

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Antena

Antena merupakan instrumen yang penting dalam suatu sistem komunikasi radio. Antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemandu (dapat berupa kabel koaksial atau pemandu gelombang/*Waveguide*) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Berdasarkan hal ini maka antena dibedakan menjadi antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005 :17).

Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Meskipun pada kenyataannya terdapat rugi-rugi yang terjadi ketika penjalaran gelombang seperti rugi-rugi pada saluran transmisi dan terjadi kondisi tidak *matching* antara saluran transmisi dan antena. Sehingga *matching* impedansi juga merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan sebuah antena.

2.2 Parameter-Parameter Antena

Parameter-parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi kinerja suatu antena.

2.2.1 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR suatu antena merupakan perbandingan antara jumlah tegangan datang dan tegangan pantul dengan selisih antara tegangan datang dan tegangan pantul. Nilai VSWR dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan (Edgar Hund, 1989: 43):

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

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan :

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

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (2-3)$$

dengan

- Γ = koefisien pantul
 P_r = daya terpantul (W)
 P_{out} = daya keluaran (W)

2.2.2 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 (Punit, 2004: 19) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-4)$$

$$RL = -20 \log \Gamma \text{ (dB)} \quad (2-5)$$

dengan

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

2.2.3 Lebar Pita (*Bandwidth*)

Bandwidth antena didefinisikan sebagai range frekuensi antena dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Untuk *Broadband* antena, lebar bidang dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antena, maka lebar bidang antena dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang (Balanis, 2005: 47).

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth ratio* (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004: 22) :

$$B_p = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2-5)$$

$$f_c = \frac{f_2 + f_1}{2} \quad (2-6)$$

$$B_r = \frac{f_2}{f_1} \quad (2-7)$$

dengan

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *bandwidth* rasio

f_2 = jangkauan frekuensi atas

f_1 = jangkauan frekuensi bawah

2.2.4 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*.

Absolute gain suatu antenna (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antenna pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antenna diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antenna dibagi dengan 4π . Dalam bentuk persamaan, hal ini dapat dinyatakan sebagai

$$G = 10 \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-8)$$

dengan

G = *gain* antenna (dB)

U_m = intensitas radiasi antenna (watt)

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

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

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

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

$$G = 1.64 \times \frac{P_u}{P_r} \quad (2-10)$$

$$G = 10 \log 1.64 \frac{P_u}{P_r} \text{ (dB)} \quad (2-11)$$

$$G = 2.15 + P_u \text{ (dBm)} - P_r \text{ (dBm)} \quad (2-12)$$

dengan :

G = *gain* antenna uji (dB)

P_U = daya yang diterima antenna uji (W)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.2.5 Polarisasi

Suatu medan elektromagnetik terdiri atas medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus satu sama lain. Energi dari medan elektromagnetik mengalir bolak-balik dari satu medan ke medan lainnya dengan cara berosilasi. Fenomena ini disebut polarisasi. Polarisasi gelombang teradiasi merupakan sifat gelombang elektromagnet yang menggambarkan vektor medan elektrik yang arahnya berubah terhadap waktu dan besaran relatif dari vektor medan elektrik tersebut.

Polarisasi suatu antenna dalam arah tertentu didefinisikan sebagai polarisasi gelombang yang diradiasikan oleh antenna. Ketika arahnya tidak diberitahukan, maka polarisasi yang dianggap adalah polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada kenyataannya polarisasi dari energi radiasi bervariasi dengan arah dari pusat antenna,

sehingga bagian pola yang berbeda mungkin mempunyai polarisasi yang berbeda. Terdapat tiga tipe polarisasi: polarisasi *linear*, *circular* dan *elliptical*. Polarisasi *linear* 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*.

2.2.5.1 Polarisasi Linier

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi linier apabila vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik selalu diorientasikan sepanjang garis lurus yang sama pada setiap waktu sesaat. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Hanya satu komponen, atau
- Dua komponen *orthogonal linear* yang sefasa dalam waktu atau berbeda fasa sebesar 180° (atau kelipatannya).

Untuk mengetahui lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 tentang polarisasi vertikal (a) dan polarisasi horisontal (b).

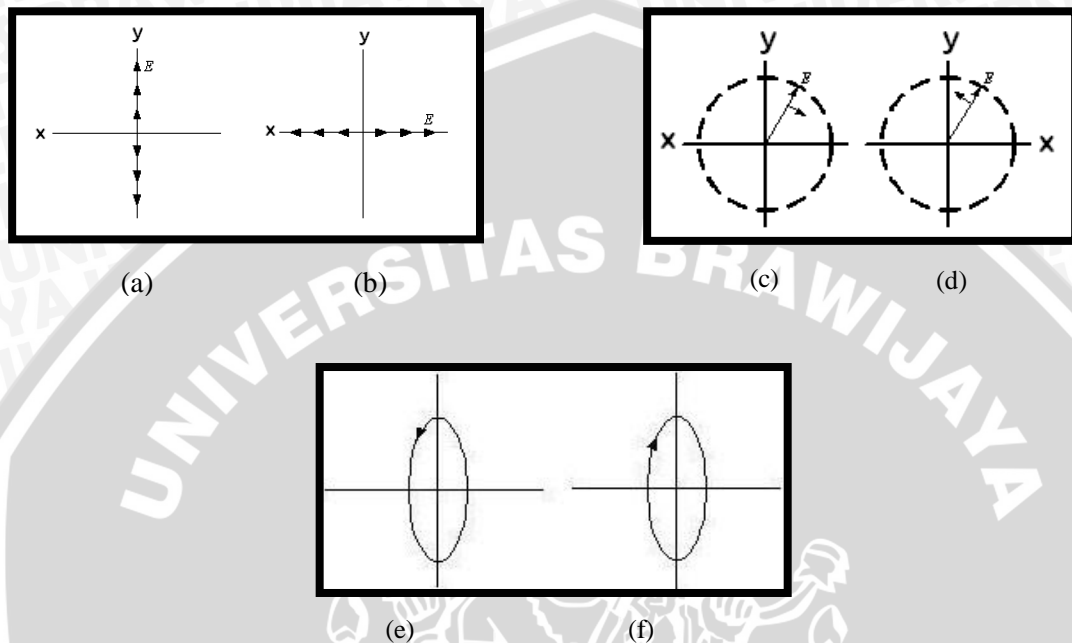
2.2.5.2 Polarisasi Lingkaran

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi lingkaran apabila vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik membentuk suatu lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- Kedua komponen harus mempunyai besaran yang sama, dan
- Kedua komponen harus mempunyai perbedaan fasa sebesar perkalian ganjil dari 90° dalam waktu.

Penentuan arah rotasi selalu ditentukan dengan merotasi komponen yang fasanya mendahului terhadap komponen yang tertinggal fasa dan mengamati rotasi medan seolah-olah gelombang tersebut terlihat bergerak menjauh dari pengamat. Jika rotasinya searah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkular sesuai kaidah tangan kanan; jika rotasinya berlawanan arah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkular menurut kaidah tangan kiri. Rotasi komponen mendahului fasa terhadap komponen tertinggal fasa harus dilakukan sepanjang pemisahan sudut diantara dua komponen yang

kurang dari 180° . Fasa yang lebih besar atau sama dengan 0° dan kurang dari 180° akan dianggap mendahului sedangkan yang lebih besar dari atau sama dengan 180° dan kurang dari 360° akan dianggap tertinggal. Untuk mengetahui lebih jelasnya bentuk dari polarisasi *circular* dapat dilihat pada Gambar 2.1 (c dan d).



Gambar 2.1

- a) Polarisasi Linier Vertikal
- b) Polarisasi Linear Horisontal
- c) Polarisasi *Circular* – *Left Hand*
- d) Polarisasi *Circular* – *Right Hand*
- e) Polarisasi Elips – *Right Hand*
- f) Polarisasi Elips – *Left Hand*

Sumber: : Punit, 2004 : 21

2.2.5.3 Polarisasi Elips

Suatu gelombang dikatakan terpolarisasi elips apabila ujung vektor medan elektrik (atau medan magnetik) pada suatu titik membentuk kedudukan elips dalam ruang (Gambar 2.2 e dan f). Pada variasi waktu sesaat, medan vektor berubah secara kontinyu seiring waktu dengan cara yang sama untuk menggambarkan tempat kedudukan elips. Arah rotasi ditentukan dengan menggunakan aturan yang sama seperti halnya pada polarisasi sirkular. Sebagai tambahan untuk mengetahui arah rotasi, gelombang yang terpolarisasi *elliptical* juga dinyatakan dengan rasio aksial yang

besarnya merupakan perbandingan sumbu *mayor* terhadap sumbu *minor*nya. Kondisi yang memenuhi hal ini adalah apabila vektor medan (elektrik atau magnetik) memiliki :

- a. Medan harus mempunyai dua komponen *orthogonal linear*, dan
- b. Kedua komponen dapat memiliki besaran yang sama atau berbeda.
- c. (1) Jika keduanya memiliki besaran yang berbeda, beda fasa-waktu diantara keduanya tidak boleh 0° atau perkalian 180° (karena akan bersifat linier).
(2) Jika kedua komponen memiliki besaran yang sama, beda fasa-waktu diantara keduanya tidak boleh kelipatan bilangan ganjil dari 90° (karena akan bersifat *circular*).

2.2.5.4 Proses Pembentukan *Axial Ratio*

Perbandingan antara *mayor* dan *minor axes* pada polarisasi disebut dengan *Axial Ratio* (AR). Polarisasi antena dapat diketahui melalui AR (*Axial Ratio*).

$$AR = \frac{E_{mayor}}{E_{minor}} \quad (2-13)$$

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

2.2.6 Pola Radiasi

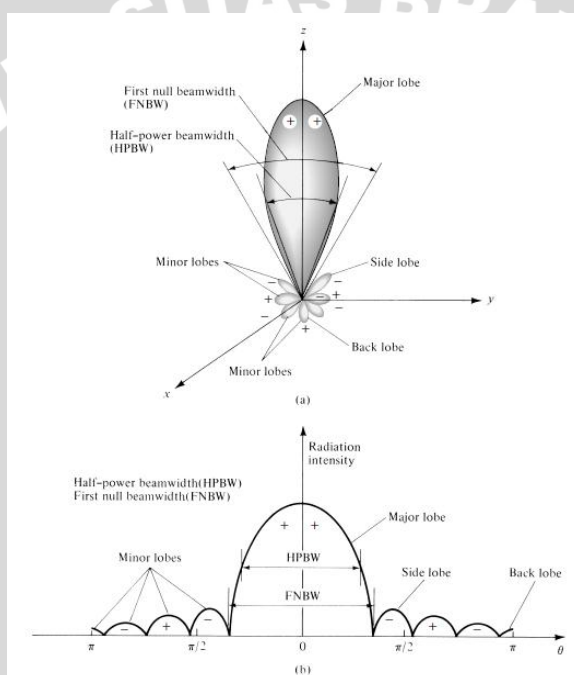
Karakteristik antena seperti *beamwidth*, *Front to Back Ratio (F/B)* akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya. Pola radiasi antena didefinisikan sebagai gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi medan jauh dari antena sebagai fungsi koordinat ruang (tiga dimensi). Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 2005: 27).

Berdasarkan pola radiasinya, antena terbagi atas antena dengan pola radiasi *Isotropic*, *Directional*, dan *Omnidirectional*. *Radiator* isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antena tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding dalam semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola 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 EM yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antena *omnidirectional* adalah antena yang mempunyai pola

directional pada suatu bidang tertentu dan pola *non-directional* pada bidang tegak lurus lainnya.

Pengukuran pola radiasi dilakukan dari sudut 0° sampai 360° . Hasil perhitungan dapat diplot pada grafik polar, yang selanjutnya dapat dicari nilai -3 dB *beamwidth* setengah dayanya. Nilai -3 dB *beamwidth* setengah daya yang telah diketahui diplot terhadap fungsi frekuensi kerja, baik untuk pola radiasi horisontal maupun pola radiasi vertikal.

Pola radiasi dapat diukur dengan menggerakkan *probe* antenna di sekitar antenna yang diukur pada jarak yang tetap, kemudian mencatat respon sebagai fungsi koordinat sudut (θ, ϕ) pada radius konstan.



Gambar 2.2 (a) Pola Radiasi Antena, (b) Pola Radiasi Antena dalam Koordinat *Square*.

Sumber: Balanis, 2005: 30

2.2.6.1 Lobe Radiasi dan *Beamwidth*

Pola radiasi terdiri dari beberapa *lobe* radiasi yang meliputi *Main Lobe* dan *Minor Lobe*. *Main Lobe* adalah arah radiasi maksimum antenna. Sedangkan *Minor Lobe* yang terdiri dari *Side Lobe* dan *Back Lobe* adalah radiasi pada arah lain yang biasanya tidak dikehendaki.

Sebagian besar antenna dirancang untuk mengkonsentrasikan energi pada satu arah tertentu. Ukuran konsentrasi pada *main lobe* tersebut dinamakan *Beamwidth*. *Half Power Beamwidth* (HPBW) didefinisikan sebagai sudut antara titik-titik di mana pada titik tersebut pancaran utama dari pola daya adalah setengah daya maksimum. *Beam*

Area adalah sudut solid dari daya yang diradiasikan antena, yang terdiri dari *main beam area* dan *minor-lobe beam area* dengan rumusan sebagai berikut (Kraus, 1988) :

$$\Omega_A \approx \Omega_M + \Omega_m \text{ atau } \Omega_A \approx 3283 \times \theta_{HP}^\circ \cdot \phi_{HP}^\circ \text{ (mengabaikan minor lobe) (2-14)}$$

dengan

$$\Omega_A = \text{beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\Omega_M = \text{main beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\Omega_m = \text{minor-lobe beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\theta_{HP}^\circ = \text{half-power beam width pada bidang } \theta \text{ (derajat)}$$

$$\phi_{HP}^\circ = \text{half-power beam width pada bidang } \phi \text{ (derajat)}$$

Pola radiasi antena dapat dihitung dengan perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dinyatakan (Balanis, 1982) :

$$P(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{P_o}{P_T} \text{ atau } P(\text{dB}) = 10 \cdot \log P_o - 10 \cdot \log P_T \quad (2-15)$$

dengan

$$P = \text{intensitas radiasi antena pada sudut tertentu (dB)}$$

$$P_o = \text{daya yang diterima antena pada sudut } 0^\circ \text{ (watt)}$$

$$P_T = \text{daya yang diterima antena pada sudut tertentu (watt)}$$

Ukuran yang menyatakan berapa besar daya yang terkonsentrasi pada *main lobe* dibanding daya pada *side lobe* disebut dengan *Side Lobe Level*, yang merupakan perbandingan besar puncak *side lobe* dengan puncak *main lobe*. Atau dapat dinyatakan dengan persamaan (Stutzman, 1981: 29) :

$$SLL = 20 \cdot \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| \text{ (dB)} \quad (2-16)$$

dalam hal ini :

$$SLL = \text{Side Lobe Level}$$

$$F(SLL) = \text{nilai maksimum Side Lobe}$$

$$F(max) = \text{nilai maksimum Main Lobe}$$

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

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_i} \quad (2-17)$$

$$\frac{F}{B} (\text{dB}) = P_m(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm}) \quad (2-18)$$

dengan

$$\frac{F}{B} = \text{Front to Back ratio (dB)}$$

$$P_m = \text{daya puncak main lobe (dBm)}$$

$$P_i = \text{daya puncak back lobe (dBm)}$$

2.2.7 Directivity

Directivity sebuah antenna didefinisikan sebagai 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 4π . Dengan kata lain *directivity* adalah kemampuan suatu antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada satu arah tertentu. Secara sederhana, keterarahan sumber *non-isotropic* sebanding dengan rasio intensitas radiasinya pada suatu arah tertentu terhadap intensitas radiasi sumber isotropis.

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \quad (2-19)$$

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

$$D_{\max} = D_0 = \frac{U_{\max}}{U_0} = 10 \log \frac{4\pi U_{\max}}{P_{rad}} \quad (2-20)$$

dengan :

$$D_0 = \text{directivity (dB)}$$

$$U_{\max} = \text{intensitas radiasi maksimum (watt)}$$

$$P_{rad} = \text{daya radiasi total (watt)}$$

Nilai keterarahan sebuah antenna dapat diketahui dari pola radiasi antenna tersebut, semakin sempit *main lobe* maka keterarahannya semakin baik dibanding *main lobe* yang lebih lebar. Nilai keterarahan jika dilihat dari pola radiasi sebuah antenna adalah sebagai berikut (Balanis, 2005 : 105)

$$D_0 = 10 \log \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2}{\theta_1 \theta_2} \quad (2-21)$$

$$D_0 = 10 \log \frac{41252,96125}{\theta_1 \theta_2} \quad (2-22)$$

dengan

D_{dB} = keterarahan (*directivity*) (dB)

θ_1 = lebar berkas daya pada polarisasi xz (°)

θ_2 = lebar berkas daya pada polarisasi yz (°)

2.2.8 Daerah Medan radiasi

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 2.4.

Daerah medan radiasi ini sesuai dengan persamaan

$$r_1 = 0.62 \sqrt{D^3/\lambda} \quad (2.23)$$

$$r_2 = 2D^2/\lambda \quad (2.24)$$

yang mana r_1 dan r_2 adalah jarak medan radiasi (m).

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*

Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi. Batas daerah ini:

$$r < 0.62 \sqrt{D^3/\lambda} \quad (2-25)$$

dengan

r = jarak medan radiasi (m)

λ = panjang gelombang (m)

D = dimensi antenna (m)

- *Radiating Near-Field (Fresnel) Zone*

Daerah ini 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 :

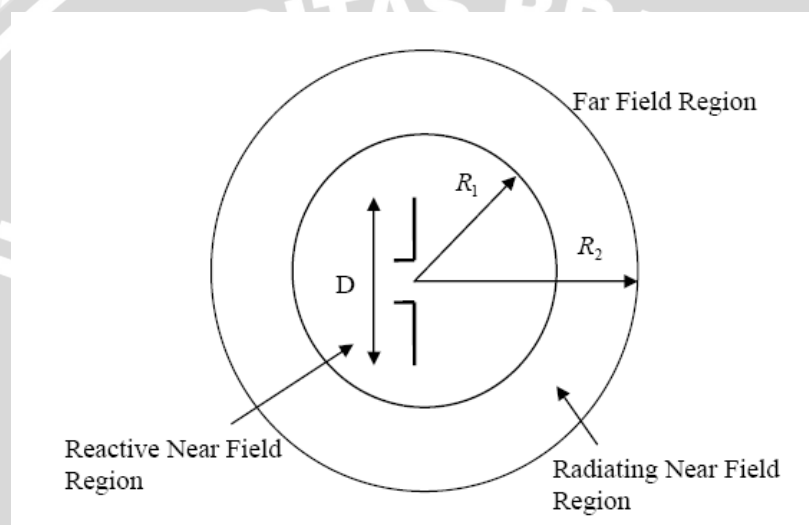
$$0.62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda \quad (2-26)$$

- *Far-Field (Fraunhofer) Zone*

Daerah ini adalah daerah medan antenna dengan distribusi medan sudut sangat tidak bergantung pada jarak dari antenna. Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty \quad (2-27)$$

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



Gambar 2.3 Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena.

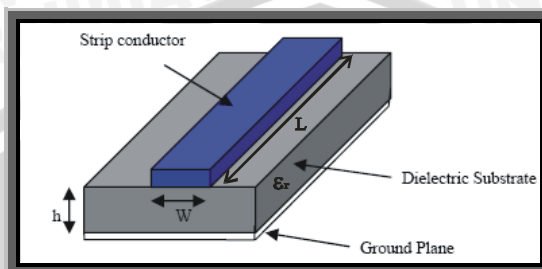
Sumber: Balanis, 2005: 34

2.3 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

Berdasarkan asal katanya, mikrostrip terdiri atas dua kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan). Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang mempunyai bentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/kecil dan terdiri atas lapisan peradiasi, substrat, dan *ground plane*. *Patch* bisa memiliki berbagai macam bentuk seperti lingkaran, segitiga, kotak atau persegi panjang. Pada umumnya antena mikrostrip tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Antena mikrostrip bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan *X Band* (5.2 GHz –

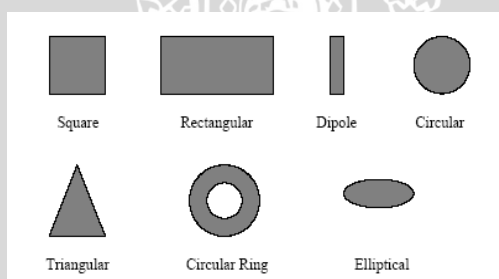
10.9 GHz) sehingga, antena mikrostrip dapat digunakan untuk antena telepon selular/nirkabel maupun komunikasi satelit (Fajar, 2009: 2).

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk geometri. Dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti terdapat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Struktur Antena Mikrostrip.

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 40



Gambar 2.5 Macam-Macam Bentuk Elemen Mikrostrip.

Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 32

Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$. 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. Karena itu perlu dipikirkan antara bentuk antena dengan kinerjanya. Beberapa keuntungan dari antena mikrostrip, yaitu:

1. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.
2. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.
3. Biaya fabrikasi yang murah sehingga dapat dibuat dalam jumlah yang besar.
4. Mendukung polarisasi linear dan sirkular.

5. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)
6. Kemampuan dalam *dual frequency*.
7. Tidak memerlukan catuan tambahan.

Namun, antena mikrostrip juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu :

1. *Bandwidth* yang sempit.
2. Efisiensi yang rendah.
3. Penguatan yang rendah.
4. Memiliki rugi-rugi hambatan (*ohmic loss*) pada pencatuan antena *array*.
5. Memiliki daya (*power*) yang rendah.
6. Timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*).

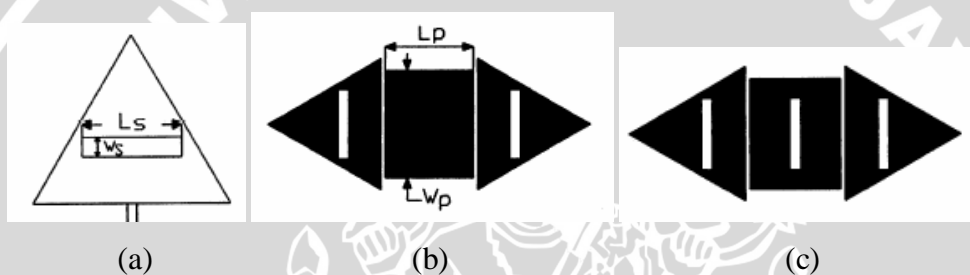
Terdapat beberapa metode yang paling umum digunakan untuk analisis antena mikrostrip, yaitu model saluran transmisi, model *cavity*, dan metode gelombang penuh (yang meliputi persamaan integral primer/metode momen). Model saluran transmisi merupakan yang paling sederhana dan mampu memberikan pemahaman 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. Sedangkan metode gelombang penuh adalah metode yang paling sulit untuk difahami namun mampu memberikan analisis dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi.

2.3.1 Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan Slot Persegi Panjang

Salah satu bentuk *patch* antena mikrostrip adalah segitiga. Bentuk segitiga ini terbagi berdasarkan besar ketiga sudutnya yaitu, $45^{\circ}45^{\circ}90^{\circ}$, $30^{\circ}-60^{\circ}-90^{\circ}$, dan $60^{\circ}-60^{\circ}-60^{\circ}$. Bentuk segitiga yang paling umum digunakan adalah bentuk segitiga dengan besar ketiga sudutnya $60^{\circ}-60^{\circ}-60^{\circ}$ atau biasa disebut segitiga sama sisi. Bentuk segitiga sama sisi memiliki keunggulan dalam hal proses perancangan dibandingkan bentuk yang lain.

Bentuk segitiga memiliki keunggulan dibandingkan dengan bentuk segi empat, yaitu dapat menghasilkan karakteristik radiasi yang sama, luas yang dibutuhkan oleh bentuk segitiga lebih kecil dibandingkan dengan luas yang dibutuhkan oleh bentuk segi empat. Hal ini sangat menguntungkan dalam fabrikasi antena (Garg, 2001). Namun, *bandwidth* dari bentuk segitiga lebih sempit jika dibandingkan dengan bentuk segi empat.

Salah satu cara untuk meningkatkan *bandwidth* adalah dengan menambahkan *slot* dan *parasitic* elemen (Mulgi, 2009: 174). Pada bentuk *patch* segitiga, *slot* yang sering digunakan adalah berbentuk persegi panjang. Gambar 2.6 menunjukkan sejumlah *patch* segitiga yang telah diberi *slot* atau *parasitic* elemen. *Slotted Equilateral Triangular Microstrip Antenna* (SETMSA), merupakan pengembangan dari antena mikrostrip *patch* segitiga sama sisi. Pada SETMSA terdapat *slot* yang berada pada tengah-tengah *patch*. Sedangkan *Stacked Triangular Microstrip Antenna* (STMSA) merupakan 2 buah SETMSA yang disisipi elemen *parasitic*. *Slotted Parasitic Triangular Microstrip Antenna* (SPTMSA) merupakan kombinasi dari SETMSA dan STMSA. Ketiga bentuk tersebut memiliki fungsi yang sama, yaitu untuk meningkatkan *bandwidth* antena (Pushpanjali, 2006).



Gambar 2.6 (a) *Slotted Equilateral Triangular Microstrip Antenna*, (b) *Stacked Triangular Microstrip Antenna*, (c) *Slotted Parasitic Triangular Microstrip Antenna*

Sumber : Pushpanjali, 2006

2.3.2 Pengaruh *Slot* pada Performansi Antena

Pada teknik pencatutan tidak langsung atau teknik kopel medan listrik pada umumnya menggunakan dua jenis elemen peradiasi yaitu pada *patch* dan *slot*. Pada *patch* digunakan dua substrat, pada lapisan pertama terdapat *patch* antena dengan bagian bidang pertanahannya dihilangkan dan lapisan kedua digunakan sebagai pencatu saluran mikrostrip dengan bagian bawah sebagai bidang tanah. Pada *slot* (*wide slot*) dapat menggunakan satu lapisan substrat, dimana konduktor bagian atas digunakan sebagai elemen peradiasi dan sekaligus untuk bidang pertanahan (*ground-plane*). Sedangkan konduktor bagian bawah digunakan untuk saluran mikrostrip sebagai pencatu (Riyanto, 2010).

Teknik dengan menggunakan *slot* lebar (*wide slot*) diistilahkan sebagai *Microstrip Slot Antenna* (MSA). Oleh karena itu, teknik pencatutan kopel medan listrik

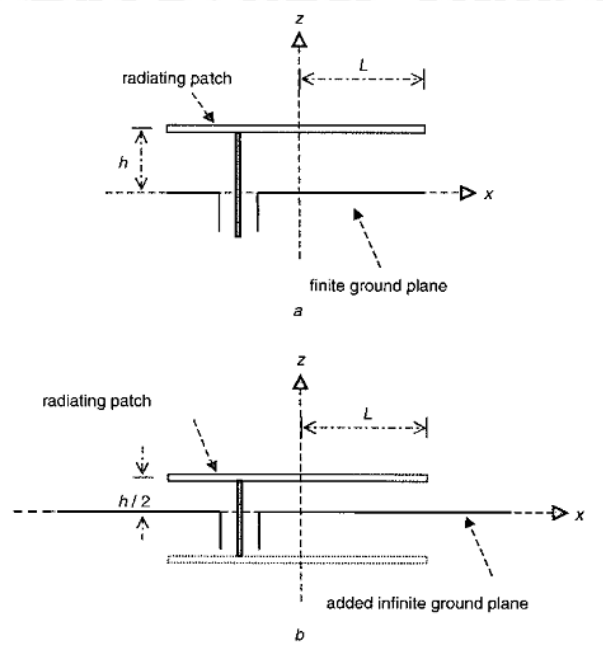
dengan menggunakan *slot* lebih efisien dalam penggunaan substrat untuk antenna. Pada antenna mikrostrip *slot* memiliki mekanisme kopling, dimana saluran mikrostrip memberikan imbas gelombang elektromagnetik menuju elemen peradiasi (*slot*) melalui sebuah substrat. Efek kopling diberikan antara saluran mikrostrip dan elemen peradiasi sebagai transformer ideal (Karlsson).

Pelebaran *bandwidth* pada antenna mikrostrip *slot* disebabkan oleh tiga faktor. Faktor pertama yaitu penguatan efek kopling yang diberikan oleh saluran pencatu mikrostrip. Peningkatan efek kopling akan memberikan penurunan nilai faktor kualitas rangkaian antenna. Semakin rendah faktor kualitas dari antenna maka mengakibatkan melebarnya suatu *bandwidth* antenna. Faktor kedua dalam pelebaran *bandwidth* diberikan oleh *tuning stub* yang dihubungkan secara *shunt* pada setiap saluran pencatu mikrostrip yang menuju *slot*. *Tuning stub* ini berfungsi untuk mengendalikan kondisi penyesuaian antara impedansi masukan pada saluran pencatu utama dengan impedansi di setiap *slot*. Faktor ketiga yaitu konfigurasi jaringan saluran catu juga sangat menentukan dalam pelebaran *bandwidth*. Semakin pendek saluran dari sumber pencatuan menuju *slot* akan semakin sedikit jumlah cabang pembagi saluran tersebut. Sehingga semakin efektif jaringan kondisi penyesuaian dalam antenna tersebut. Konfigurasi jaringan pencatu juga dapat mempengaruhi posisi letak antara *slot* pada jarak tertentu. Posisi letak antara *slot* yang tidak tepat akan menghasilkan efek saling meniadakan antara *slot* satu sama lain sehingga akan menurunkan kualitas efek kopling yang diberikan ke antenna (Riyanto, 2010).

2.4 Konsep Dasar *Ground Plane*

2.4.1 *Infinite Ground Plane* dan *Finite Ground Plane*

Seringkali karakteristik antenna digambarkan dengan mengasumsikan ukuran yang tidak terbatas dari substrat dan *ground plane* (*infinite*). Dalam prakteknya ukuran dari keduanya terbatas (*finite*) dan akan mempengaruhi kinerja antenna mikrostrip. Seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7, terlihat perbedaan fisis antenna mikrostrip yang menggunakan *ground plane* terbatas (*finite*) dan tidak terbatas (*infinite*).



Gambar 2.7 (a) Antena Mikrostrip dengan *Finite Ground Plane* dan (b) Antena Mikrostrip dengan *Infinite Ground Plane*

Sumber: C.L. Mak, 2003 : 12

2.4.2 Pengaruh *Finite Ground Plane* terhadap Kinerja Antena Mikrostrip

Pada penelitian sebelumnya tentang pengaruh *finite ground plane* terhadap kinerja antena mikrostrip, telah didapatkan hasil penelitian sebagai berikut :

- Perubahan ukuran dan bentuk *finite ground plane* tidak memberikan perubahan atau efek signifikan terhadap frekuensi resonansi antena mikrostrip (C.L. Mak, 2003:15)
- Perubahan ukuran dan luas *finite ground plane* mempengaruhi pola radiasi terutama pada bidang *E-Plane* dan menurunkan nilai maksimum *gain*. (J.T. Sri Sumantyo, 2005:100)
- Ukuran *ground plane* secara sensitif berpengaruh terhadap *Axial Ratio*. *Finite Ground Plane* berpengaruh terhadap difraksi yang terjadi di tepian *ground plane* yang berimbas pada performansi antena, terutama *axial ratio*. Ukuran *ground plane* berpengaruh terhadap karakteristik antena, terutama *gain* dan *axial ratio*. (J.T. Sri Sumantyo, 2006: 286)
- Pada ukuran *finite ground plane* yang bervariasi, didapatkan kinerja antena mikrostrip lingkaran berupa parameter *gain* maksimum pada saat radius *finite ground plane* berukuran $0.6 \lambda_0$. (Arun K. B, 1990:1)

2.5 Perancangan Antena Mikrostrip Segitiga Sama Sisi dengan Slot Persegi Panjang untuk Frekuensi Kerja 2,4 GHz

2.5.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.6
- 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
- Konduktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

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

$$h \leq \frac{0.3 c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-28)$$

dengan

h = ketebalan substrat (m)

c = kecepatan cahaya (m/s)

f_r = frekuensi kerja (Hz)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan

Substrat ini harus memenuhi syarat untuk digunakan pada frekuensi 2.4 GHz.

2.5.2 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 (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} (m) \quad (2-29)$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dihitung dengan persamaan

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} (m) \quad (2-30)$$

dengan

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

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

2.5.3 Perencanaan Dimensi *Patch* dan *Slot*

Panjang sisi segitiga sama sisi diperoleh dengan menggunakan persamaan (J. S. Dahele dan K. F. Lee, 1987):

$$f_{mn} = \frac{2c}{3a_{eff}\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{m^2 + mn + n^2} \quad (2-31)$$

$$a_{eff} = a + h(\epsilon_r)^{-1/2} \quad (2-32)$$

dengan

a = panjang sisi segitiga sama sisi (m)

c = kecepatan cahaya (m/s)

f_{mn} = frekuensi resonansi (Hz)

ϵ_r = konstanta dielektrik *substrat*

h = ketebalan *substrat* (m)

m, n = nilai *integer* dari mode distribusi gelombang EM pada *patch*.

Sedangkan untuk panjang dan lebar *slot* diperoleh dengan menggunakan persamaan (Pushpanjali 2006: 443).

$$L_s = \frac{\lambda_0}{5} \quad (2-33)$$

$$W_s = \frac{\lambda_0}{32} \quad (2-34)$$

dengan

L_s = panjang *slot* (m)

W_s = lebar *slot* (m)

λ_0 = panjang gelombang di ruang bebas (m)

2.5.4 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan (Surjati, 2006):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-35)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-36)$$

dengan

W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)

Z_o = impedansi karakteristik (Ω)

h = tebal *substrat* (m)

ε_r = konstanta dielektrik *substrat*

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dicari dengan menggunakan persamaan berikut (Astoto, 2004: 23):

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-37)$$

dengan

L = panjang saluran transmisi mikrostrip (L)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (m)

