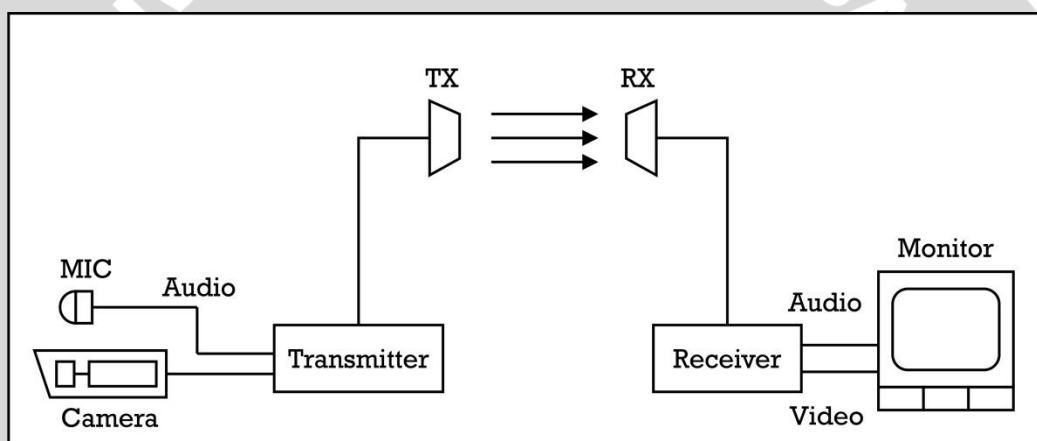


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Closed Circuit Television (CCTV)*

Closed Circuit Television (CCTV) merupakan suatu sistem pengamanan yang menerima data baik berupa *audio* maupun *video* yang dikirimkan dari sisi *transmitter* menuju *receiver* dimana monitor digunakan sebagai *display* tampilan data yang telah diterima berupa gambar (*visual*) dan data *audio* melalui *speaker*. Pada CCTV, data yang dikirim dan diterima bersifat tertutup, berbeda dengan sistem siaran televisi analog yang bersifat umum (*broadcast*). CCTV merupakan sistem keamanan yang dapat menyimpan data hasil rekaman selama 24 jam atau bahkan lebih.



Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem CCTV
(Sumber: *New 3000 Microwave Image Transmission System Manual Book*)

Sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 2.1 Diatas, sinyal informasi berupa *video* dan *audio* didapatkan melalui kamera yang kemudian kedua sinyal tersebut dihubungkan pada *input transmitter* menggunakan kabel. Selanjutnya proses modulasi akan terjadi pada *transmitter* dan kemudian sinyal yang telah dimodulasi akan diradiasikan melalui antenna Tx. Sinyal informasi yang telah diradiasikan dengan frekuensi 2,4 GHz kemudian akan ditangkap oleh antenna Rx lalu akan mengalami proses demodulasi pada *receiver* untuk memisahkan sinyal informasi *video* dan *audio*. Proses terakhir yaitu sinyal informasi yang berupa *video* akan ditampilkan pada monitor, sedangkan sinyal informasi dikeluarkan pada *speaker*.



2.2 Antena Mikrostrip

Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna*, antenna merupakan suatu alat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Dengan kata lain, antenna adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan alat pandu atau saluran transmisi yang dapat berupa kabel koaksial atau pandu gelombang (*waveguide*) yang digunakan untuk memindahkan energi elektromagnetik dari sumber transmisi menuju antenna atau dari antenna menuju penerima. Berdasarkan hal ini, maka antenna dapat dikategorikan sebagai antenna pengirim serta antenna penerima. (Balanis, 2005: 1).

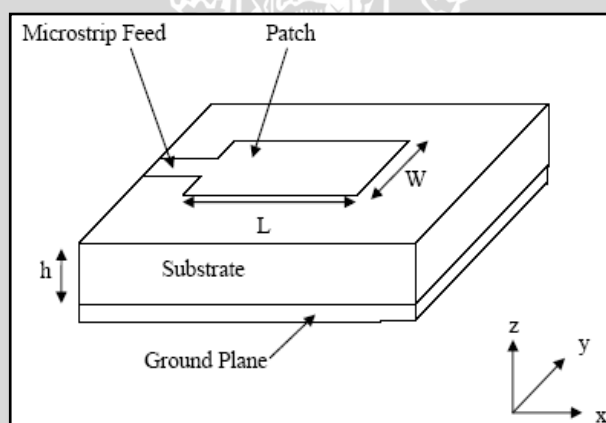
Perancangan antenna yang baik adalah ketika antenna dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Meskipun pada kenyataannya terdapat rugi-rugi yang terjadi ketika penjalaran gelombang seperti rugi-rugi pada saluran transmisi dan terjadi kondisi tidak *matching* antara saluran transmisi

dan antenna. Sehingga *matching* impedansi juga merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan sebuah antenna.

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis dari berbagai macam tipe antenna yang ada yang memiliki kelebihan antara lain :

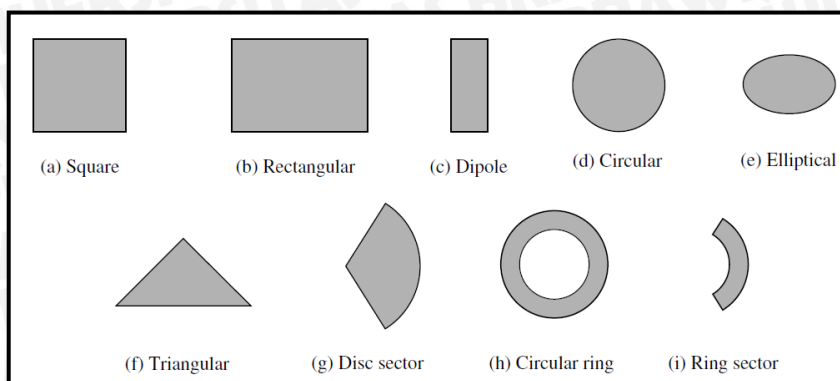
1. Tidak memerlukan catuan tambahan
2. Mempunyai bobot yang ringan dan volume yang kecil.
3. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.
4. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *Microwave integrated circuits* (MICs)

Pada antenna mikrostrip terdapat beberapa bagian penting yaitu patch yang berfungsi sebagai peradiasi, *subtrat dielektrik*, *ground plane* serta *feed*.



Gambar 2.5 Antena Mikrostrip
(Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 40)

Patch merupakan elemen peradiasi pada antenna mikrostrip. Berupa lembaran metal yang berada diatas substrat dielektrik. Adapun beberapa bentuk *patch* antenna mikrostrip dapat dilihat dalam gambar 2.6 dimana tiap bentuk *patch* memiliki karakteristik masing-masing.

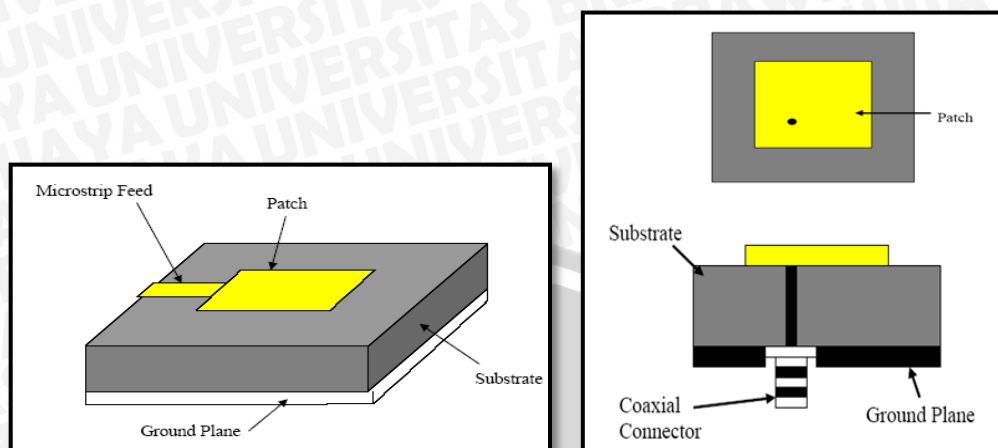


Gambar 2.6 Bentuk-Bentuk *Patch* Antena Mikrostrip
(sumber: Balanis, 2005 : 813)

Substrat dielektrik berada di lapisan antara patch dan *ground*. Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dan ketebalan substrat yang berkisar antara $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$. 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. (Balanis, 2005 : 812)

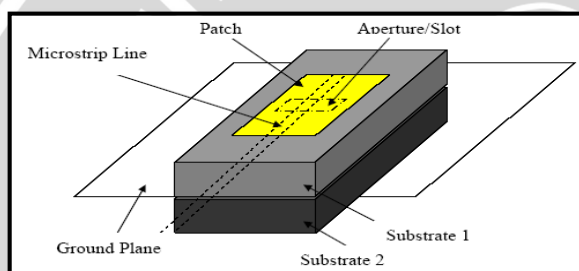
Feed atau pencatutan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena mikrostrip. *Patch* antena mikrostrip dapat dicatu dengan berbagai macam metode seperti dalam gambar 2.7.

Ground merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

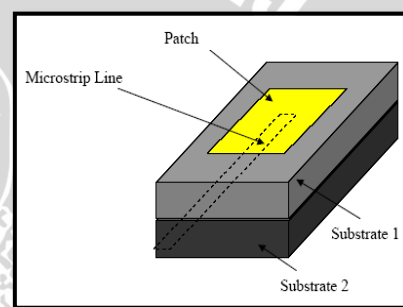


a) *Microstrip Line feed*

b) *coaxial feed*



c) *Aperture Coupling Feed*



d) *Proximity Coupling Feed*

Gambar 2.7 Feed Atau Teknik Pencatuan Pada Antena Mikrostrip
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004)

2.3 Parameter Antena

2.3.1 Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi dimana performa antena, dengan mengacu pada beberapa karakteristik, dapat memenuhi standar yang telah ditentukan. Untuk antena *broadband*, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi atas dengan frekuensi bawah dalam rentang frekuensi kerja. Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004 : 22) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-1)$$

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

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-3)$$

dengan :

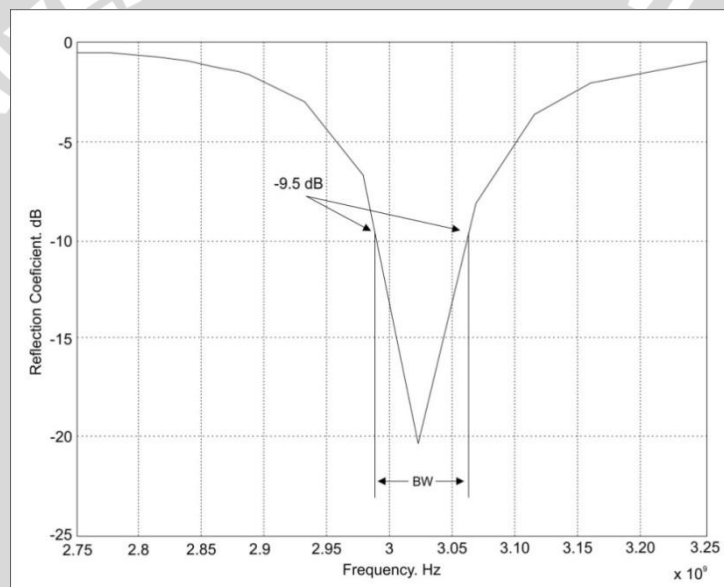
B_p = bandwidth dalam persen (%)

B_r = bandwidth rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

Untuk lebih jelasnya mengenai gambar dari hasil pengukuran bandwith dapat dilihat dalam gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pengukuran Bandwidth Berdasarkan Plot Return Loss
(Sumber: Punit S. Nakar, 2004 : 22)

Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*.

2.3.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah rasio amplitudo tegangan maksimum terhadap amplitudo tegangan minimum dalam pola tegangan berdiri. Fluktuasi level daya yang dikarenakan adanya ketidaksesuaian saluran transmisi dengan beban. Besarnya nilai VSWR bervariasi antara 1 sampai ∞ (tak terhingga). Semakin tinggi VSWR, semakin besar pula ketidaksesuaian.

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2-4)$$

2.3.3 Impedansi masukan

Impedansi terminal antenna perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antenna. Secara umum impedansi terminal antenna didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antenna pada terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 2005: 80) :

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-5)$$

dengan :

Z_A = Impedansi terminal antenna (Ω)

R_A = Resistansi terminal antenna (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antenna (Ω)

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

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2-6)$$

sehingga diperoleh :

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \right) \quad (2-7)$$

dengan :

Z_{ant} = impedansi antenna (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.3.4 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 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) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-8)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (\text{dB}) \quad (2-9)$$

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

2.3.5 Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan suatu antena didefinisikan sebagai kemampuan antena untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. Dengan kata lain keterarahan dari suatu antena dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah radiasi tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata-rata pada segala arah. (Balanis, 2005 : 44)

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

Dengan :

D = keterarahan (tanpa satuan)

D_0 = keterarahan maximum (tanpa satuan)

U = intensitas radiasi (W/satuan sudut ruang)

U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/ satuan sudut ruang)

U_{max} = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)

P = daya radiasi total (W)

2.3.6 Gain

Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antenna adalah *gain*. Walaupun *gain* sangat berhubungan dengan keterarahan, pengukuran *gain* memperhitungkan efisiensi antenna maupun keterarahannya. *Gain* antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi yang diberikan pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang didapatkan oleh antenna bila diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi yang dipancarkan secara isotropis sama dengan daya yang diterima oleh antenna dibagi dengan 4π dengan persamaan (Balanis, 2005 : 65)

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya masukan (yang diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \text{ (tanpa satuan)} \quad (2-11)$$

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 . Dinyatakan dalam persamaan (12).

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (2-12)$$

dengan:

G = *gain* antenna (dB)

U_m = intensitas radiasi antenna (watt)

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

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.

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (\text{tanpa satuan}) \quad (2-13)$$

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 :

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-14)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-15)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-16)$$

dengan :

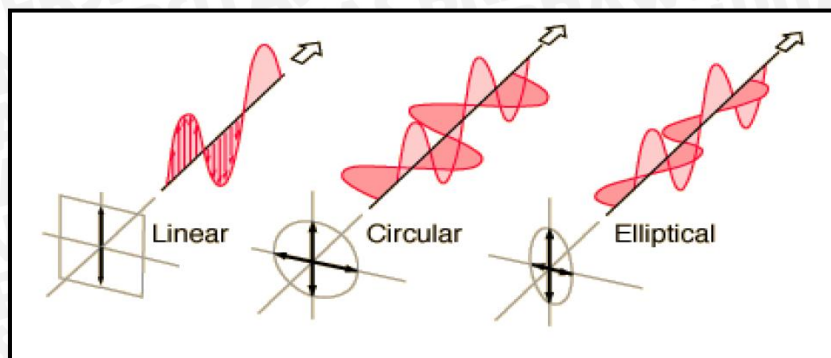
G = *gain* antenna uji (dB)

P_U = daya yang diterima antenna uji (W)

P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.3.7 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antenna yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antenna. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antenna dalam arah tertentu. Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, elips. Jika vector yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu selalu searah sepanjang garis lurus, maka medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005: 72).



Gambar 2.9 Bentuk Umum Polarisasi
(Sumber : Shakeeb 2010 : 8)

Secara umum medan elektrik antenna total (medan E) mempunyai dua komponen dalam satu bidang. Dua komponen medan E ini mungkin mempunyai besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antenna, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antenna yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan polarisasi.

2.3.8 Pola Radiasi (*radiation patern*)

Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Pola radiasi disebut juga pola medan (*field pattern*) dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah. Sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan polarisasi. (Balanis 2005: 27)

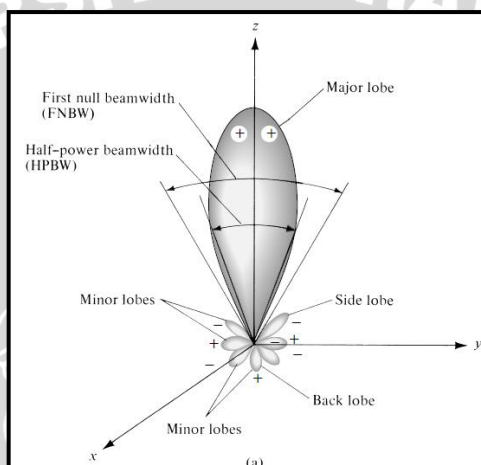
2.3.8.1 Pola *Isotropic*, *Directional*, dan *Omnidirectional*

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi *isotropic*, *directional*, dan *omnidirectional*. Radiator isotropis didefinisikan sebagai “sebuah hipotesis antenna tanpa memiliki rugi-rugi yang mempunyai radiasi yang sama ke segala arah.” Meskipun ini adalah pola yang ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna *directional* adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna *omnidirectional* adalah antenna yang mempunyai pola *non-directional* pada suatu bidang tertentu dan sebuah pola *directional* pada bidang tegak lurus lainnya. (Balanis, 2005 : 32)

2.3.8.2 Lobe Pola radiasi

Bagian-bagian dalam pola radiasi disebut juga *lobe*. Berikut ini adalah *lobe* dalam pola radiasi:

- *Main Lobe* : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum
- *Minor lobe* : semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. *Minor lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan.
- *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan dengan *main lobe*.
- *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.



Gambar 2.10 Pola Radiasi
(sumber: Balanis 2005: 30)

Beamwidth merupakan sudut 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*. Atau dapat dinyatakan dengan persamaan (Stutzman, 1981: 29) :

$$SLL = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| (dB) \quad (2-17)$$

dengan :

SLL = Side Lobe Level

$F(SLL)$ = 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

$$\frac{F}{B} = \frac{P_m}{P_l} \quad (2-18)$$

dengan :

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

P_m = daya puncak main lobe

P_l = daya puncak back lobe

2.4 Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch untuk Frekuensi Kerja 2,4GHz

2.4.1 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9
- 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) = $5,80 \times 10^7$ 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):

$$h \leq \frac{0,3 c}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-19)$$

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 rentang frekuensi 2,4GHz.

2.4.2 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).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (\text{m}) \quad (2-20)$$

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

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2-21)$$

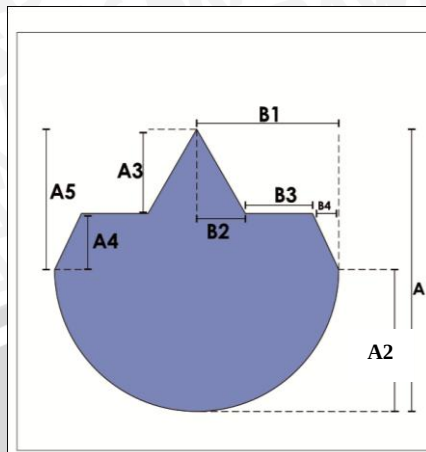
dengan:

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

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

2.4.3 Perencanaan Dimensi Patch

Antena mikrostrip patch crown merupakan pengembangan dari antena sebelumnya yaitu antena planar berbentuk mahkota (Yuwono, Rudy. 2010). dengan memiliki bentuk sebagai berikut :



Gambar 2.11 Bentuk Antena Tampak Depan
(Sumber : Yuwono, Rudy. 2010)

2.4.4 Dimensi Saluran Transmisi

Lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Liang J, 2004):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-22)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-23)$$

dengan :

W = lebar saluran transmisi mikrostrip (m)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

h = tebal substrat (m)

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

Untuk panjang saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$L_0 = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-24)$$

dengan :

L_0 = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.4.5 Dimensi Groundplane

Dimensi minimum *groundplane* yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip diberikan melalui persamaan: (Punit S. Nakar, 2004)

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-26)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-27)$$

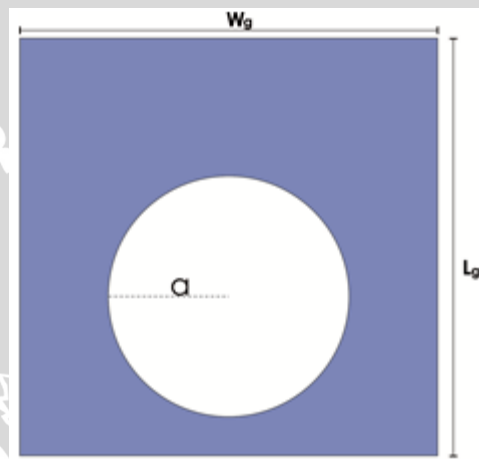
dengan :

h = ketebalan substrat (mm)

R = jari-jari *circular patch* (mm)

L_g = panjang minimum *groundplane* (mm)

W_g = lebar minimum *groundplane* (mm)



Gambar 2.12 Lebar (W_g) dan Panjang (L_g) *Groundplane*
(sumber: Perancangan)

2.4.6 Perancangan Slot Lingkaran

Untuk menentukan radius slot lingkaran (a) yang akan digunakan sebagai slot pada *ground plane*, terlebih dahulu harus ditentukan fungsi logaritmik F , yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Balanis,2005:846) :

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-26)$$

dengan :

f_r = frekuensi kerja pada antena (Hz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

Setelah fungsi logaritmik F telah didapatkan, Maka radius elemen peradiasi lingkaran (a) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Balanis,2005:846)

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-27)$$

dengan :

a = dimensi radius slot lingkaran (cm)

h = ketebalan substrat (m)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relative substrat (F /m)

F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi



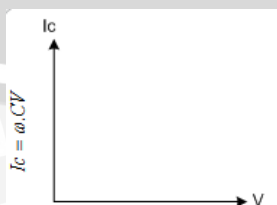
Gambar 2.13 Dimensi Radius Slot Lingkaran
(sumber: Perancangan)

2.5 Loss Tangent (δ)

Loss tangent merupakan rugi-rugi dielektrik yang terjadi diakibatkan perubahan medan elektrik yang berulang-ulang. Rugi-rugi dielektrik hanya terjadi pada medan elektrik bolak-balik yang ditimbulkan sumber tegangan bolak-balik, sehingga mengakibatkan frekuensi gesekan antar molekul meningkat.

$$P_f \approx D \approx \tan \delta \approx \sin \delta$$

Loss tangent juga biasa disebut faktor disipasi D , yaitu rugi-rugi pada sudut tangent. Dimana jika tidak terdapat rugi-rugi, maka beda fasa antara arus dengan tegangan adalah sebesar 90° .



Gambar 2.14 Beda Fasa Antara Arus Dengan Tegangan
(sumber: Perancangan)

Rugi-rugi dielektrik menimbulkan panas yang dapat menaikkan temperatur dielektrik dan pada akhirnya dapat mempercepat penuaan dielektrik. Gesekan berulang ulang mengakibatkan Disipasi panas dielektrik dan pada akhirnya menimbulkan rugi-rugi.

2.6 Permittivitas Relative (ϵ_r)

Permittivitas relatif adalah suatu sifat yang berhubungan kemampuan bahan untuk menyimpan muatan listrik pada volume tertentu yang dapat mempengaruhi rapat fluks D elektrostatik suatu bahan bila diberi potensial medan listrik E (Edminister,1993:80).

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_s}{\epsilon_0} \quad (2-28)$$

Dengan:

ϵ_r = permitivitas relatif

ϵ_s = permitivitas statis

ϵ_0 = permitivitas ruang hampa

Dimana suatu muatan yang diberikan medan listrik E akan mengakibatkan perpindahan muatan yang akan mempengaruhi rapat *fluks* dari suatu bahan,. Pada makroskopis polarisasi P dapat menjelaskan kenaikan rapat *fluks* melalui persamaan:

$$D = \epsilon_0 E + P \quad (2-29)$$

persamaan ini membolehkan E dan P mempunyai arah yang berbeda,hal ini diungkapkan dengan persamaan:

$$P = \chi_e \epsilon_0 E \quad (2-30)$$

Dimana supseptibilitas χ_e ialah konstanta yang tak berdimensi dengan $\epsilon_r = 1 + \chi_e$, maka:

$$D = \epsilon_0 (1 + \chi_e) E = \epsilon_0 \epsilon_r E \quad (2-31)$$