

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Antena**

Antena adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel. Karena merupakan perangkat perantara antara media kabel dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai dengan media kabel pencatunya. Prinsip ini telah diterangkan dalam saluran transmisi[6].

Antena adalah salah satu elemen penting yang harus ada pada sebuah teleskop radio, TV, radar, dan semua alat komunikasi nirkabel lainnya. Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dangain. Panjang antena secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya. Antena dipol setengah gelombang adalah sangat populer karena mudah dibuat dan mampu memancarkan gelombang radio secara efektif[6].

Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (pelepasan energi elektromagnetik ke udara/ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (penerima energy elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi (peradiasi dan penerima) sekaligus. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja[7].

Dalam perancangan suatu antena, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah :

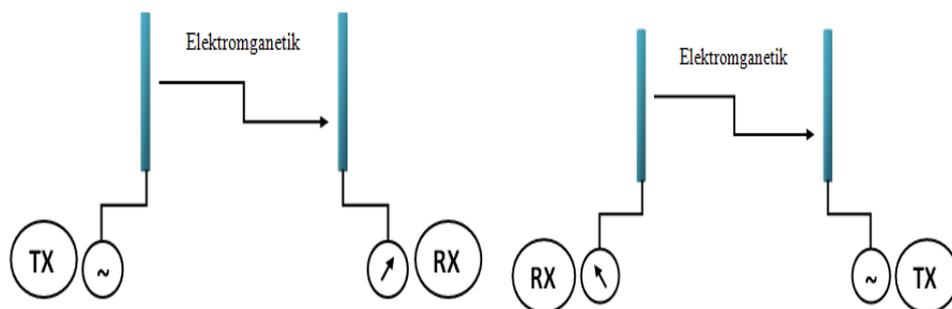
1. Bentuk dan arah radiasi yang diinginkan
2. Polarisasi yang dimiliki
3. Frekuensi kerja,
4. Lebar band (*bandwidth*), dan

5. Impedansi input yang dimiliki.

### 2.1.1 Pengertian Antena

Antena merupakan perangkat radio yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkannya ke ruang bebas atau sebaliknya, yaitu menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dan mengubah menjadi sinyal listrik[7].

Antena yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik dikatakan transmitter. Antena yang mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik dikatakan antenna receiver. Sesuai dengan definisinya dapat dilihat bahwa antena mempunyai sifat kerja bolak-balik. Sifat kerja bolak-balik ini dikatakan sifat reciprocal dari antena. Dimana 1 buah antena dapat dioperasikan sebagai antena transmitter dan sekaligus sebagai antenna receiver[7].



**Gambar 2.1** Gambaran Sifat Reciprocal Antena

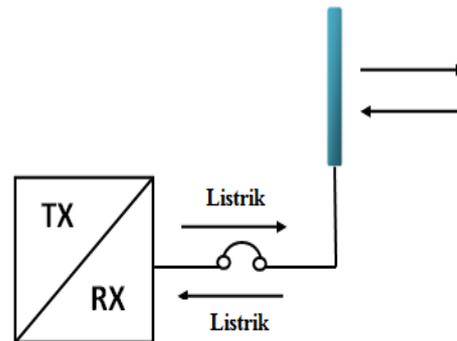
Antena dapat juga didefinisikan sebagai konduktor elektrik atau suatu sistem konduktor elektrik yang digunakan baik untuk meradiasikan energi elektromagnetik atau untuk mengumpulkan energi elektromagnetik[7].

### 2.1.2 Fungsi Antena

Berdasarkan definisi antena atau berdasarkan cara kerja antena maka antena memiliki 3 fungsi pokok yaitu :

### 1. Antena berfungsi sebagai Konverter

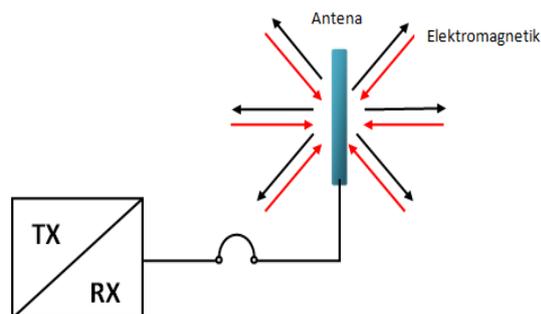
Antena dikatakan sebagai Konverter karena antena berfungsi mengubah bentuk sinyal yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik sebaliknya.



**Gambar 2.2 Antena Sebagai Konverter**

### 2. Antena berfungsi sebagai Radiator/Re-Radiator

Antena berfungsi sebagai Radiator/Re-Radiator karena berfungsi sebagai peradiasi sinyal dimana sinyal elektromagnetik yang dihasilkan antena akan diradiasikan ke udara bebas sekelilingnya. Sebaliknya jika antenna menerima radiasi elektromagnetik dari udara bebas fungsinya dikatakan Re-Radiator. Jadi antena *transmitter* mempunyai fungsi Radiator sedangkan antena *receiver* mempunyai fungsi Re-Radiator.

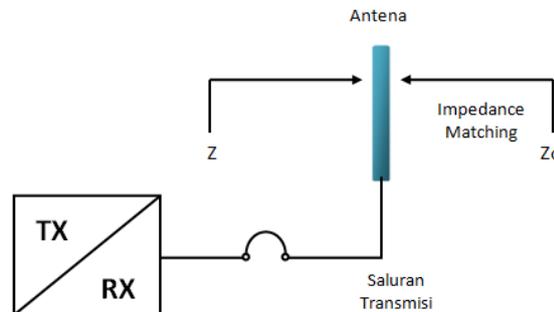


**Gambar 2.3 Antena Sebagai Radiator/Re-Radiator**

### 3. Antena berfungsi sebagai *Impedance Matching*

Antena berfungsi sebagai *Impedance Matching* karena pada saat antena tersebut bekerja antena akan selalu menyesuaikan *impedance system*. Sistem yang dimaksud adalah pesawat komunikasi dan udara bebas dimana antena merupakan jembatan antara pesawat komunikasi dengan udara bebas. Adapun impedansi yang disesuaikan tergantung pada jenis pesawat komunikasi, dimana untuk

pesawat radio impedansinya  $75\Omega$ . Adapun udara bebas mempunyai karakteristik sebesar  $120\pi\Omega \approx 377\Omega$ .



**Gambar 2.4 Antena Sebagai *Impedance Matching***

- Jika antena berupa antena radio maka antena akan selalu menyesuaikan impedansi radio dengan impedansi udara bebas.
- Jika antena berupa antena TV maka akan selalu menyesuaikan impedansi TV dengan impedansi udara bebas[7].

### 2.1.3 Jenis-Jenis Antena

#### a. Jenis Antena Berdasarkan Bahan

Elemen antena terbuat dari penghantar atau konduktor. Bahan yang dipilih harus memiliki daya hantar yang tinggi. Contoh bahan yang umum digunakan adalah tembaga dan aluminium. Pemilihan bahan antena disesuaikan dengan beban kerja antena tersebut. Untuk antena yang akan bekerja dengan daya besar/daya tinggi maka dipilih bahan yang tahan panas biasanya digunakan bahan tembaga sedangkan untuk antena yang akan bekerja dengan daya kecil diberi bahan yang ringan dan portable. Bahan yang dipilih biasanya aluminium. Berdasarkan pilihan bahan ini maka dikenal 2 jenis antena yaitu Solid Wire Antena dan Aperture Antena[7].

#### b. Jenis Antena Berdasarkan Jumlah Kutub

Antena dihubungkan dengan pesawat komunikasi menggunakan saluran transmisi atau kabel transmisi dimana saluran yang umum digunakan berupa kabel coaxial. Saluran transmisi dipasangkan baik pada pesawat komunikasi maupun

pada antena melalui kutub-kutubnya atau terminal-terminalnya. Kutub pada pesawat telekomunikasi umumnya ada 2 yaitu kutub signal (+) dan kutub ground (-). Berdasarkan jumlah kutub ini dikenal 2 jenis antena yaitu Monopole Antena dan Dipole Antena[7].

### c. Jenis Antena Berdasarkan Konstruksi/Bentuk Desain

Desain konstruksi antena didasarkan pada aplikasi antena tersebut. Aplikasi antena disesuaikan dengan jenis sistem komunikasi atau karakter sistem komunikasi. Ada komunikasi yang mengharuskan pancaran sinyal ke segala arah maka harus dibuat antena yang mempunyai karakter seperti itu. Ada juga komunikasi yang hanya memancarkan sinyal ke satu arah dan ada yang kesegala arah maka harus didesain antena dengan terarah.

Antena transmitter broadcasting harus mempunyai karakter yang bisa memancarkan sinyal kesegala arah. Sementara antena-antena radio amatir dan antena-antena untuk komunikasi tertentu harus mempunyai karakter yang dapat memancarkan sinyal terarah.

Berdasarkan ini maka, dikenal 4 jenis desain antena:

#### 1. Antena tunggal

Merupakan antena yang didesain hanya mempunyai satu buah elemen, bentuk desainnya berupa antena batang atau Rod antena. Antena jenis ini mempunyai pola pancaran radiasi ke segala arah disekeliling batangan antena. Antena ini sangat cocok untuk antena *transmitter broadcasting*. Instalasinya selalu dipasangkan vertikal.

#### 2. Antena Deret

Merupakan antena yang didesain mempunyai banyak elemen (3 atau lebih elemen) yang disusun secara berderet-deret. Antena jenis ini biasa juga dikenal dengan istilah Array (deret), antena ini didesain untuk menghasilkan pola pancaran radiasi satu arah (terarah). Contoh pengaplikasiannya sebagai radio amatir dan antena penerima TV.

Antena deret mempunyai 3 elemen deret :

##### a. Elemen Driver/feeder

b. Elemen Reflector

c. Elemen Director

### 3. Antena Pantul

Merupakan antena yang didesain bekerja memanfaatkan efek pemantualan sinyal gelombang elektromagnetik.

- Efek pantulan sinyal elektromagnetik identik dengan efek pantul cahaya.
- Antena pantul didesain untuk menghasilkan pancaran energi radiasi yang terarah dan fokus.
- Antena ini didesain mempunyai 2 kelompok elemen, yaitu :
  - a. Elemen driver/feeder merupakan antena elemen. 4 elemen bantu yang berfungsi memantulkan radiasi dan mengarahkannya ke arah tertentu secara terfokus. Elemen ini bisa didesain dengan elemen dipole yang sangat kecil dengan panjang elemen yang disesuaikan frekuensi kerja antena.
  - b. *Casegran Parabolic* antena mempunyai gain yang jauh lebih tinggi dari *font feed* antena, dimana *font feed* parabolic antena mempunyai gain yang dapat mencapai 60 dB, sedangkan *casegran* mempunyai gain yang mencapai 80 dB, *font feed* parabolic antena umum ditemukan dipasaran sedangkan *casegrain* khusus digunakan pada stasiun-stasiun bumi.

### 4. Antena Bias

Antena yang didesain bekerja memanfaatkan efek pembiasan sinyal gelombang elektromagnetik pembiasan gelombang elektromagnetik identik dengan pembagian cahaya. Antena jenis ini didesain mempunyai 2 elemen, yaitu :

- a. Elemen driver/feeder, didesain dengan elemen open dipole yang sangat kecil, dimana panjang elemen disesuaikan dengan frekuensi kerja antena.

- b. Elemen bias/reflektor merupakan elemen bantu yang berfungsi membiaskan sinyal dan sekaligus mengarahkan sinyal secara terfokus. Elemen ini dapat dibuat dan lensa/bahan yang dapat bekerja seperti lensa

Antena berdasarkan bentuknya antara lain mikrostrip, parabola, vee, horn, helix dan loop. Walaupun amat sering kita jumpai teleskop radio yang menggunakan antena berbentuk parabola, ada beberapa jenis antena lainnya yang juga sering digunakan pada sebuah teleskop radio atau interferometer. Misalnya, Mauritius Radio Telescope (MRT) yang menggunakan 1084 buah antena berbentuk helix. Contoh lainnya adalah teleskop radio yang menggunakan antena berbentuk horn, yang digunakan oleh Arno Penzias dan Robert Woodrow Wilson ketika menemukan Cosmic Microwave Background (CMB).

## **2.2 Antena Mikrostrip**

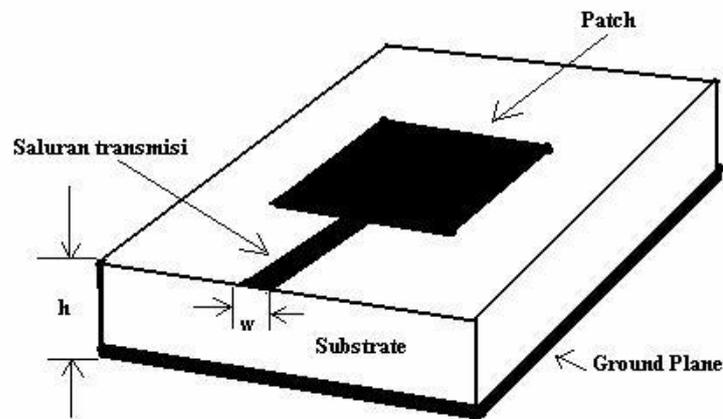
### **2.2.1 Pengertian Antena Mikrostrip**

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan *dielektrik*. Secara umum Antena Mikrostrip terdiri atas tiga bagian, yaitu *patch*, *substrat*, dan *ground plane*. Patch terletak diatas substrat sementara ground plane terletak pada bagian bawah[5].

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan antena jenis lain[5].

Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa

kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi yang rendah.



Gambar 2.5 Bentuk umum antena *microstrip*

### 2.3 Karakter Antena

Ada beberapa karakter penting antena yang perlu dipertimbangkan dalam memilih jenis antena untuk suatu aplikasi (termasuk untuk digunakan pada sebuah teleskop radio), yaitu pola radiasi, direktivitas, gain, dan polarisasi. Karakter-karakter ini umumnya sama pada sebuah antena, baik ketika antena tersebut menjadi peradiasi atau menjadi penerima, untuk suatu frekuensi, polarisasi, dan bidang irisan tertentu[5].

#### 2.3.1 Penguatan (*Gain*)

Ada dua jenis parameter penguatan (*Gain*) yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* pada sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antena ( $P_{in}$ ) dibagi dengan  $4\pi$ . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan rumus :

$$Gain = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_n} \quad (2-1)$$

Selain *absolute gain* juga ada *relative gain*. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless* ( $P_{in(lossless)}$ ). Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut [8]:

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

Jika arah tidak ditentukan, maka perolehan daya biasanya diperoleh dari arah radiasi maksimum.

Gain total antenna uji secara sederhana dirumuskan oleh persamaan

$$G_t(\text{dB}) = (P_t(\text{dBm}) - P_s(\text{dBm})) + G_s(\text{dB}) \quad (2-3)$$

Dimana :

$G_t$  = Gain antenna mikrostrip

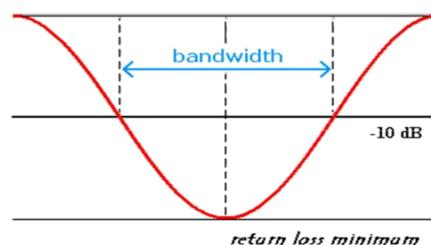
$P_t$  = Nilai level sinyal maksimum yang diterima antenna mikrostrip

$P_s$  = Nilai level sinyal maksimum yang diterima GSM

$G_s$  = Gain GSM

### 2.3.2 Bandwidth

*Bandwidth* (Gambar 2.1) suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar[8].



**Gambar 2.6. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth***

*Bandwidth* dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (2-4)$$

dimana :

$f_2$  = frekuensi tertinggi

$f_1$  = frekuensi terendah

$f_c$  = frekuensi tengah

Ada beberapa jenis *bandwidth* di antaranya:

- a. *Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *patch* antena berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antena bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Pada umumnya nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik masing-masing adalah kurang dari -9,54 dB dan 2.[8]
- b. *Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain*, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antena agar nilai *bandwidth* dapat dicari[8].
- c. *Polarization* atau *axial ratio bandwidth* adalah rentang frekuensi di mana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB[8].

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

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standingwave*) maksimum ( $|V|_{\max}$ ) dengan minimum ( $|V|_{\min}$ ). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan ( $V_0^+$ ) dan tegangan yang direfleksikan ( $V_0^-$ ). Perbandingan antara tegangan yang

direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ):

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2-5)$$

Dimana  $Z_L$  adalah impedansi beban (*load*) dan  $Z_0$  adalah impedansi saluran *lossless*. Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari  $\Gamma$  adalah nol, maka [8]:

- a.  $\Gamma = -1$  : refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat,
- b.  $\Gamma = 0$ : tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna,
- c.  $\Gamma = +1$ : refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah;

$$S = \frac{|\tilde{V}|_{max}}{|\tilde{V}|_{min}} = \frac{1 + |\tau|}{1 - |\tau|} \quad (2-6)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ( $S=1$ ) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap masih baik adalah  $VSWR \leq 2$  [8].

### 2.3.4 Return Loss

*Return Loss* adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan [9]. *Return Loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang

direfleksikan ( $V_0^-$ ) dibanding dengan gelombang yang dikirim ( $V_0^+$ ). *Return Loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi[8].

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-7)$$

$$\text{Return loss} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2-8)$$

Dengan menggunakan nilai  $VSWR \leq 2$  maka diperoleh nilai *return loss* yang dibutuhkan adalah di bawah -9,5 dB. Dengan nilai ini, dapat dikatakan bahwa nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah dapat dianggap *matching*. Nilai parameter ini dapat menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah mampu bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak[8].

### 2.3.5 Polarisasi

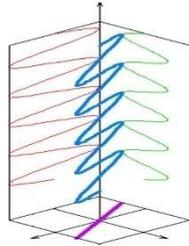
Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada praktiknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda[8].

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu[8].

Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips). Polarisasi linier (Gambar 2.2) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis

lurus yang sama pada setiap waktu. Hal ini dapat terjadi jika vektor (elektrik maupun magnet) memenuhi :

- hanya ada satu komponen, atau
- komponen yang saling tegak lurus secara linier yang berada pada perbedaan fasa waktu atau  $180^0$  atau kelipatannya

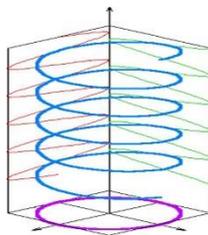


**Gambar 2.7 Polarisasi linier**

Polarisasi melingkar (Gambar 2.3) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah :

- Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama
- Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil  $90^0$ .

Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization (LHCP)* dan *Right Hand Circular Polarization (RHCP)*. *LHCP* terjadi ketika  $d = +p / 2$ , sebaliknya *RHCP* terjadi ketika  $d = -p / 2$

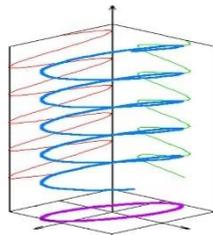


**Gambar 2.8 Polarisasi melingkar**

Polarisasi elips (Gambar 2.4) terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur

kedudukan elips pada ruang. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah :

- medan harus mempunyai dua komponen linier ortogonal
- Kedua komponen tersebut harus berada pada magnitudo yang sama atau berbeda
- Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama, perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai  $0^0$  atau kelipatan  $180^0$  (karena akan menjadi linier). Jika kedua komponen berada pada magnitudo yang sama maka perbedaan fasa di antara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari  $90^0$  (karena akan menjadi lingkaran).



**Gambar 2.9 Polarisasi Elips**

**2.3.6 Pada antenna mikrostrip terdapat ukuran dimensi antenna sebagai berikut:**

a. *Patch*

$$Wp = \frac{c}{2f^0 \sqrt{\frac{\epsilon r + 1}{2}}} \quad (2-9)$$

Dimana nilai;

$$\epsilon ff = \frac{\epsilon r + 1}{2} + \frac{\epsilon r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{wp}}} \right] \quad (2 - 10)$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai panjang *patch* menggunakan pendekatan persamaan berikut:

$$L_{eff} = \frac{3x \frac{10^8 m}{s}}{4.6 \times 2.002} \quad (2-11)$$

Dimana;

$$\Delta L = 0.412h \left[ \frac{(\epsilon_{ff} + 0.3) \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{ff} - 0.258) \left( \frac{w}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (2-12)$$

Maka didapat hasil untuk panjang *patch*

$$L_p = L_{eff} - 2 \Delta L$$

### ***b. Groundplane***

Untuk mendapatkan nilai lebar dan panjang *groundplane* menggunakan pendekatan persamaan berikut:

$$L_g = 6h + L_p \quad (2-13)$$

$$W_g = 6h + W_p \quad (2-14)$$

### ***c. Microstripline***

Untuk mendapatkan nilai *feedline* menggunakan pendekatan persamaan berikut;

$$L_f = \frac{w}{2} \quad (2-15)$$

Dimana nilai;

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-16)$$

Untuk nilai panjang catuannya sebagai berikut;

$$Wf = \frac{2(h)}{\pi} \left[ B + 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon r - 1}{2\epsilon r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon r} \right] \right] \quad (2-17)$$

## 2.4 CST Studio Suite

### 2.4.1 Pengertian CST Studio Suite

CST STUDIO SUITE adalah paket perangkat lunak yang dapat mensimulasikan dan menyelesaikan semua masalah elektromagnetik mulai dari frekuensi rendah ke microwave dan optik serta termal dan beberapa masalah mekanis[9]. Terdapat 7 menu kerja antara lain:

- 1- Microwave Studio: untuk masalah RF dan Microwave seperti desain antenna
- 2- EM Studio: untuk masalah dengan frekuensi rendah seperti RFID, elektrostatik, magnetostatik, dll.
- 3- Desain Studio: alur kerja skematik untuk merancang sirkuit bercahaya dan juga bergabung dengan hasil studio lain untuk merancang sistem perakitan
- 4- Particle Studio: untuk partikel dan simulasi pancaran seperti e-Gun, tabung microwave, dll.
- 5- MPHYSISCS Studio: untuk beberapa simulasi mekanik dan termal
- 6- Cable Studio: untuk desain dan simulasi kabel dalam bundel, harness, dll.
- 7- PCB Studio: untuk simulasi PI dan SI pada PCB berlapis-lapis.