

BAB II DASAR TEORI

2.1 Konsep Dasar dan Parameter-Parameter 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, 1982 :17)

Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Parameter-parameter antena adalah suatu hal yang sangat penting untuk menjelaskan unjuk kerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi unjuk kerja suatu antena.

2.1.1 Impedansi Masukan

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang ditunjukkan oleh antena pada terminal – terminalnya atau perbandingan tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya (Balanis, 1982: 53). Perbandingan tegangan dan arus pada terminal – terminal tanpa beban, memberikan impedansi masukan antena sebesar (Balanis, 1982: 54) :

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

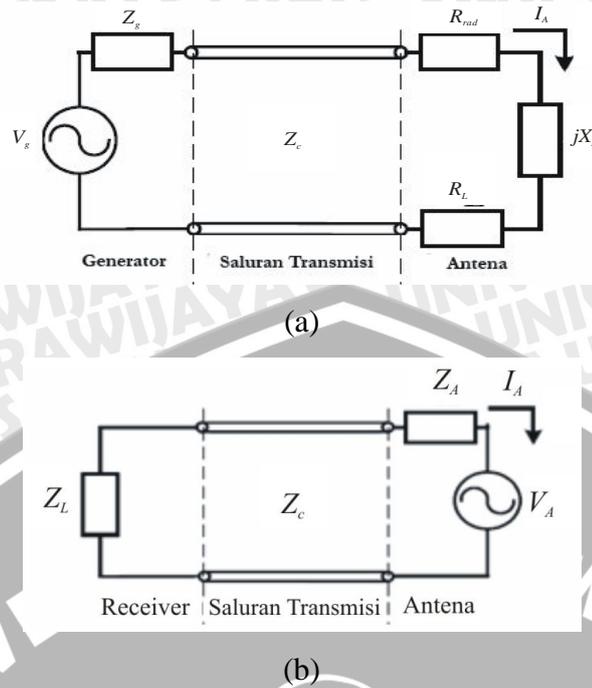
dengan :

$$Z_A = \text{impedansi antena } (\Omega)$$

$$R_A = \text{resistansi antena } (\Omega)$$

$$X_A = \text{reaktansi antena } (\Omega)$$

Antena merupakan instrumen yang penting dalam suatu sistem komunikasi radio yang berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan/meradiasikan dan menerima radiasi gelombang elektromagnetik (*IEEE standard Definitions of Terms 145-1983*). Dengan kata lain antena adalah media peralihan antara saluran transmisi dengan ruang bebas, yang mengubah energi dari gelombang yang dipandu menjadi energi gelombang elektromagnetik atau sebaliknya.



Gambar 2.1 (a) Rangkaian ekivalen saluran transmisi dengan mode memancar (b) Rangkaian ekivalen saluran transmisi dengan mode menerima.

Sumber: Punit S. Nakar (2004 : 31)

Keterangan :

- V_g = generator sumber tegangan (volt)
- Z_g = impedansi generator (Ω)
- R_{rad} = resistansi radiasi (Ω)
- R_L = resistansi rugi (Ω)
- jX_A = reaktansi antena (Ω)
- Z_A = impedansi antena (Ω)

Dalam kondisi ideal, energi yang dihasilkan oleh sumber seharusnya ditransmisikan seluruhnya oleh antena. Namun pada kenyataannya terdapat kerugian konduksi-dielektrik yang diakibatkan oleh rugi-rugi yang umum terjadi pada suatu saluran transmisi dan ketidaksesuaian impedansi antara saluran transmisi dengan antena.

2.1.2 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):

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

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan :

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

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (2-4)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

Nilai VSWR perlu dibatasi karena kualitas antenna dapat dikatakan baik bila nilai VSWR-nya tidak melampaui 3 (Wasito.S, 1986: 310)

2.1.3 Return Loss (RL)

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 antenna dan *transmitter*.

Koefisien pantul (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantul dengan tegangan datang (*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):

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

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-6)$$

$$RL = 20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-7)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*) (volt)

V_i = tegangan gelombang datang (*incident wave*) (volt)

RL = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara pemancar dan antenna, maka nilai $\Gamma = 0$ dan RL = ∞ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan RL = 0 dB maka semua daya dipantulkan.

2.1.4 Pola Radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) merupakan salah satu parameter penting dari suatu antenna. Parameter ini sering dijumpai dalam spesifikasi suatu antenna, sehingga dapat digambarkan bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna tersebut.

Dalam hal ini, maka pola radiasi disebut juga pernyataan secara grafis yang menggambarkan sifat radiasi dari antenna (pada medan jauh) sebagai fungsi dari arah dan penggambarannya dapat dilihat pada diagram pola radiasi yang sudah diplot sesuai dengan hasil pengukuran sinyal radiasi dari suatu antenna. Gambar 2.2 menunjukkan pola radiasi yang digambarkan dalam koordinat arah baik 2 maupun 3 dimensi.



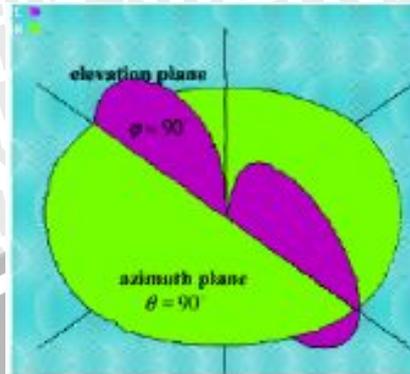
Gambar 2.2 Dimensi pola radiasi

Sumber : Budi Aswoyo (2004:67)

Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila intensitas radiasi yang digambarkan adalah kuat medannya dan disebut pola daya (*power pattern*) apabila intensitas radiasi yang digambarkan adalah vektor *pointing*-nya.

Apabila dilihat dari penamaan bidang pola radiasi ada 4 macam, yaitu: Bidang H ialah bidang magnet dari pola radiasi antenna, bidang E ialah medan listrik dari pola radiasi antenna, bidang elevasi ialah pola radiasi yang diamati dari sudut elevasi dan bidang azimuth ialah pola radiasi yang diamati dari sudut azimuth, dimana antara

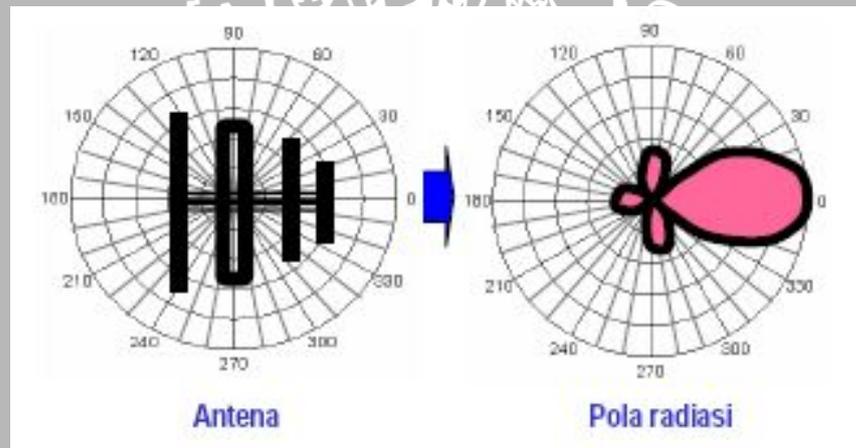
bidang H dan bidang E saling tegak lurus dan antara bidang elevasi dan bidang azimuth juga sama saling tegak lurus.



Gambar 2.3 Ilustrasi bidang pola radiasi

Sumber : Ardiansyah Nachwan Mufti (2002:24)

Pada gambar 2.3 memperlihatkan bentuk koordinat pada bidang pola radiasi, untuk warna hijau ialah bidang azimuth atau bidang H, sedangkan warna ungu menjelaskan bidang elevasi atau E



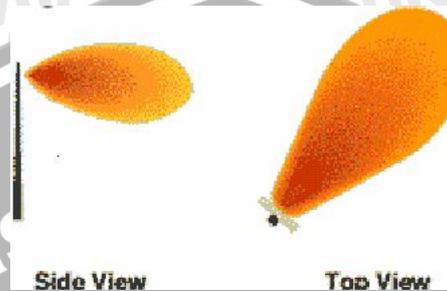
Gambar 2.4 Ilustrasi pola radiasi dalam koordinat polar

Sumber : Budi Aswoyo (2004:55)

Pada gambar 2.4 menjelaskan ilustrasi pola radiasi dengan antenna dalam koordinat polar (polar plot), sengaja diambil dari contoh di atas antenna yang digunakan pada gambar tersebut adalah antenna *directional* berupa antenna yagi, agar nampak lebih jelas pengaruh posisi antenna terhadap radiasi yang dipancarkan oleh antenna tersebut.

2.1.4.1 Pola Radiasi Antena *Directional*

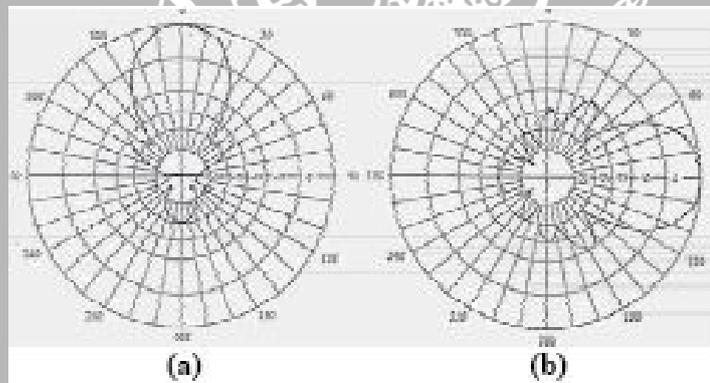
Antena *Directional* biasanya digunakan oleh *client*, dikarenakan antena ini mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh dari pada antena lainnya. Ada beberapa macam antena *directional* antara lain: Yagi, plat panel, parabola, *tin can antenna*, parabolic reflektor dan lain-lainnya. Pola radiasi antena ini digambarkan pada gambar seperti dibawah ini.



Gambar 2.5 Pola Radiasi Antena *Directional*

Sumber : Budi Aswoyo (2004:44)

Gambar 2.5 di atas merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena *directional*, apabila digambarkan dalam koordinat polar atau grafik pola radiasi adalah seperti gambar 2.6 dibawah ini.

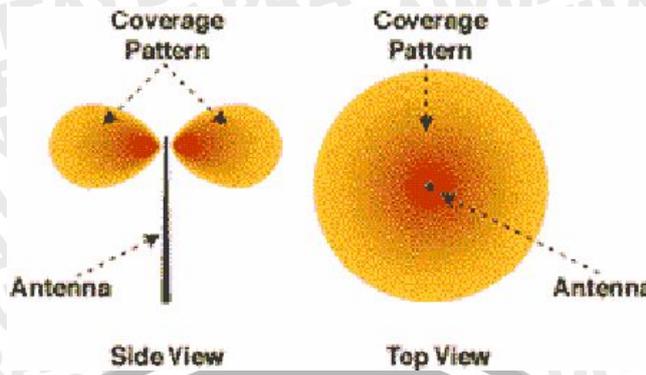


Gambar 2.6 Pola radiasi gelombang antena *Directional* (a) Pola radiasi bidang medan magnet (H) (b) Pola radiasi bidang medan listrik (E)

Sumber : Onno W. Purbo (2005:151)

2.1.4.2 Pola Radiasi Antena *Omnidirectional*

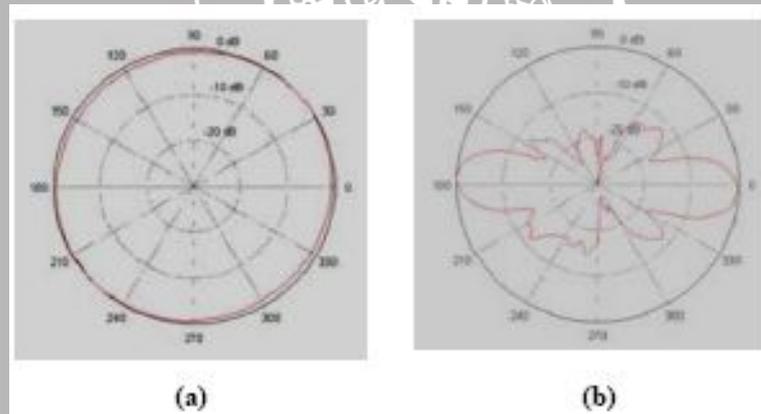
Antena *Omnidirectional* pada umumnya mempunyai pola radiasi 360 derajat. Karena memiliki berkas yang sama ke semua arah sehingga antena *omnidirectional* kebanyakan memiliki gain yang rendah.



Gambar 2.7 Pola Radiasi Antena *Omnidirectional*

Sumber : Budi Aswoyo (2004:47)

Gambar 2.7 di atas merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna *omnidirectional*, apabila digambarkan dalam koordinat polar atau grafik pola radiasi adalah seperti gambar 2.8 dibawah ini.

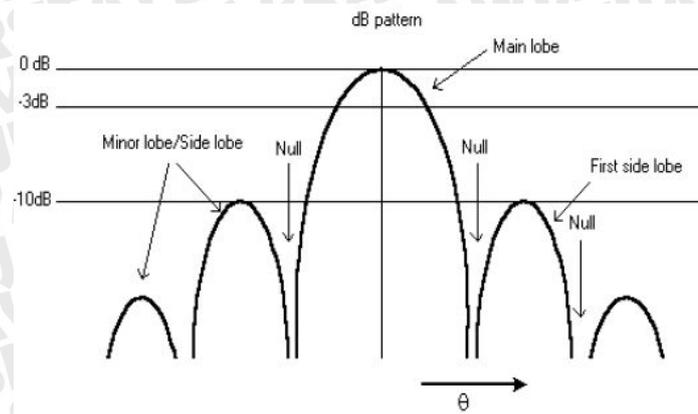


Gambar 2.8 Pola radiasi gelombang antenna *Omnidirectional* (a) Pola radiasi bidang medan magnet (H) (b) Pola radiasi bidang medan listrik (E)

Sumber : Onno W. Purbo (2005:147)

2.1.5 Lobe-lobe Pola Radiasi dan *Beamwidth*

Pola radiasi terdiri dari lobe-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. Gambar 2.9 menunjukkan lobe-lobe dalam koordinat *rectangular*.



Gambar 2.9 Lobe-lobe pada pola radiasi

Sumber : Balanis (1982)

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 antenna, yang terdiri dari *main beam area* dan *minor-lobe beam area* dengan rumusan sebagai berikut (Kraus, 1988) :

$$\Omega_A \approx \Omega_M + \Omega_m \quad (\text{steradian}) \quad (2-8)$$

dengan :

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

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

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

dengan mengabaikan *minor lobe*, maka diperoleh (Kraus, 1988) :

$$\Omega_A \approx \theta_{HP} \cdot \phi_{HP} \quad (\text{steradian}) \quad (2-9)$$

atau

$$\Omega_A \approx 3283 \times \theta^{\circ}_{HP} \cdot \phi^{\circ}_{HP} \quad (\text{derajat}^2) \quad (2-10)$$

dengan :

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

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

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

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

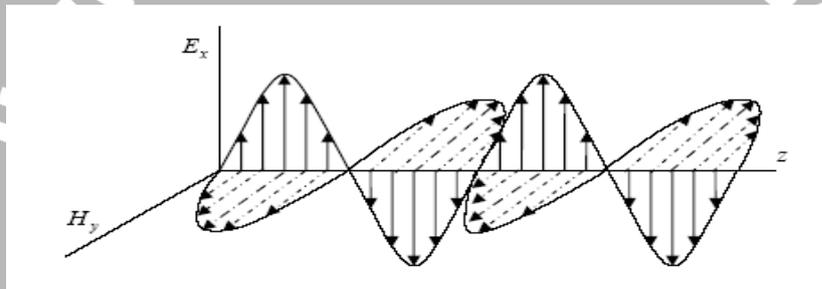
$$\Omega_A = \text{beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

2.1.6 Polarisasi

Polarisasi suatu antena pada arah tertentu didefinisikan sebagai polarisasi gelombang yang diradiasikan bila antena sebagai pemancar, atau polarisasi gelombang datang yang menghasilkan daya maksimum pada terminal-terminal antena bila antena sebagai penerima (Balanis, 1982 : 48)

Polarisasi dari antena tergantung oleh polarisasi vektor medan listrik yang diradiasikan. Dengan kata lain, posisi dan arah dari medan listrik dengan referensi permukaan bumi atau tanah menggambarkan bentuk polarisasi gelombang tersebut.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi, merupakan sifat-sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan perubahan arah dan nilai relatif vektor medan listrik sebagai fungsi waktu. Gambar 2.10 adalah contoh polarisasi linier dimana medan E dan H selalu saling tegak lurus



Gambar 2.10 Polarisasi linier (vertikal)

Sumber: Punit S. Nakar (2004 : 20)

2.1.7 Gain Antena

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada amplifier. Penguatan daya disini mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktiknya *gain* antena biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antena standar dipole $\frac{1}{2} \lambda$ yang kira-kira 1,64 kali atau 2,15 dB dibandingkan dengan suatu radiator isotropis. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah :

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

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

$$G = 2,15 + P_{RX}(\text{dBm}) - P_{REF}(\text{dBm}) \quad (2-13)$$

dengan :

G = gain antenna uji (dB)

P_{RX} = daya yang diterima antenna uji (W)

P_{REF} = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.1.8 Lebar Pita (Bandwidth)

Bandwidth antenna didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi, yang didalam jangkauan frekuensi ini unjuk kerja antenna berkenaan dengan beberapa karakteristiknya memenuhi standar yang dispesifikasikan (Balanis, 1982 : 47)

Bandwidth dapat pula diartikan sebagai *range* frekuensi pada kedua sisi frekuensi tengah (frekuensi resonansi) dimana karakteristik antenna lainnya berada pada nilai yang dapat diterima pada frekuensi tengah tersebut. Salah satu cara untuk menentukan efisiensi kerja sebuah antenna berdasarkan *range* frekuensinya adalah dengan mengukur VSWR, antenna yang bagus memiliki nilai $VSWR \leq 2$ ($RL \geq -9.5 \text{ dB}$)

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

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-14)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2-15)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-16)$$

dengan :

B_p = *bandwidth* dalam persen (%)

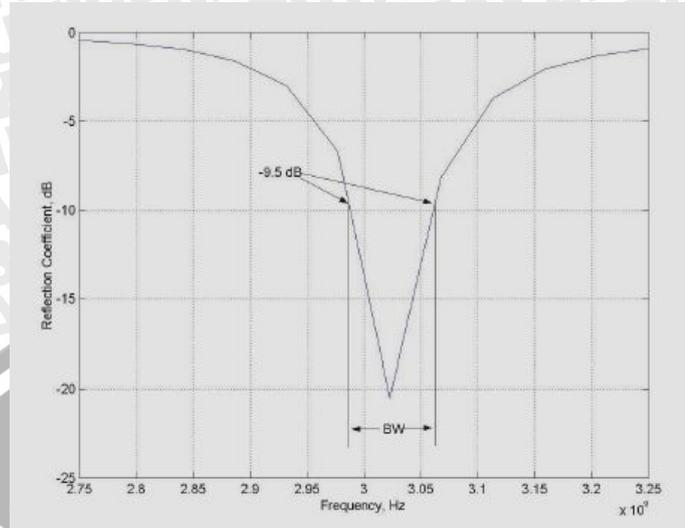
B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas

f_l = jangkauan frekuensi bawah

Pengukuran *bandwidth* dapat dilakukan melalui 2 cara yaitu melalui plot VSWR dan melalui plot *return loss*. Pengukuran *bandwidth* melalui VSWR diukur dari frekuensi bawah (f_l) yang memiliki nilai $VSWR < 2$ begitu juga dengan frekuensi atas

(fu). Gambar 2.12 merupakan pengukuran bandwidth berdasarkan plot return loss dengan nilai minimum return loss -10 dB



Gambar 2.11 Pengukuran bandwidth berdasarkan plot return loss
 Sumber: Punit S. Nakar (2004 : 22)

2.1.9 Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antenna dengan intensitas radiasi dari sumber isotropis. Keterarahan dapat dihitung dengan menggunakan hasil pengukuran pola radiasi, salah satu metode yang diperkenalkan oleh Kraus menggunakan prosedur sebagai berikut:

1. Mengukur pola radiasi horisontal dan vertikal antenna yang diuji
2. Menentukan nilai -3dB beamwidth setengah daya dari pola radiasi horisontal dan vertikal
3. Menghitung *directivity* dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = \frac{4\pi_{(steradian)}}{\theta \cdot \phi_{(radian^2)}} \tag{2-17}$$

1 steradian = 1 radian²

dengan :

D = *directivity* (tanpa satuan)

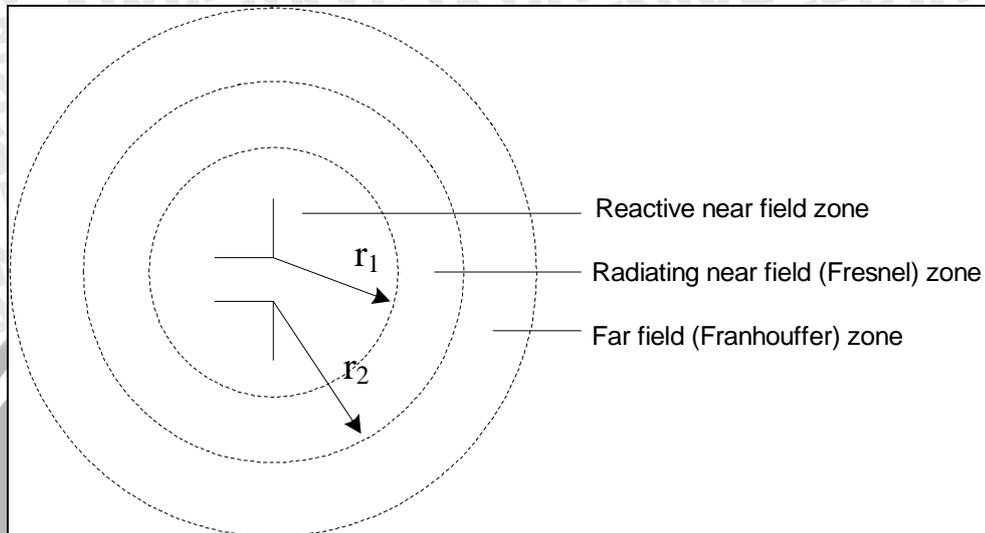
θ = -3dB *beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)

Φ = -3dB *beamwidth* pola radiasi horisontal (rad)



2.1.10 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 2.13



Gambar 2.12 Pembagian daerah medan radiasi antenna

Sumber: Balanis (1982: 22)

dengan $r_1 = 0,62\sqrt{D^3/\lambda}$,

$$r_2 = 2D^2/\lambda$$

r_1 dan r_2 = 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:

$$r < 0,62\sqrt{D^3/\lambda} \tag{2-18}$$

- *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:

$$0,62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda \quad (2-19)$$

- *Far-Field (Fraunhofer) Zone*

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

Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty \quad (2-20)$$

dengan r = jarak medan radiasi (m)

λ = panjang gelombang (m)

D = dimensi antenna (m)

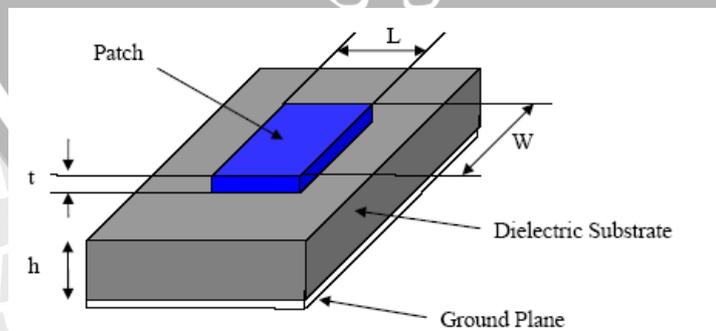
Pola medan pada daerah ini mempunyai komponen-komponen medan saling tegak lurus.

2.2 Bentuk dan Teknik Pencatuan Antena *Microstrip*

2.2.1 Bentuk Umum Antena *Microstrip*

Antena *microstrip* adalah antenna yang terdiri dari lapisan peradiasi (*patch*) yang digroundkan. *Patch* bisa memiliki berbagai macam bentuk seperti lingkaran, segitiga, kotak atau persegi panjang. Kelebihan antenna ini adalah pada segi fisik yang kecil dan ringan.

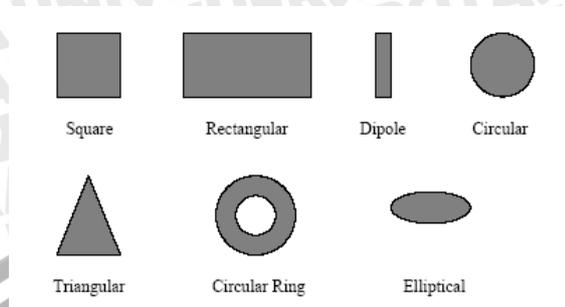
Dalam berbagai bentuk pada umumnya antenna *microstrip* tersusun atas *patch* atau bidang radiasi pada satu sisi dan sisi lain adalah bidang pentanahan (*ground*) yang dibatasi oleh substrat tertentu dengan nilai permitifitas tertentu seperti ditunjukkan pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Struktur antenna *microstrip*

Sumber: Punit S. Nakar (2004 : 31)

Antena *microstrip* mempunyai berbagai macam bentuk geometri dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti terdapat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Macam-macam bentuk elemen *microstrip*

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 performansi 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 performansinya.

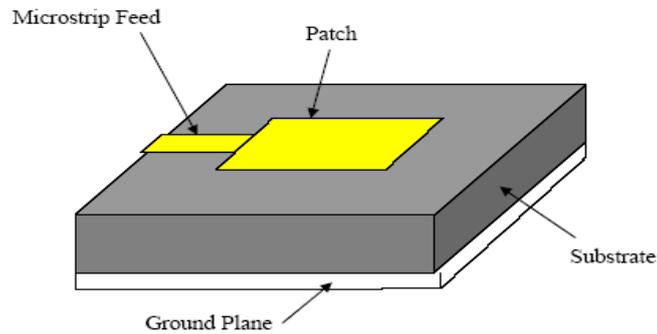
2.2.2 Teknik Pencatuan Antena *Microstrip*

Teknik *feed* atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antara antena *microstrip* dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena *microstrip*. Secara mendasar ada dua cara yaitu dengan kontak langsung maupun kontak tidak langsung atau tidak bersentuhan. Kontak langsung dilakukan dengan menghubungkan secara langsung saluran *microstrip* dengan elemen *patch* atau saluran transmisi. Sedangkan hubungan kontak tidak langsung menggunakan metode kopel medan listrik untuk mentransfer daya dari saluran ke bagian peradiasi. Ada 4 cara yang biasanya digunakan pada pencatuan antena *microstrip* yaitu *microstrip line*, *coaxial feed*, *aperture coupling* dan *proximity coupling*.

2.2.2.1 *Microstrip Line Feed*

Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian samping *patch microstrip*. Lebar *strip* konduktor lebih kecil dari pada elemen

peradiasi antena *microstrip*, dengan mengatur posisi strip konduktor maka impedansi *matching* antena dapat didapat tanpa tambahan rangkaian impedansi *matching*.

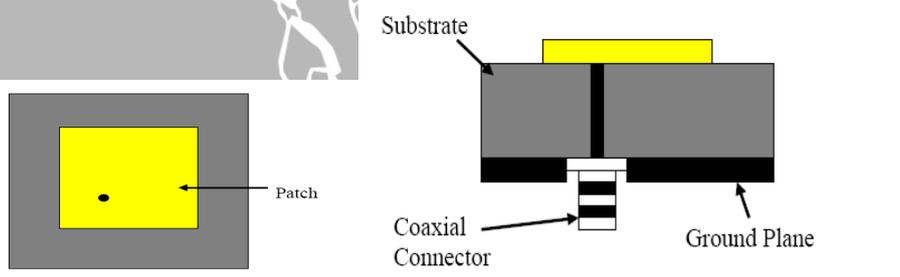


Gambar 2.15 *Microstrip Line Feed*

Sumber: Punit S. Nakar (2004: 34)

2.2.2.2 Coaxial Feed

Coaxial feed atau *probe feed* adalah teknik yang umum digunakan pada pencatutan antena. Seperti terlihat pada gambar 2.16 konduktor bagian dalam dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel *coaxial* dihubungkan dengan bidang pentanahan (*ground plane*).



Gambar 2.16 Metode *Coaxial feed*

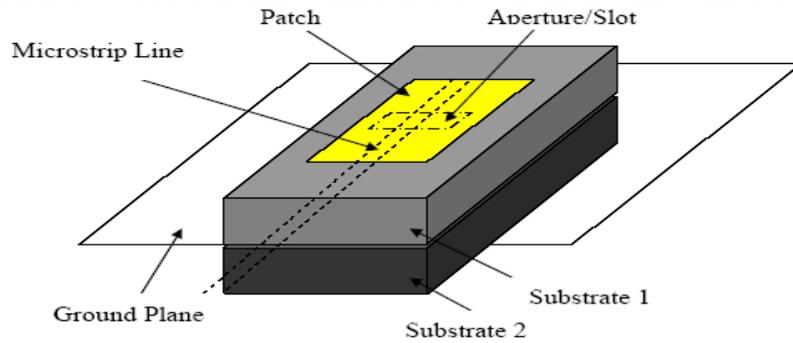
Sumber: Punit S. Nakar (2004: 35)

Kelebihan dari metode ini adalah pencatutan dapat diletakkan pada letak yang diinginkan untuk mendapatkan *matching* impedansi dari antena. Metode ini mudah dalam pembuatan tetapi mempunyai kelemahan yaitu *bandwidth* antena yang sempit.

2.2.2.3 Aperture Coupling

Pada tipe pencatutan ini elemen peradiasi dan bagian pencatu terpisah dengan bidang pentanahan (*ground plane*) seperti pada gambar 2.17 *Coupling* antara elemen peradiasi antena (*patch*) dan saluran pencatu (*line feed*) dibuat melalui *slot* atau

aperture. Untuk mengoptimalkan radiasi antara elemen peradiasi dengan saluran pencatu maka dapat digunakan substrat yang berbeda.

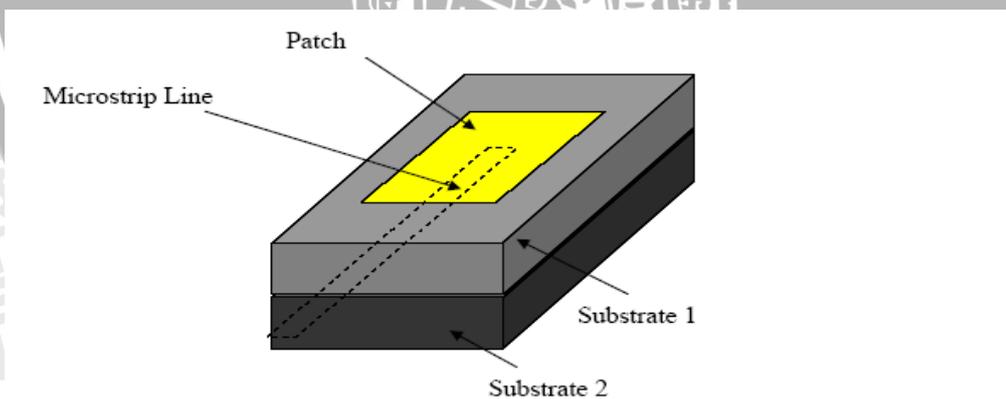


Gambar 2.17 Aperture Coupling Feed

Sumber: Punit S. Nakar (2004: 36)

2.2.2.4 Proximity Coupling

Metode ini disebut juga *coupling* elektromagnetik, seperti pada gambar 2.18 terdapat dua bahan substrat dengan meletakkan saluran pencatu diantara kedua substrat dan bagian elemen peradiasi pada substrat bagian atas. Kelebihan dari metode ini adalah *bandwidth* yang lebih lebar dari pada teknik pencatuan yang lain. Untuk optimasi antenna dapat digunakan bahan substrat yang berbeda. *Matching* dapat diperoleh dengan mengatur panjang saluran pencatu dan perbandingan lebar saluran pencatu dengan lebar elemen peradiasi.

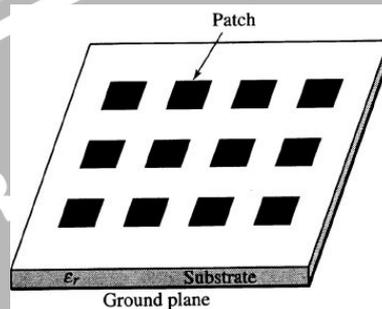


Gambar 2.18 Proximity Coupling Feed

Sumber: Punit S. Nakar (2004: 37)

2.3 Antena Array

Desain antena dengan penguatan yang tinggi sangat diperlukan untuk komunikasi jarak jauh. Salah satu cara yang lebih praktis adalah dengan membuat antena yang terdiri dari beberapa elemen peradiasi (*array*). Dengan kata lain *array* adalah beberapa elemen antena yang disusun dan saling berhubungan untuk menghasilkan pola radiasi tertentu (Stutzman, 1981 : 108). Gambar 2.19 adalah contoh desain antena patch yang disusun *array*

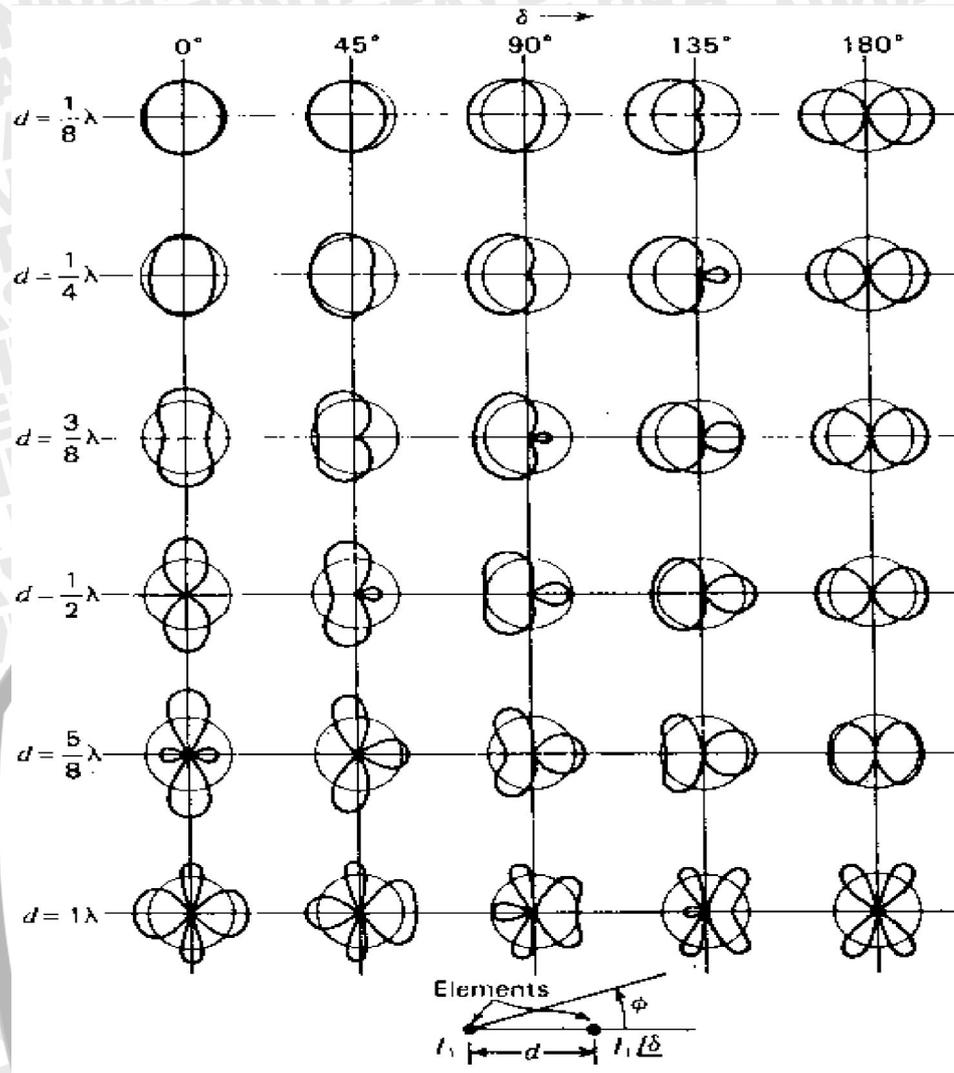


Gambar 2.19 Antena *arrays*

Sumber: *Introduction of antenna study* (2001:11)

Antena *array* tersusun dengan memperbanyak jumlah elemen peradiasi yang biasanya dengan model dan ukuran elemen yang sama. Penyusunan antenna array ini akan menghasilkan karakteristik pola radiasi yang unik, dan tidak dapat diperoleh melalui perancangan pada elemen tunggal. Perancangan dan analisis antena *array* sangat berkaitan dengan pemrosesan sinyal. Aplikasi antena *array* diantaranya adalah untuk smart antena, antena pemroses sinyal dan untuk *tracking* antena.

Penguatan antena *array* adalah merupakan penjumlahan dari daya yang dipancarkan dari daya yang dipancarkan dari setiap elemen radiasi pada arah tertentu, sehingga semakin banyak elemen *array* penguatan akan semakin besar. Antena *array* selain mempunyai keuntungan, juga mempunyai kerugian. Kerugiannya yaitu adanya kopel bersama (*mutual coupling*) yang terjadi antara elemen peradiasi dengan elemen peradiasi yang lain, antara elemen peradiasi dengan saluran transmisi maupun saluran transmisi dengan saluran transmisi yang lain. Tetapi kerugian ini dapat dikurangi dengan mengatur jarak antar elemen peradiasi.



Gambar 2.20 Macam-Macam Pola Radiasi 2 Elemen Peradiasi

Sumber: John D Krauss (1988:452)

Pada gambar 2.20 menunjukkan pola radiasi antenna dapat dirubah dengan cara menggeser jarak antara elemen atau dengan mengubah sudut fasa frekuensi masukan.

2.4 Perencanaan dan Pembuatan Antena *Microstrip Circular Array*

2.4.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.5
- Ketebalan dielektrik (h)

$$= 0.0016 \text{ m} = 1.6 \text{ mm}$$

- $Loss\ tangen = 0.018$

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:

- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0.0001 m = 0.1 mm
- Konduktifitas tembaga (σ) = 5.80×10^7 mho m^{-1}
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

2.4.2 Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2-21)$$

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

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2-22)$$

2.4.3 Perencanaan Dimensi Saluran Transmisi

Model saluran transmisi yang digunakan dalam perancangan ini adalah model *inset feed*, sedangkan nilai impedansi saluran transmisi yang direncanakan adalah 100 Ω . Desain untuk model *inset feed* didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$y_0 = 0,3d \quad (2-23)$$

dengan d adalah diameter elemen peradiasi yaitu 2 kali radius (a)

2.4.4 Elemen peradiasi antena *microstrip circular*

Radius elemen peradiasi *circular* diperoleh dengan menggunakan rumus: (Balanis,1997 :755)

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-24)$$

Dengan:

- a = dimensi radius *circular* (cm)
- h = ketebalan substrat (mm)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)
- F = fungsi logaritmik elemen peradiasi

Sedangkan fungsi logaritmik dari elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan: (Balanis,1997 :755)

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-25)$$

Dengan:

- f_r = frekuensi resonansi (MHz)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.4.5 Impedansi Karakteristik Saluran *Microstrip*

Impedansi karakteristik antenna *microstrip* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk $w > h$ (Liao, 1987:471):

$$Z_0 = \frac{377}{\sqrt{\epsilon_r}} \left(\frac{h}{w} \right) \quad (\Omega) \quad (2-26)$$

Untuk $h < 0.8w$ (Liao, 1987:470):

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left(\frac{5.98h}{0.8w + t} \right) \quad (\Omega) \quad (2-27)$$

dengan:

- Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)
- ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)
- w = lebar konduktor (mm)
- h = ketebalan substrat (mm)
- t = ketebalan bahan konduktor (mm)



2.4.6 Impedansi Matching

Impedansi masukan tiap elemen peradiasi harus ada kesesuaian dengan impedansi saluran transmisi agar sinyal yang diterima akan maksimum, penyesuaian ini menggunakan impedansi *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$ dengan persamaan:

$$Z_T = \sqrt{Z_o \cdot Z_L} \quad (2-28)$$

dengan:

Z_T = impedansi *transformer* (Ω)

Z_o = impedansi karakteristik saluran transmisi (Ω)

Z_L = impedansi beban/antena (377Ω)

2.4.7 Dimensi Saluran Transmisi (*inset*)

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi *microstrip* digunakan persamaan di bawah ini (Liao, 1987: 140):

$$W_o = \frac{k}{Z_o} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{mm}) \quad (2-29)$$

dengan :

W_o = lebar saluran transmisi (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas ($120\pi \Omega$)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_o = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik bahan (F/m)

2.4.8 Dimensi Saluran Transformer

Untuk menghitung dimensi saluran transmisi *microstrip* digunakan persamaan di bawah ini

$$W_T = \frac{k}{Z_T} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{mm}) \quad (2-30)$$

dengan :

W_T = lebar saluran transformer (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas ($120\pi \Omega$)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_T = impedansi transformer (Ω)

ϵ_r = permitivitas dielektrik bahan (F/m)

Karena menggunakan transformer $\frac{1}{4} \lambda$ maka panjang transformer dapat dicari dengan persamaan (Astoto, 2004: 23)

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (mm)} \tag{2-31}$$

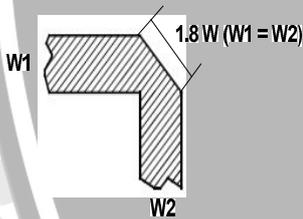
dengan :

L_t = panjang transformer (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi *microstrip* (mm)

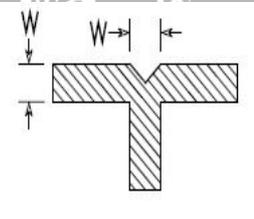
2.4.9 Microstrip Discontinuities

Medan listrik pada sebuah saluran transmisi memiliki arah perambatan tertentu, ketika lebar dari saluran transmisi lebih kecil dari panjang gelombangnya maka medan listriknya akan saling menghilangkan dan tidak ada yang diradiasikan. *Discontinuities* terjadi pada daerah persimpangan (*cross section*). Terdapat dua bagian *microstrip discontinuities* yang digunakan yaitu *microstrip bend* dan *T-junction* (gambar 2.20(a) dan 2.20(b)).



Gambar 2.21(a) *Microstrip Bend*

Sumber: (Johan L, 2002 : 16)



Gambar 2.21 (b) *Y Junction*

Sumber: (Johan L, 2002 : 16)

2.4.10 Jarak Antar Elemen

Jarak antar elemen peradiasi ditentukan dengan persamaan berikut (Johan L, 2002 : 24) :

$$r \geq 0,6 \lambda_d \text{ (mm)} \tag{2-32}$$

dengan :

r = jarak antar elemen peradiasi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi *microstrip*