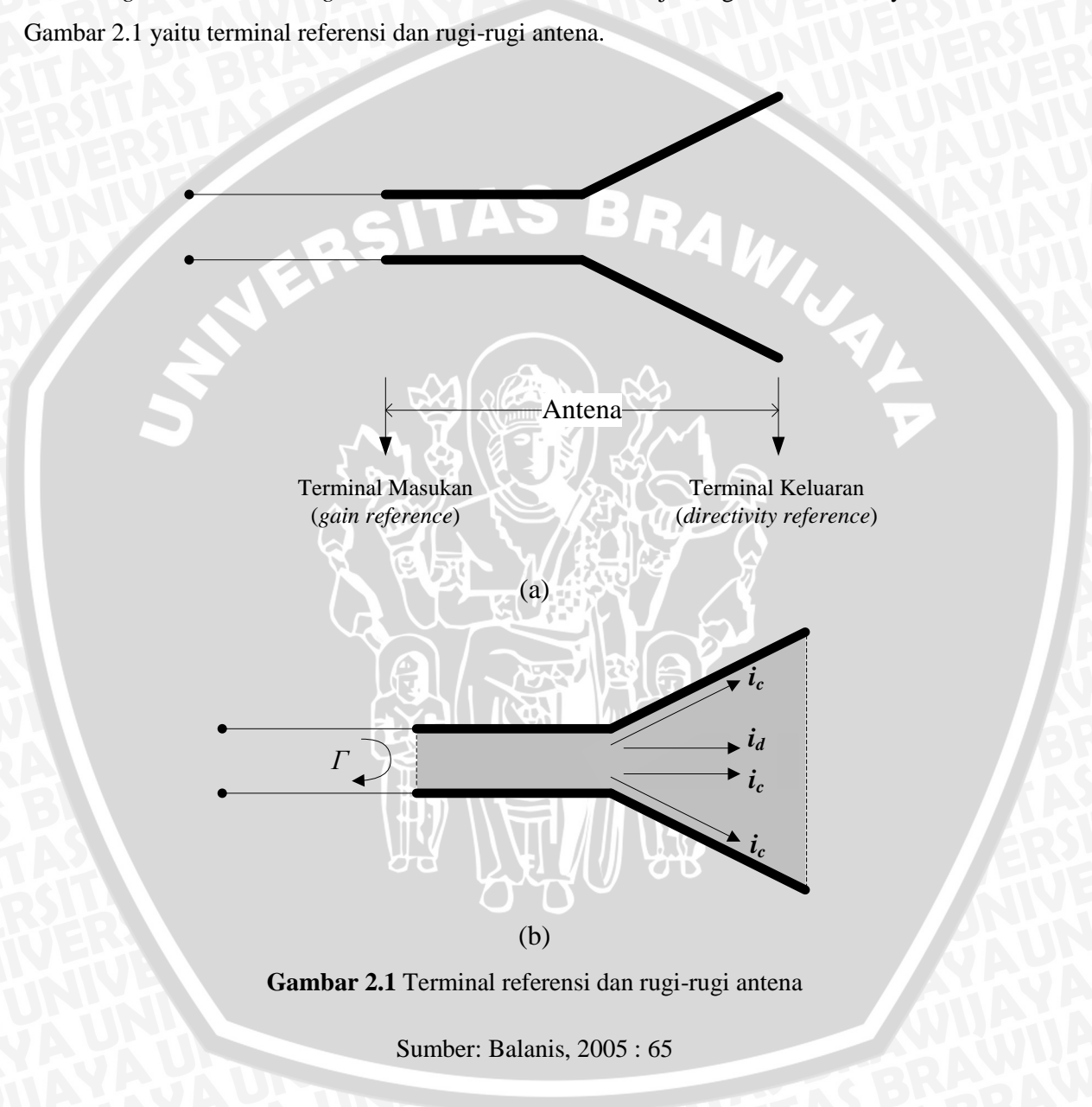
$f_H$  = jangkauan frekuensi atas (Hz)

$f_L$  = jangkauan frekuensi bawah (Hz)



### 2.3.4 Gain

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antenna adalah *gain* (penguatan). Meski *gain* antenna erat kaitannya dengan *directivity*, *gain* adalah pengukuran yang memperhitungkan efisiensi antenna maupun keterarahannya. *Gain* antenna dibedakan atas : *absolute gain* dan *relative gain*. Untuk membahas kedua jenis *gain*, ada baiknya melihat Gambar 2.1 yaitu terminal referensi dan rugi-rugi antenna.



**Gambar 2.1** Terminal referensi dan rugi-rugi antenna

Sumber: Balanis, 2005 : 65

*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  $4\pi$ . Dalam bentuk persamaan, hal ini dapat dinyatakan sebagai

$$G = 4\pi \frac{\text{radiation intensity}}{\text{total input power}} = 4\pi \frac{I(\theta, \varphi)}{P_{in}} \quad (2-8)$$

Dalam banyak kasus kita berhubungan dengan *relative gain* yang didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antenna referensi dalam arah 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

$$G = \frac{4\pi I(\theta, \varphi)}{P_{in}(\text{lossless isotropic source})} \quad (2-9)$$

Pada praktiknya pengukuran gain dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antenna referensi (biasanya antenna *dipole* standar) yang sudah diketahui nilai *gain*-nya (Stutzman, 1981: 39). Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah :

$$G = G_{ref} \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-10)$$

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-11)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-12)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-13)$$

dengan

$G$  = gain antenna uji (dB)

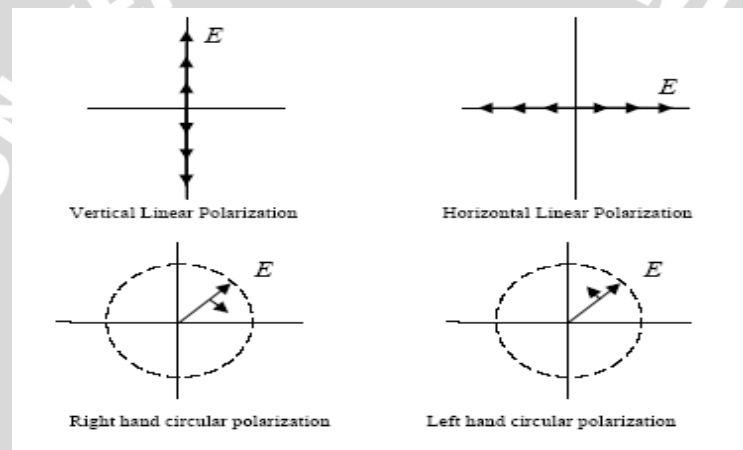
$G_{ref}$  = gain antenna referensi (dB)

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

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

### 2.3.5 Polarisasi

Polarisasi antenna adalah arah vektor medan listrik yang diradiasikan oleh antenna pada arah propagasi dan bervariasi menurut waktu. Pada praktiknya, polarisasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda. Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai polarisasi *linear* (linier), *circular* (lingkaran), atau *elliptical* (elips).



**Gambar 2.2** Bentuk Umum Polarisasi

(Punit S. Nakar, 2004: 21).

Polarisasi linier dan lingkaran merupakan kasus khusus dari polarisasi elips. Polarisasi linier merupakan polarisasi yang terjadi jika vektor medan listrik pada suatu titik selalu berorientasi sepanjang garis lurus yang sama sebagai fungsi waktu. Polarisasi linier ditentukan oleh posisi dan arah medan elektrik terhadap *ground* atau permukaan bumi sebagai acuan. Ketika medan elektrik sejajar dengan *ground*, maka disebut polarisasi horizontal dan disebut polarisasi vertikal apabila tegak lurus dengan *ground*. Polarisasi lingkaran merupakan polarisasi yang terjadi jika vektor medan listrik pada suatu titik membentuk suatu lingkaran sebagai fungsi waktu. Polarisasi elips merupakan polarisasi yang terjadi jika vektor medan elektrik pada suatu titik membentuk kedudukan elips sebagai fungsi waktu.



Polarisasi antenna dapat ditentukan melalui melalui *Axial Ratio (AR)*. *Axial Ratio* merupakan perbandingan antara *major axis* ( $E_{\text{major}}$ ) dan *minor axis* ( $E_{\text{minor}}$ ).

$$AR = \frac{E_{\text{major}}}{E_{\text{minor}}} \quad (2-14)$$

Sebuah antenna dikatakan memiliki polarisasi linear apabila nilai  $AR = \infty$ . Antenna dikatakan memiliki polarisasi lingkaran apabila nilai  $AR = 1$ . Sedangkan antenna dikatakan memiliki polarisasi elips apabila nilai  $AR$  berada pada rentang  $1 < AR < \infty$ .

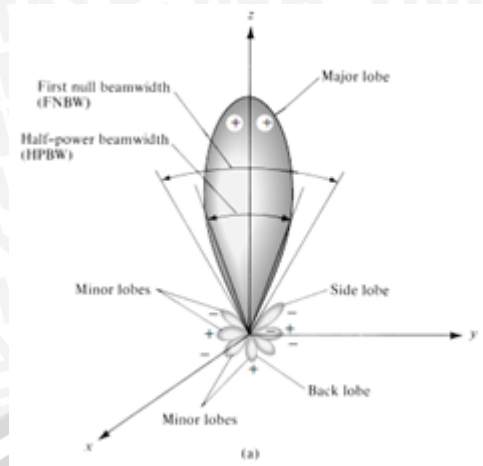
### 2.3.6 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna merupakan pernyataan grafis atau fungsi matematis sifat-sifat pemancaran antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Dalam kebanyakan kasus, pola radiasi ditentukan dalam daerah medan jauh dan direpresentasikan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 2005: 27).

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi isotropis, direksional, dan omni-direksional. *Radiator* isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antenna tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding pada semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna direksional adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna omni-direksional adalah antenna yang mempunyai pola direksional pada suatu bidang tertentu dan pola non-direksional pada bidang tegak lurus lainnya.

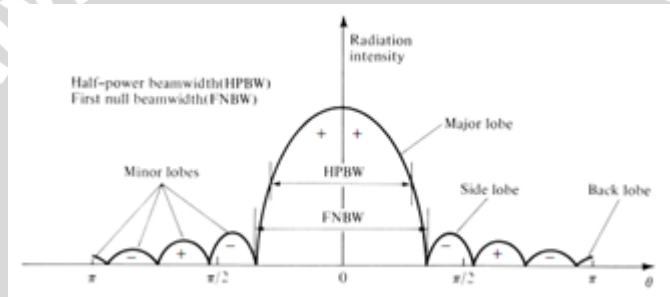
Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pola radiasi. Yang pertama adalah *Half-Power Beamwidth (HPBW)*, atau yang biasa dikenal sebagai *beamwidth* suatu antenna, adalah sudut dari selisih titik-titik pada setengah pola daya dalam *main lobe*. *HPBW* adalah lebar sudut pada 3 dB dibawah maksimum. Yang kedua adalah *First Null Beamwidth (FNBW)*, yaitu sudut yang dilingkupi oleh *main/major lobe* sebuah antenna. *Main lobe* adalah *lobe* radiasi yang mempunyai arah radiasi maksimum. *Minor lobes* (*side lobes*) adalah radiasi pada arah lain yang sebenarnya tidak diinginkan (Balanis, 2005: 31).





**Gambar 2.3** Pola Radiasi Antena

Sumber: Balanis, 2005: 30



**Gambar 2.4** Pola Radiasi Antena dalam Koordinat Square.

Sumber: Balanis, 2005: 30

Ukuran yang menyatakan berapa 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*. Atau dapat dinyatakan dengan persamaan (Stutzman, 1981: 29) :

$$SLL = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| (dB) \quad (2-15)$$

dengan :

$SLL$  = *Side Lobe Level*

$F(SLL)$  = nilai maksimum *Side Lobe*

$F(max)$  = nilai maksimum *Main Lobe*

Nilai  $F/B$  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*), sehingga nilai  $F/B$  adalah

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_l} \tag{2-16}$$

dengan

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

$P_m$  = daya puncak *main lobe*

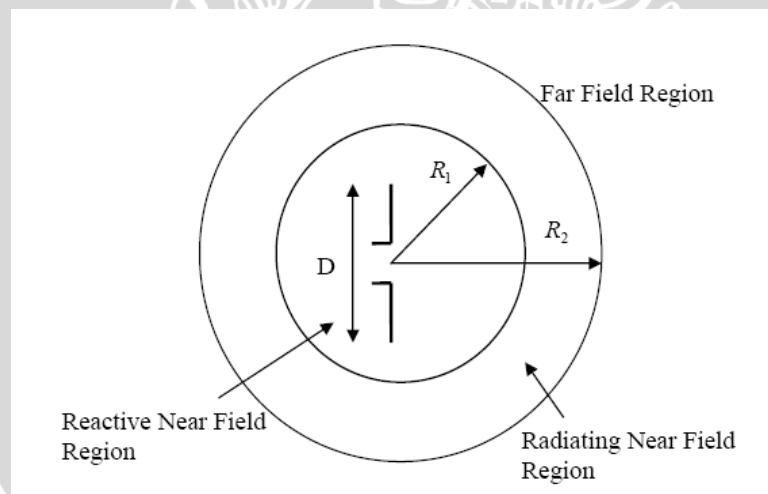
$P_l$  = daya puncak *back lobe*

Daerah medan radiasi suatu antenna adalah daerah di mana radiasi antenna tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antenna sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.5.

$$r_1 = 0,62 \sqrt{\frac{D^2}{\lambda}} \tag{2-17}$$

$$r_2 = \frac{2D^2}{\lambda} \tag{2-18}$$

dengan  $r_1$  dan  $r_2$  adalah jarak medan radiasi (m)



**Gambar 2.5** Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena

Sumber: Balanis, 2005: 34

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*

Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi.





Batas daerah ini:

$$r < 0,62 \sqrt{\frac{2D^3}{\lambda}} \quad (2-19)$$

dengan  $r$  = jarak medan radiasi (m)

$\lambda$  = panjang gelombang (m)

$D$  = dimensi antenna (m)

- *Radiating Near-Field (Fresnel) Zone*

Adalah daerah medan di antara *reactive near field zone* dan *far field zone*.

Pada daerah ini, medan radiasi sangat berpengaruh. Dan distribusi medan sudut (*angular field distribution*) bergantung pada jarak dari antenna.

Batas daerah ini :

$$0,62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq \text{daerah Fresnel} < \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2-20)$$

- *Far-Field (Franhouffer) Zone*

Adalah daerah medan antenna dengan distribusi medan sudut yang sangat tidak bergantung pada jarak dari antenna.

Batas daerah ini :

$$\frac{2D^2}{\lambda} \leq r < \infty \quad (2-21)$$

Pola medan pada daerah ini mempunyai komponen-komponen medan saling tegak lurus.

### 2.3.7 Direktivitas

Menurut *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, direktivitas sebuah antenna merupakan perbandingan antara intensitas radiasi antenna pada suatu arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata dari segala arah. Intensitas radiasi rata-rata sebanding dengan total daya yang diradiasikan oleh antenna dibagi dengan  $4\pi$ . Dengan kata lain direktivitas antenna adalah kemampuan suatu antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada satu arah tertentu dibanding intensitas radiasi sumber isotropis seperti pada persamaan berikut ini (Balanis, 2005: 44)

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2-22)$$

Jika arah tidak ditentukan, maka arah yang dimaksud menyatakan arah dari intensitas radiasi maksimum.

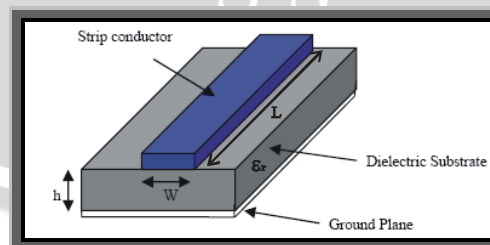
dengan :

- $D$  = direktivitas
- $U$  = intensitas radiasi pada arah tertentu (W/satuan sudut)
- $U_0$  = intensitas radiasi sumber isotropis (W/satuan sudut)
- $P_{rad}$  = daya radiasi total (W)

Nilai keterarahan sebuah antena dapat diketahui dari pola radiasi antena tersebut, semakin sempit *main lobe* maka keterarahannya semakin baik dibanding *main lobe* yang lebih lebar.

#### 2.4 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu elemen peradiasi berupa konduktor metal (*Patch*) yang berada diatas suatu bidang pentanahan (*ground plane*) dimana diantaranya terdapat lapisan (substrat) dielektrik dengan tebal ( $h$ ) dan konstanta dielektrik  $\epsilon_r$ . Substrat antena mikrostrip memiliki nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) yang berkisar antara  $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ . Pemilihan substrat sangat berpengaruh terhadap kinerja antena karena semakin tebal substrat, maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya.

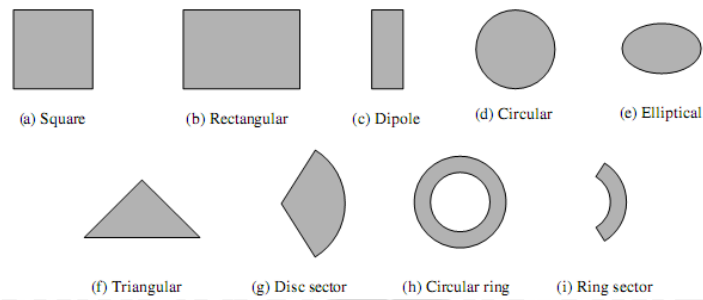


**Gambar 2.6** Struktur Antena Mikrostrip.

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 40

Pada antena mikrostrip ada beberapa macam *Patch* yang dapat diaplikasikan, seperti persegi, lingkaran, elips, ring dan lain sebagainya.





**Gambar 2.7** Berbagai Macam *Patch* Antena Mikrostrip

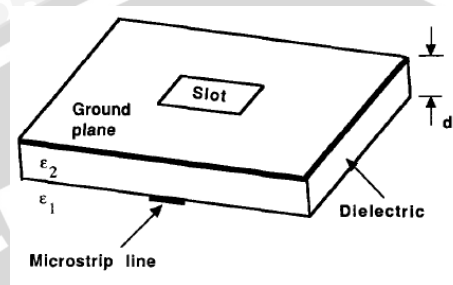
(Balanis, 2005: 813)

Antena ini memiliki masa ringan, mudah untuk difabrikasi, dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan, memiliki ukuran yang kecil apabila dibandingkan dengan antena jenis lain, serta mudah difabrikasi dengan biaya produksi yang murah. Karena sifat yang dimilikinya, Antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Akan tetapi, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan direktivitas yang kecil sehingga terus dicari cara untuk mengatasi kekurangan tersebut.

Terdapat beberapa metode yang paling umum digunakan untuk analisis antena mikrostrip yaitu model saluran transmisi, model *cavity*, model gelombang penuh (momen, FDTD) dan metode elemen hingga atau yang biasa disebut dengan *FEM* (*Finite Element Method*). Model saluran transmisi adalah model paling sederhana dan mampu memberikan pemahaman yang bagus, akan tetapi kurang akurat jika dibandingkan dengan model lainnya. Model *cavity* mampu memberikan tingkat akurasi yang lebih baik, namun bersifat lebih kompleks dan sulit. Metode gelombang penuh adalah metode yang paling sulit untuk dipahami namun memberikan analisis dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi. Sedangkan pada metode elemen hingga atau *Finite Element Method*, proses perhitungan dilakukan dengan membagi suatu struktur kontinu menjadi elemen kecil-kecil. Beberapa software simulasi elektromagnetik, seperti Ansoft HFSS<sup>TM</sup>, menggunakan *Finite Element Method* untuk analisisnya.

### 2.4.1 Slot pada Antena Mikrostrip

Berbagai macam teknik telah diterapkan untuk meningkatkan performansi antena mikrostrip. Salah satu teknik yang digunakan adalah dengan penambahan slot pada antena mikrostrip. Aplikasi slot pada antena mikrostrip terbukti dapat meningkatkan *bandwidth* antena (Masoud Kahrizi, 1993). Terdapat berbagai macam bentuk slot yang telah diaplikasikan, seperti slot kotak, lingkaran dan lain sebagainya (Y.F. Liu, 2004).



**Gambar 2.8** Slot pada Elemen Peradiasi Mikrostrip  
(Masoud Kahrizi, 1993)

Pelebaran *bandwidth* pada *slot* antena mikrostrip disebabkan oleh penguatan efek kopling yang diberikan oleh saluran pencatu mikrostrip. Peningkatan efek kopling akan memberikan penurunan nilai faktor kualitas antena. Semakin rendah faktor kualitas dari antena maka mengakibatkan melebarnya *bandwidth* antena tersebut

Selain itu, konfigurasi jaringan saluran catu juga berperan dalam pelebaran *bandwidth*. Semakin pendek saluran dari sumber pencatutan menuju *slot*, akan semakin efektif jaringan kondisi penyesuaian antena tersebut. Konfigurasi jaringan pencatu juga dapat mempengaruhi posisi letak antara *slot* pada jarak tertentu. Posisi letak antara *slot* yang tidak tepat akan menurunkan kualitas efek kopling yang diberikan ke antena

### 2.4.2 Saluran Transmisi

Saluran Transmisi berhubungan dengan impedansi input yang didefinisikan sebagai impedansi yang ditunjukkan oleh antena pada terminal-terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya (Balanis, 2005: 80). Transfer daya maksimum hanya dapat terjadi jika impedansi antena tersebut *matching* dengan bebannya, dimana melibatkan *conjugate kompleks* dari impedansi beban. Perbandingan tegangan dan arus pada terminal-terminal tanpa beban, memberikan impedansi masukan antena sebesar



$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2-23)$$

dengan :

$Z_{in}$  = impedansi antena di terminal ( $\Omega$ )

$R_{in}$  = resistansi antena di terminal ( $\Omega$ )

$X_{in}$  = reaktansi antena di terminal ( $\Omega$ )

Dalam tugas akhir ini menggunakan saluran mikrostrip yang juga memiliki resistansi merupakan rugi-rugi dalam saluran mikrostrip. Resistensi rugi-rugi pada antena mikrostrip sama dengan resistansi rugi-rugi pada antena konvensional, yaitu terdiri dari rugi konduktor dan rugi radiasi yang dinyatakan oleh persamaan berikut :

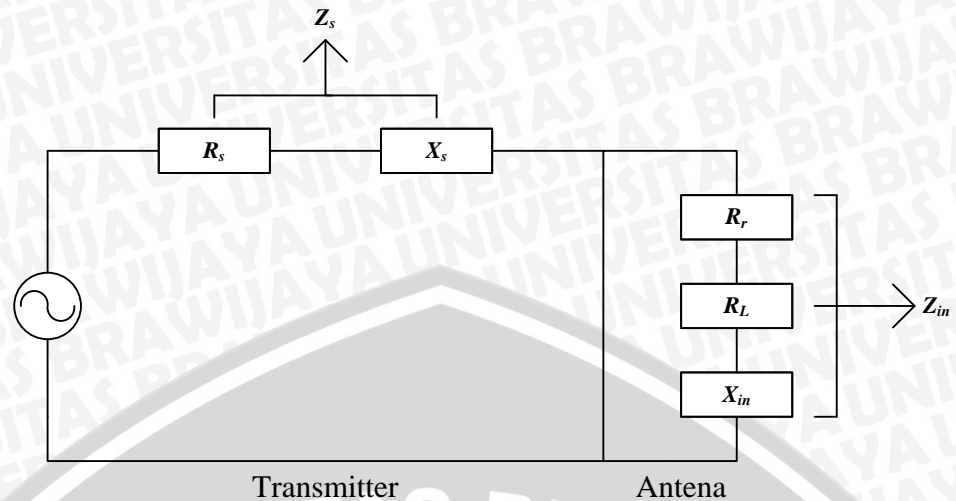
$$R_A = R_r + R_s \quad (2-24)$$

dengan :

$R_r$  = resistansi radiasi ( $\Omega$ )

$R_s$  = resistansi konduktor ( $\Omega$ )

Resistansi radiasi pada antena penerima adalah suatu resistansi khayal akibat adanya radiasi pada antena sehingga mengurangi daya yang disalurkan pada antena penerima sedangkan resistansi konduktor dipengaruhi oleh konduktifitas bahan yang digunakan.



**Gambar 2.9** Rangkaian ekivalen antenna pemancar

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 31

Pada Gambar 2.9, impedansi dari sumber ( $Z_s$ ) terdiri dari resistansi sumber ( $R_s$ ) dan reaktansi dari sumber ( $X_s$ ). Sedangkan  $Z_{in}$  terdiri dari  $R_{in}$  dan  $X_{in}$ . Nilai  $R_{in}$  terdiri dari dua komponen resistif, resistansi radiasi ( $R_r$ ) dan resistansi rugi-rugi ( $R_L$ ). Daya yang hilang akibat resistansi rugi-rugi adalah rugi-rugi yang disebabkan karena panas antenna. Panas antenna ini disebabkan oleh rugi dielektrik dan rugi konduksi. Sedangkan  $X_{in}$  adalah reaktansi antenna yang menunjukkan daya yang disimpan di daerah medan dekat.

Daya maksimum diradiasikan dari antenna pada frekuensi dimana impedansi input mendekati nilai riil. Biasanya antenna dicatu oleh saluran transmisi seperti kabel koaksial, mikrostrip dan sebagainya. Tujuannya adalah untuk menyesuaikan impedansi antenna dengan impedansi karakteristik saluran transmisi. Jika kondisi *matching* tidak tercapai, kemungkinan terjadi pemantulan dan hal ini yang menyebabkan terjadinya gelombang berdiri (*standing waves*).

Sebagai tambahan,  $Z_{in}$  dapat diperoleh dengan menghitung data koefisien pantul terukur dan impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (2-25)$$



Persamaan (2-26) dapat dituliskan secara eksplisit untuk menghitung impedansi masukan antenna sebagaimana persamaan berikut:

$$Z_{in} = Z_o \frac{(\Gamma + 1)}{(-\Gamma + 1)} \quad (2-26)$$

### 2.4.3 Penambahan *Stub*

Keadaan *matching* pada teknik pencatutan ini dapat dicapai dengan mengatur panjang dari saluran transmisi dan perbandingan lebar *patch* dengan saluran pencatu serta penambahan *stub* pada saluran pencatu. *Stub* merupakan rangkaian *matching impedance* saluran tambahan yang dapat ditempatkan secara seri atau paralel resonansi terhadap saluran utama.

## 2.5 Perancangan Antena Mikrostrip *Monopole Patch* Gabungan Persegi

### 2.5.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Bahan *Epoxy* – FR 4  
 konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4.6  
 ketebalan lapisan dielektrik ( $h$ ) = 0.0018 m  
*loss tangent* = 0.018
- Bahan pelapis substrat tembaga (konduktor)  
 ketebalan bahan konduktor ( $t$ ) = 0.01 mm  
 konduktifitas tembaga ( $\sigma$ ) =  $5.80 \times 10^7$  mho  $m^{-1}$
- Impedansi karakteristik saluran = 50  $\Omega$

### 2.5.2 Perencanaan Dimensi Antena Mikrostrip

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ (m)} \quad (2-27)$$

keterangan:

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

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

### 2.5.2.1 Perencanaan Dimensi Patch

*Patch Persegi* terdiri dari panjang ( $L$ ) dan lebar ( $W$ ). Penentuan lebar patch ( $W$ ) pada desain antena mikrostrip dapat digunakan dengan rumus seperti pada persamaan 2-21 :

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2-28)$$

Dimana  $c$  adalah kecepatan cahaya di ruang bebas  $3 \times 10^8$  m/s,  $f_0$  adalah frekuensi kerja dari antena, dan  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik dari bahan substrat. Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* ( $L$ ) diperlukan parameter  $\Delta L$  yang merupakan pertambahan panjang dari  $L$  akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari  $L$  ( $\Delta L$ ) tersebut dirumuskan dengan persamaan 2-21:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2-29)$$

Dimana  $h$  merupakan tinggi substrat, dan  $\epsilon_{reff}$  adalah konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right) \quad (2-30)$$

Dengan demikian panjang *patch* ( $L$ ) diberikan pada persamaan 2-31 :

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2-31)$$

Dimana  $L_{eff}$  merupakan panjang efektif yang dapat dirumuskan dengan :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2-32)$$

### 2.5.2.2 Perencanaan Dimensi Minimum *Ground plane*

Dimensi minimum *ground plane* yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip dapat dicari melalui persamaan berikut: (Punit S. Nakar, 2004: 51)

$$L_g = 6h + L \quad (2-33)$$

$$W_g = 6h + W \quad (2-34)$$

Untuk *patch* lingkaran, karena  $L = 2R$  dan  $W = \frac{\pi R}{2}$ , maka panjang dan minimum *ground plane* adalah:

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-35)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-36)$$

Keterangan:

$L_g$  = panjang sisi minimum *ground plane* (m)

$W_g$  = lebar sisi minimum *ground plane* (m)

$L$  = panjang *patch* persegi (m)

$W$  = lebar *patch* persegi (m)

### 2.5.3 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Sebelum dapat menentukan panjang saluran transmisi, terlebih dahulu dicari panjang gelombang yang melewati saluran transmisi ( $\lambda_d$ ). Nilai panjang gelombang yang melewati saluran transmisi dapat dihitung dengan persamaan

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (m) \quad (2-37)$$

Berdasarkan nilai tersebut, panjang dari saluran transmisi mikrostrip ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (K.C. Gupta, 1981):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-38)$$

Sedangkan lebar saluran transmisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Davendra K.Misra, 2004):

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-39)$$



$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-40)$$

Keterangan:

- $\lambda_0$  = panjang gelombang diruang bebas (m)
- $\lambda_d$  = panjang gelombang yang melewati saluran transmisi (m)
- $W$  = lebar saluran saluran transmisi mikrostrip (m)
- $Z_0$  = impedansi karakteristik ( $\Omega$ )
- $h$  = tebal *substrat* (m)
- $L$  = panjang saluran transmisi mikrostrip (m)
- $\lambda_d$  = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (m)
- $\epsilon_r$  = konstanta dielektrik substrat (F/m)

