

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

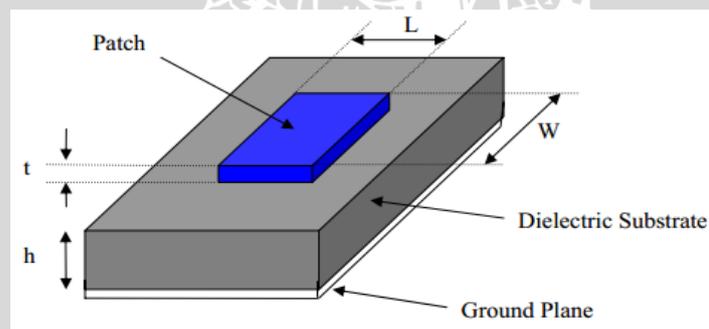
2.1 Pengertian Antena

IEEE *Standard Definitions of Terms for Antennas* mendefinisikan antena sebagai pemancar atau penerima gelombang radio. Dengan kata lain, antena merupakan media transisi antara ruang bebas dengan saluran transmisi yang dapat berupa kabel koaksial atau perangkat pemandu gelombang (*waveguide*) yang digunakan untuk mengirim energi elektromagnetik dari pemancar menuju antena atau dari antena menuju penerima. Berdasarkan hal ini, maka antena dapat dikelompokkan sebagai antena pemancar dan antena penerima (Balanis, 2005:1).

2.2 Antena Mikrostrip

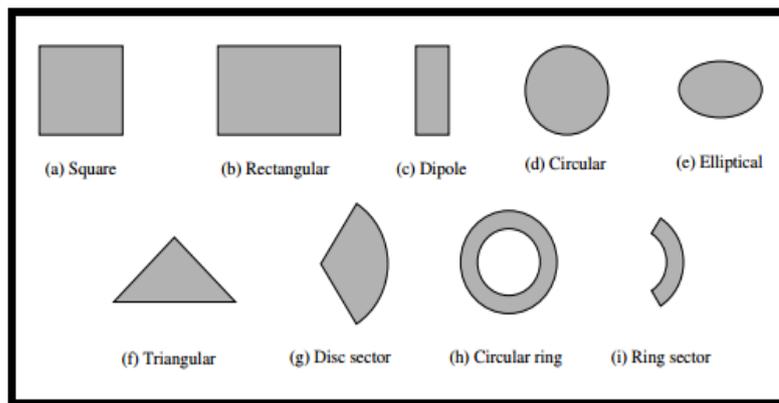
Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang populer saat ini, karena antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang memperhatikan bentuk dan ukuran. Ukuran yang kecil dan beratnya yang ringan membuat jenis antena ini sederhana untuk difabrikasi dan mudah diintegrasikan.

Pada dasarnya, antena mikrostrip terdapat beberapa bagian penting yaitu *patch*, *substrate*, dan *ground plane*, seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur antena mikrostrip
Sumber: Punit S. Nakar, 2004:31

Pada umumnya, *patch* terbuat dari lapisan logam seperti tembaga atau emas dengan ketebalan tertentu yang berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik. Bentuk *patch* antena mikrostrip bermacam-macam, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. *Patch* biasanya menjadi satu kesatuan dengan *feed line* yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya terukir pada *substrate* (Nakar, P. S., 2004:31).



Gambar 2.2 Bentuk *patch* antenna mikrostrip
 Sumber: Balanis, 2005:813

Setiap bentuk *patch* memiliki karakteristik masing-masing dan umumnya sangat tipis ($t \ll \lambda_0$, di mana λ_0 adalah panjang gelombang ruang bebas) dan mempunyai ketebalan berkisar $0,003 \lambda_0 \leq h \leq 0,05 \lambda_0$ dari atas *ground plane*. Namun, bentuk *patch* yang sering digunakan adalah *rectangular* dan *circular*. Untuk *patch rectangular*, panjang *patch* (L) biasanya berkisar $\lambda_0/3 \leq L \leq \lambda_0/2$ (Balanis, 2005:812).

Substrate merupakan bahan dielektrik yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan (*ground plane*). Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi sehingga dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r). Pada umumnya nilai konstanta dielektrik berkisar $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Pemilihan *substrate* sangat berpengaruh pada kinerja antenna, semakin tebal *substrate* maka nilai konstanta dielektrik semakin kecil, sehingga memberikan efisiensi yang lebih baik dan *bandwidth* yang lebih lebar, begitu sebaliknya. Akan tetapi, ukuran elemen akan menjadi semakin besar (Balanis, 2005:812).

Ground plane adalah bagian metalik pada sisi belakang *substrate*. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

2.2.1 Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip sangat diminati terutama dalam aplikasi *wireless* karena strukturnya yang *low profile*. Selain itu, antena mikrostrip juga mudah diintegrasikan dengan perangkat *wireless*, seperti pada telepon selular, *pager* dan digunakan untuk komunikasi satelit. Beberapa keuntungan dari antena mikrostrip adalah : (Kumar dan Ray, 2003)

1. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.
2. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.

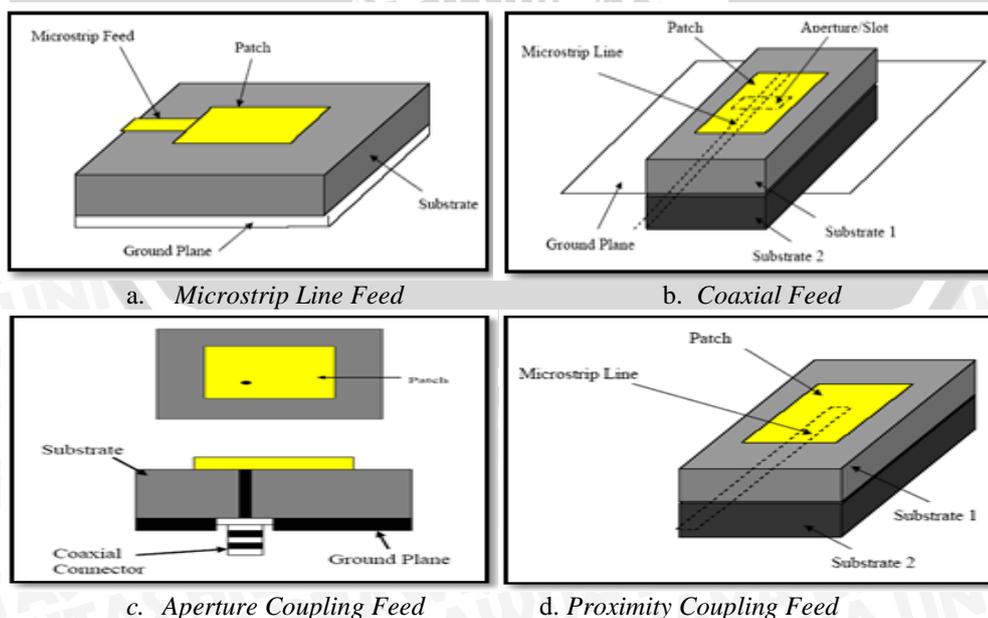
3. Biaya fabrikasi yang rendah.
4. Mendukung polarisasi linier dan sirkular.
5. Mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuit* (MICs).
6. Dapat dioperasikan dalam *dual frequency* dan *triple frequency*.
7. Tidak memerlukan catuan tambahan.

Namun, antenna mikrostrip juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu (Garg dkk, 2001):

1. *Bandwidth* yang sempit.
2. Tingkat efisiensi yang rendah.
3. Penguatan yang rendah.
4. Memiliki rugi-rugi hambatan (*ohmic loss*) pada pencatuan antenna.
5. Daya (*power*) yang rendah.

2.2.2 Teknik Pencatuan

Antena mikrostrip dapat dicatu dengan beberapa metode. Metode ini dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu terhubung (*contacting*) dan tidak terhubung (*non-contacting*). Metode terhubung (*contacting*), daya RF dicatukan secara langsung ke *patch* radiator dengan menggunakan elemen penghubung seperti *feed line*. Sedangkan pada metode tidak terhubung (*non-contacting*), dilakukan pengkopelan medan elektromagnetik untuk menyalurkan daya di saluran antenna mikrostrip dengan *patch*. Beberapa teknik pencatuan yang umum digunakan adalah teknik *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling* dan *proximity coupling* (Nakar, P. S., 2004:34).



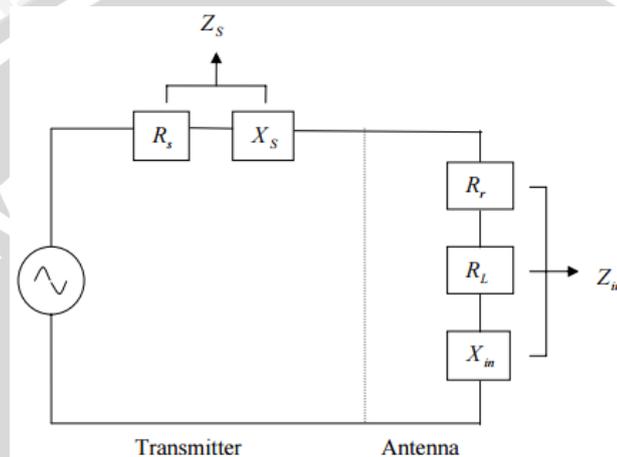
a. *Microstrip Line Feed* b. *Coaxial Feed*
 c. *Aperture Coupling Feed* d. *Proximity Coupling Feed*
Gambar 2.3. *Feed* atau teknik pencatuan pada antenna mikrostrip
 (Sumber: Punit S. Nakar, 2004:34)

2.3 Parameter Dasar Antena

Untuk menggambarkan kinerja dari suatu antena dapat dilihat dari beberapa parameter. Beberapa parameter tersebut saling berhubungan dan tidak semuanya diperlukan untuk menggambarkan kinerja antena secara keseluruhan (Balanis, 2005:27).

Beberapa parameter antena tersebut antara lain VSWR, *return loss*, *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi, *directivity*, dan *gain*.

2.3.1 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



Gambar 2.4 Rangkaian ekuivalen transmisi antena
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004:17)

Agar antena bekerja secara efisien, pengiriman daya maksimum harus ditempatkan di antara pemancar dan antena. Pengiriman daya maksimum hanya terjadi ketika impedansi antena (Z_{in}) sama dengan impedansi pemancar (Z_s), atau bisa disebut *matching*. Berdasarkan teorema transfer daya maksimum, daya maksimum hanya dapat dikirimkan jika impedansi pemancar (Z_s) adalah nilai konjugat kompleks dari impedansi antena, begitu sebaliknya seperti yang pada Gambar 2.4.

Kondisi tersebut dapat ditunjukkan dengan persamaan :

$$Z_{in} = Z_s^* \quad (2-1)$$

dimana:

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$$

$$Z_s = R_s + jX_s$$

Jika kondisi *matching* tidak tercapai, maka daya akan dipantulkan kembali dan menimbulkan gelombang berdiri (*standing wave*). Perbandingan antara besar tegangan maksimum (V_{max}) dan besar tegangan minimum (V_{min}) pada tegangan gelombang berdiri

disebut *Voltage Standing Wave Ratio*. VSWR dapat diekspresikan dengan persamaan berikut (Nakar, P. S., 2004:18) :

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

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_{in} - Z_s}{Z_{in} + Z_s} \quad (2-3)$$

dimana:

Γ = koefisien pantul

V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

Pada dasarnya, VSWR merupakan ukuran dari ketidakcocokan impedansi antara pemancar dan antenna. Semakin besar nilai VSWR, berarti semakin besar pula tingkat ketidakcocokannya. Kondisi yang paling baik adalah ketika dicapai nilai VSWR = 1 yang berarti semua sinyal keluaran *transmitter* dipancarkan oleh antenna dan tidak ada sinyal yang terpantul. Namun, kondisi seperti ini pada praktiknya sulit untuk didapat. Oleh karena itu standard VSWR yang diizinkan untuk fabrikasi adalah $VSWR \leq 2$.

2.3.2 Return Loss

Return loss merupakan parameter untuk mengetahui besarnya daya yang hilang pada beban dan kembali sebagai pantulan. Koefisien pantul adalah perbandingan antara tegangan gelombang yang dipantulkan dengan tegangan gelombang maju, yang ditunjukkan dengan persamaan berikut:

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

$$RL = -20 \log \Gamma \quad (2-5)$$

dimana:

Γ = koefisien pantul

RL = *Return Loss* (dB)

Antena dianggap baik jika memiliki nilai *return loss* dibawah -10 dB, yang berarti bahwa 90% sinyal dapat diserap dan 10% sinyal dipantulkan kembali (Punit, 2004:19). Untuk *matching* sempurna antara *transmitter* dan antenna, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya dipantulkan.

2.3.3 Lebar Pita (*Bandwidth*)

Bandwidth didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kinerja antenna dengan mengacu pada beberapa performansi karakteristik yang telah memenuhi standard. Pada antenna *broadband*, lebar pita dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja antenna. Pada antenna *narrowband*, lebar pita dinyatakan sebagai presentase selisih frekuensi (frekuensi atas dikurangi frekuensi bawah) terhadap frekuensi tengah (Punit, 2004:22), yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$BW_{broadband} = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-6)$$

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

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

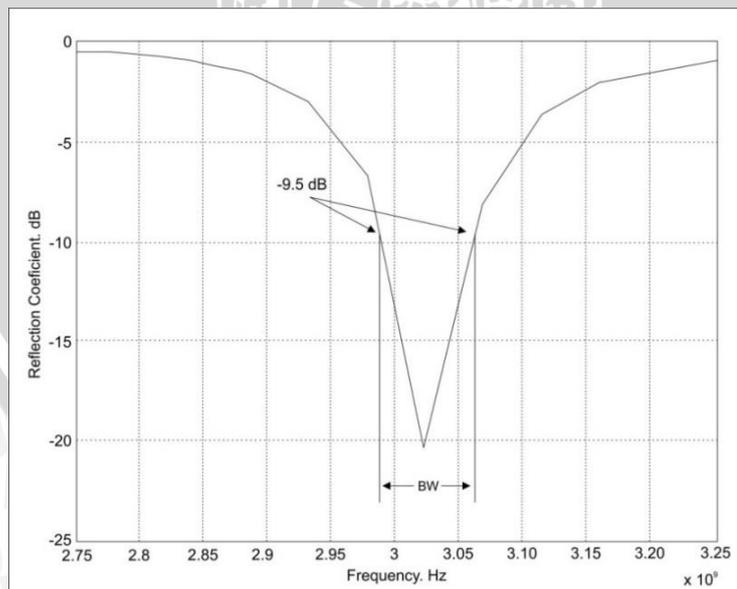
dimana:

f_u = frekuensi atas

f_l = frekuensi bawah

f_c = frekuensi tengah (*center*)

Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi pada hasil pengukuran *return loss* atau VSWR yang digambarkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Pengukuran *bandwidth* berdasarkan *plot return loss*
Sumber: Nakar, 2004:22

2.3.4 Gain

Efisiensi antenna untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi sangatlah penting dalam sistem antenna. Untuk menyatakan power *gain* (*gain*) didefinisikan sebagai 4π dikalikan dengan perbandingan dari intensitas radiasi dengan daya total yang diterima antenna dari pemancar. Dalam bentuk matematis dapat dinyatakan sebagai berikut : (Balanis, 2005:65)

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2-9)$$

dimana:

$U(\theta, \phi)$ = intensitas radiasi antenna (W)

P_{in} = daya masukan total yang diterima antenna (W)

Gain antenna dibedakan menjadi *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 , yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

dimana:

G = *gain* antenna (dB)

Relative gain suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antenna referensi dalam acuannya (dengan catatan bahwa kedua antenna mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antenna referensi yang digunakan berupa antenna sumber isotropis tanpa rugi. Persamaan (2-10)

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada amplifier. Penguatan daya 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:

$$G = 1.64x \frac{P_U}{P_R} \tag{2-11}$$

$$G = 10 \log 1.64x \frac{P_U}{P_R} \tag{2-12}$$

$$G = 2.15 + P_U(dBm) - P_R(dBm) \tag{2-13}$$

dimana:

G = gain antenna uji (dB)

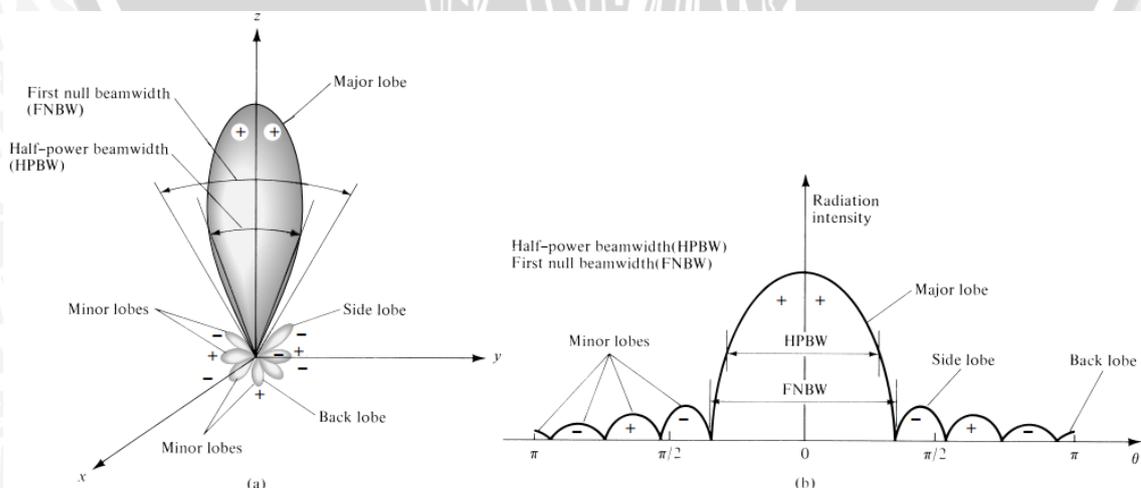
P_U = daya yang diterima antenna uji (W)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.3.5 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. Bagian dari pola radiasi disebut dengan *lobe*, yang dapat diklasifikasikan kembali sebagai *major/main lobe*, *minor lobe*, *side lobe*, dan *back lobe* (Balanis 2005:27).

- a. *Main lobe* : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum
- b. *Minor lobe* : Semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. *Minor lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan.
- c. *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan 180° dengan *main lobe*
- d. *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*



Gambar 2.6 Pola radiasi (a) lobe radiasi dan *beamwidth* dari pola antenna (b) gambaran secara linier pola radiasi

Sumber: Balanis, 2005

Beamwidth merupakan sudut pancaran yang memisahkan antara dua titik identik pada sisi yang berlawanan pada pola maksimum. Dalam pola radiasi antenna yang perlu diperhatikan adalah *Half Power Beamwidth (HPBW)* dengan definisi menurut IEEE adalah suatu bidang yang terdapat pada arah maksimum dari beam, sebuah sudut antara dua arah dimana intensitas radiasi adalah setengah dari nilai beam. Selain itu *beamwidth* yang harus diperhatikan adalah *First Null Beamwidth (FNBW)*, yaitu sudut yang dilingkupi *main lobe*. (Balanis, 2005:42)

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*. Hal tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan (Stutzman, 1981:29)

$$SLL = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| (dB) \tag{2-14}$$

dimana:

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

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

Nilai F/B suatu antenna 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

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_i} \tag{2-15}$$

dimana:

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

P_m = daya puncak *main lobe*

P_i = daya puncak *back lobe*

Pola radiasi antenna dibagi menjadi tiga jenis yaitu isotropis, *directional*, dan *omnidirectional*.

a. Isotropis

Pola radiasi isotropis berarti arah pancaran antenna ke berbagai arah dengan energi yang sama besar pada seluruh bidang. Dalam bentuk tiga dimensi, pola radiasinya menyerupai bola. Secara teoritis, antenna yang memiliki pola radiasi isotropis

merupakan jenis antena ideal dan dijadikan sebagai referensi dalam pengukuran antena lain, tetapi tidak mungkin direalisasikan.

b. *Directional*

Pola radiasi *directional* berarti arah pancaran antena ke satu arah. Antena dengan pola radiasi *directional* biasanya digunakan pada komunikasi *point to point*.

c. *Omnidirectional*

Pola radiasi *Omnidirectional* memiliki arah pancaran antena ke berbagai arah dengan energi yang sama besar pada satu bidang.

2.4 Dimensi Antena Mikrostrip *Patch Rectangular*

Bentuk *patch* dari antena mikrostrip sangat beragam. *Patch* ini dapat berbentuk persegi, persegi panjang, lingkaran, segitiga, elips dan lain sebagainya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Akan tetapi bentuk *patch* yang paling populer adalah segiempat (*rectangular*) dan lingkaran (*circular*) karena kemudahan dalam analisis dan proses fabrikasi yang sederhana. (Hermansyah, 2010)

Sejauh ini, *patch* segiempat (*rectangular*) yang paling banyak digunakan. *Patch* segiempat lebih mudah difabrikasi karena bentuknya yang lebih sederhana. Hanya dengan menyisakan metal yang berbentuk segiempat pada proses *etching*. (Hanafiah, 2008)

Sebelum merancang sebuah antena mikrostrip *patch* segiempat (*rectangular*), terlebih dahulu harus diketahui spesifikasi bahan yang digunakan seperti ketebalan dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), dan dielektrik *loss tangent* ($\tan \delta$). Dari nilai tersebut dapat diperoleh dimensi antena mikrostrip (W dan L). Pendekatan yang digunakan untuk menentukan panjang dan lebar antena mikrostrip dapat menggunakan persamaan (Ramesh, 2001:253-270):

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (2-16)$$

dimana:

W = lebar konduktor

c = kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8)

f_0 = frekuensi kerja antena

ϵ_r = konstanta dielektrik

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan perubahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Perubahan panjang ΔL dapat ditentukan menggunakan persamaan (Ramesh, 2001:253-270):

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_e + 0.3) \left[\frac{W}{h} + 0.264 \right]}{(\epsilon_e - 0.258) \left[\frac{W}{h} + 0.813 \right]} \quad (2-17)$$

Dimana h merupakan ketebalan substrat dan ϵ_e adalah konstanta permitivitas efektif yang diperoleh dari persamaan:

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2-18)$$

Panjang *patch* (L) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$L = L_{eff} + 2\Delta L \quad (2-19)$$

Dengan L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} \quad (2-20)$$

Lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Liang J, 2005):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-21)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-22)$$

dimana:

W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

h = tebal *substrate* (m)

ϵ_e = konstanta dielektrik efektif

Untuk memperoleh dimensi minimum *groundplane*, dapat menggunakan pendekatan pada persamaan di bawah ini: (Torang, 2009)

$$Ag = 6t + a \quad (2-23)$$

dimana:

Ag = nilai dimensi minimum *groundplane*

t = ketebalan tembaga

a = lebar *patch*

2.5 Pengaruh Perubahan Temperatur pada Kinerja Antena

Suhu antena dan suhu lingkungan mempengaruhi ketahanan radiasi suatu antena. Hal ini menyebabkan antena kehilangan sinyal dan mengganggu kinerja antena. (Yadava, 2011)

Jika temperatur pada bahan antena cukup tinggi, nilai konstanta dielektrik akan menurun yang dapat mengganggu kemampuan antena untuk menerima sinyal dengan baik. Temperatur yang tinggi juga dapat menyebabkan degradasi bahan antena (Mckeen, 2007). Mckeen telah mengemukakan ekspansi termal linier yang menunjukkan hubungan antara rasio termal, l , dan temperatur sebagai berikut:

$$\Delta l_{\text{termal}} = l \times \alpha \times \Delta T \quad (2-24)$$

dimana:

Δl_{termal} = penambahan panjang

l = panjang pada suhu normal

α = koefisien ekspansi termal ($50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

Selain itu, hubungan antara temperatur dan ϵ_r dituliskan dengan persamaan berikut :

$$\epsilon_r = 0.00072T + \epsilon_r(at T = 27^{\circ}\text{C}) \quad (2-25)$$

Dari persamaan di atas, dapat dihitung pengaruh perubahan temperatur pada perluasan dimensi substrat dan konstanta dielektrik antena mikrostrip. Panjang atau lebar baru antena mikrostrip akan terjadi karena pengaruh *fringing effect* dan ekspansi termal. Panjang atau lebar baru antena mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan:

$$L = l_0 + \Delta l_{\text{fringing}} + \Delta l_{\text{thermal}} \quad (2-26)$$

Perubahan frekuensi resonansi dan perubahan dimensi yang disebabkan oleh perubahan temperatur dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{\delta f}{f_0} = -\frac{\delta l}{l} = -\alpha_t \delta T \quad (2-27)$$

Hubungan antara frekuensi resonansi dan konstanta dielektrik dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\frac{\delta f}{f_0} = -\frac{1}{2} \frac{\delta \epsilon_r}{\epsilon_r} \quad (2-28)$$

dimana:

δf = perubahan pada frekuensi resonansi

δL = perubahan dimensi panjang antena

δT = perubahan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

$\delta \epsilon_r$ = perubahan konstanta dielektrik

l = panjang antena mikrostrip

f_0 = frekuensi resonansi antena mikrostrip

α_t = koefisien ekspansi termal ($50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

