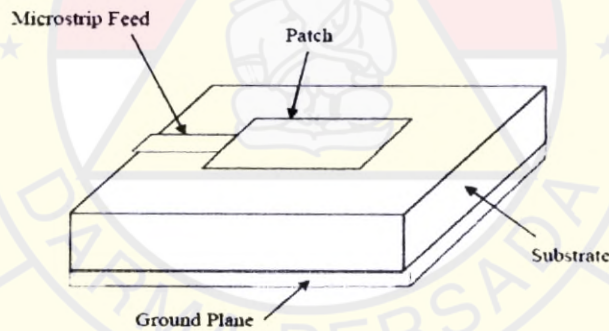


## BAB II

### TEORI DASAR ANTENA MIKROSTRIP

#### 2.1. Antena Mikrostrip

Antena ini terdiri dari 4 elemen yaitu : elemen peradiasi (patch radiator), substrat, saluran mikrostrip, dan elemen pentanahan (ground). Antena mikrostrip memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antenna yang berdimensi kecil sehingga dapat mudah dibawa (portable) dan dapat diintegrasikan dengan rangkaian pasif, antenna dapat diaplikasikan pada berbagai kegunaan seperti komunikasi satelit, militer, aplikasi bergerak (mobile), kesehatan, dan komunikasi radar.



Gambar 2.1.

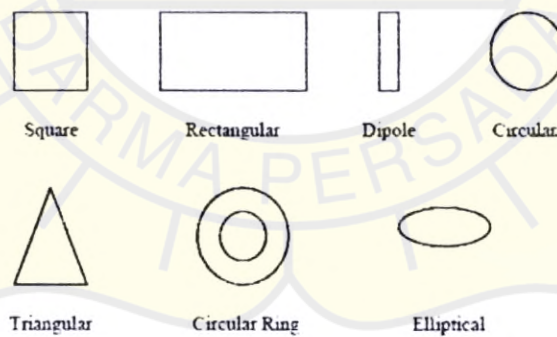
Antena Mikrostrip

Elemen peradiasi (radiator) berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Elemen ini biasa disebut sebagai radiator patch dan terbentuk dari lapisan logam metal yang memiliki ketebalan tertentu. Ada beberapa jenis

*Cavity* model merupakan dasar perhitungan yang banyak digunakan untuk analisis suatu *patch* antena mikrostrip. Sedangkan bentuk atau metode persamaan integralnya dinyatakan sebagai *Method of Moment* yang dikenal secara umum, dimana dalam penerapannya dilakukan dengan pendekatan komputasi maupun atau dengan cara pendekatan secara fisik.

### 2.3. Elemen Peradiasi Antena

Peradiasi atau patch radiator merupakan komponen utama dari suatu antena mikrostrip, dimana pola propagasi gelombang elektromagnetik akan dipancarkan pada ruang bebas atau udara. Ada beberapa model patch antena yang dapat digunakan pada ruang bebas atau udara. Ada beberapa model patch antena yang dapat digunakan didalam merancang suatu antena mikrostrip, seperti : Bujur sangkar, persegi empat, ring dan ellipsis. Bentuk patch radiator antena mikrostrip ditunjukkan pada gambar 2.3.



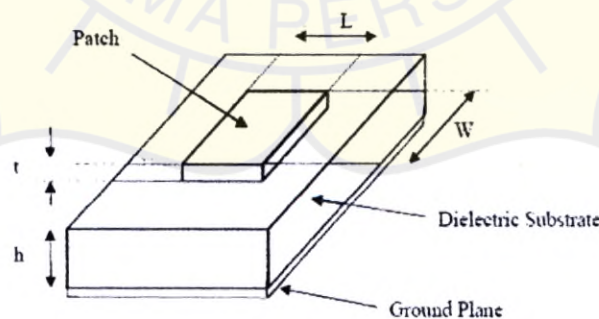
Gambar 2.3.

Bentuk dasar Patch Radiator Antena Mikrostrip

Bentuk rancangan dari patch antenna dalam perancangan ini menggunakan model bujur sangkar didasarkan ukuran yang lebih kecil dan fleksibel dalam penempatan posisi. Sebuah peradiasi bujur sangkar dengan masing-masing memiliki ukuran yang sama. Peradiasi dirancang dengan alasan minimalis terhadap ukuran model lainnya seperti : segiempat, lingkaran, dan pentagonal.

### 2.3.1. Perancangan Antena Bujur Sangkar

Perancangan sebuah *patch* peradiasi dari sebuah antena microstrip dibuat pada sisi permukaan lapisan atas dari dielektrik *substrate*. Salah satu bentuk umum dari *patch* peradiasi adalah persegi panjang, selain bentuk lingkaran. Gambar 2.4 memperlihatkan struktur sebuah *patch* dari antena mikrostrip pada lapisan permukaan dielektrik *substrate* dengan ketebalan ( $h$ ), dimana *patch* persegi panjang dengan dimensi ukuran panjang ( $L$ ) dan lebar ( $W$ ) dengan ketebalan ( $t$ ) konduktor *patch*. Pada sisi lapisan bawah konduktor dijadikan sebagai bidang *ground*.



Gambar 2.4.

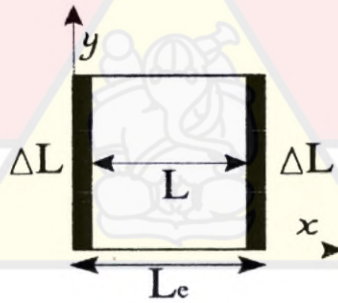
Tampilan struktur patch antenna bujur sangkar



Bentuk struktur dari *patch* persegi panjang terhadap frekuensi resonansi ( $f_r$ ) dipengaruhi oleh mode dominan propagasi gelombang tranverse magnetik  $TM_{mn}$ , dimana  $m$  dan  $n$  mode orde.

Untuk sisi panjang efektif *patch* bujur sangkar dengan pertimbangan terhadap efek *fringing* pada sisi tepi peradiasi dipeluas dengan menambahkan  $\Delta L$  seperti yang terlihat pada gambar 2.5. Besarnya  $\Delta L$  dapat diperhitungkan dengan persamaan :

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \left[ \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8\right)} \right] \dots\dots\dots (2.1)$$



Gambar 2.5.

*Effek fringing patch radiator*

Sehingga panjang efektif untuk sisi *patch* bujur sangkar diperoleh melalui persamaan:

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \dots\dots\dots (2.2)$$

Jika frekuensi resonansi telah diketahui maka dari persamaan (2.3) untuk nilai  $L_{\text{eff}}$  dapat diberikan menjadi :

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2 \times f_0 \sqrt{\epsilon_r}} - 2 \Delta L \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

- Dimana :
- $f_0$  = Frekuensi resonansi (Hz)
  - $C$  = Kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  (m/s)
  - $\epsilon_r$  = Konstanta dielektrik substrat
  - $\Delta L$  = Efek fringing (mm)
  - $L_{\text{eff}}$  = Lebar efektif (mm)
  - $L$  = Sisi patch (mm)

Untuk frekuensi resonansi sendiri diperoleh melalui persamaan :

$$f_0 = \frac{c}{2 \sqrt{\epsilon_r}} \left[ \left( \frac{m}{L} \right)^2 + \left( \frac{n}{W} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana nilai  $m$  dan  $n$  model adalah *respective* terhadap nilai  $L$  dan  $W$

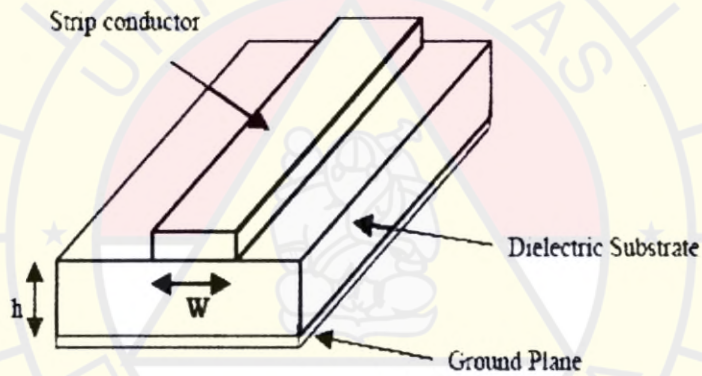
Untuk efisiensi radiasi, lebar  $W$  diberikan dengan persamaan :

$$W = \frac{c}{2 f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana  $E_r$  adalah konstanta dielektrik

## 2.4. Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan suatu media rambatan bagi gelombang yang dikirimkan dari sumber ke beban. Bagian dari sistem antena adalah saluran transmisi yang dihubungkan dengan *patch* antena. Ada empat model yang dapat digunakan sebagai saluran pencatu *patch* antena, yaitu: rangkaian saluran mikrostrip *planar*, *probe* koaksial, *aperture coupling*, dan *proximity coupling*. Karakteristik dan dimensi saluran transmisi mikrostrip ditentukan oleh nilai konstanta dielektrik relatif *substrate* dan *loss tangent*.



Gambar 2.6. Saluran Transmisi Mikrostrip

### 2.4.1. Konstanta Efektif Permittifitas Dielektrikum Relatif

Analisa parameter impedansi karakteristik dari mikrostrip secara dimensional dibatasi oleh nilai rasio antara lebar strip konduktor dengan ketebalan dielektrikum bahan (*substrat*). Konstanta permitifitas dielektrikum

relative efektif diperlukan untuk menentukan hubungan bahan dari kedua dielektrikum yaitu substrat dan plat konduktor.

Konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{\text{eff}}$ ) untuk  $w/h \geq 1$ .

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left( 1 + \frac{12h}{w} \right)^{-1/2} \quad \dots\dots (2.6)$$

- Dimana :
- w = Lebar konduktor (mm)
  - H = Ketebalan substrat
  - $\epsilon_r$  = Konstanta dielektrik substrat
  - $\epsilon_{\text{reff}}$  = Konstanta dielektrik efektif

#### 2.4.2. Karakteristik Impedansi

Salah satu parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran mikrostrip adalah impedansi karakteristik ( $Z_0$ ). Impedansi karakteristik, induktansi dan kapasitansi saluran transmisi ditentukan oleh besaran fisik saluran. Pada saluran mikrostrip nilai impedansi karakteristik ditentukan oleh lebar saluran atau konduktor (w), tinggi material substrat (h) dan konstanta dielektrik relative ( $\epsilon_r$ ). Impedansi karakteristik merupakan hambatan dari saluran mikrostrip yang terjadi sepanjang saluran yang secara analisis dapat ditentukan melalui persamaan untuk nilai  $w/h \leq 1$ .



$$Z_0 (\pi) = \frac{[120 \pi (\epsilon_{eff})^{-1/2}]}{\frac{w}{h} + 1,393 + 0,667 \ln(1,444 + \frac{w}{h})} \dots\dots (2.7)$$

Dimana :  $Z_0$  = Impedansi karakteristik saluran

$\epsilon_r$  = Konstanta dielektrik relative substrat

$\epsilon_{r \text{ eff}}$  = Konstanta dielektrik efektif

H = Ketebalan substrat

W = Lebar saluran mikrostrip

### 2.4.3. Kerugian Saluran Transmisi

Mikrostrip sebagai media saluran transmisi yang bekerja pada frekuensi tinggi akan menghasilkan rugi-rugi bersifat meredam, terutama yang ditimbulkan oleh factor dielektrikum bahan ( substrate ) dan konduktor.

#### 2.4.3.1 Rugi konduktor

Besarnya rugi konduktor pada mikrostrip menurut Hammerstad dan Bekkadal dinyatakan dengan persamaan :

$$\alpha_c = 0.072 \frac{\sqrt{f}}{w Z_0} \lambda_g \left( \frac{dB}{\lambda_g} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :  $f$  = frekuensi operasi (Hz)

$\lambda_g$  = Panjang gelombang guide (mm)



$w$  = Lebar konduktor (mm)

$Z_0$  = Impedansi karakteristik ( $\Omega$ )

Untuk mencari  $\lambda_g$  dapat dicari dengan persamaan:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :  $\lambda$  = Panjang gelombang di udara (m)

$\lambda_g$  = Panjang gelombang guide (m)

$f_0$  = Frekuensi resonansi (Hz)

$\epsilon_{eff}$  = Permittifitas Effektif

#### 2.4.3.2 Rugi Dielektrikum

Rugi dielektrikum lebih disebabkan oleh bahan medium sebuah *substrate* dengan loss tangent yang dimilikinya. Dinyatakan dengan persamaan :

$$\alpha_d = 27.3 \frac{\epsilon_r (\epsilon_{eff} - 1) \tan \delta}{\epsilon_{eff} (\epsilon_{eff} - 1)} \text{ (dB/}\lambda_g\text{)} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

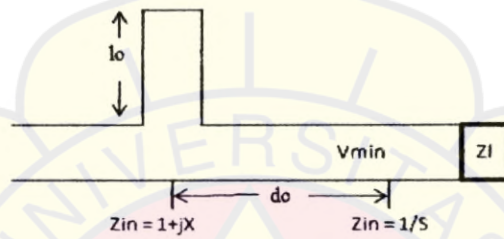
Dimana :  $\tan \delta$  = Loss tangent

$\epsilon_{r\text{ eff}}$  = Konstanta efektif dielektrik

$\epsilon_r$  = Konstanta dielektrik

#### 2.4.4. Tuning Stub

Ketika sebuah beban dihubungkan ke generator sebagai yang berfungsi sebagai saluran transmisi dapat menimbulkan panjang gelombang yang lebar. Untuk itu diperlukan cara agar didapat matching impedansi beban dan generator terhadap saluran transmisi. Teknik penggunaan tuning stub digunakan untuk mendapatkan matching impedansi tersebut.



Gambar 2.7 Serial Stub

Nilai  $d_0$  didapat dengan perumusan :

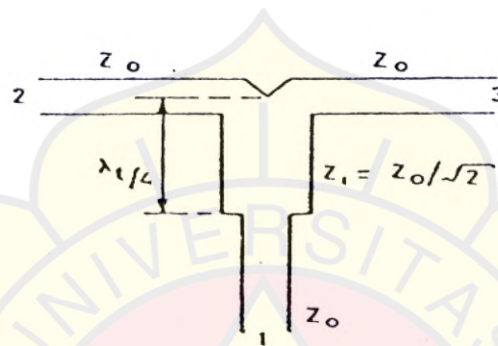
$$d_0 = \frac{\lambda_g}{4\pi} \cos^{-1} \frac{S-1}{S+1} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$l_0 = \frac{\lambda_g}{2\pi} \tan^{-1} \frac{\sqrt{S}}{S-1} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :  $S$  = Standing wave ratio  
 $\lambda_g$  = Panjang gelombang guide

### 2.4.5. Rangkaian *Transformer*

Rangkaian *Transformer* adalah sebuah saluran yang memiliki satu buah untuk menyalurkan gelombang peradiasi ke beban *patch* antenna. Desain *Transformer*, ditunjukkan dalam Gambar 2.8, memiliki impedansi ohm 50 pada setiap port, dan transformator seperempat-gelombang yang sesuai dengan impedansi 35-36 ohm.



Gambar 2.8 Rangkaian *Transformer*

Untuk panjang *Transformer* melalui persamaan :

$$- L = \frac{1}{4} \lambda_g \quad \dots \dots \dots (2.14)$$

Untuk Impedansi *Transformer* :

$$- Z_1 = Z_0 / \sqrt{2} \quad \dots \dots \dots (2.15)$$

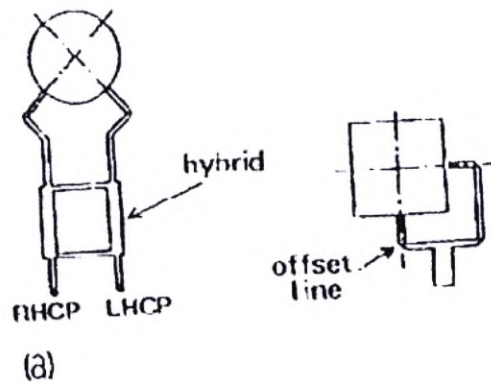
Bentuk triplate dari jenis splitter dapat dianalisis dengan menerapkan teknik modus yang cocok untuk model *Waveguide* setara persimpangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Untuk koefisien refleksi yang dipilih pada port output, analisis ini mampu mengevaluasi koefisien refleksi pada port input.

S-parameter dari persimpangan ini maka fungsi sederhana dari koefisien-koefisien dan impedansi baris.

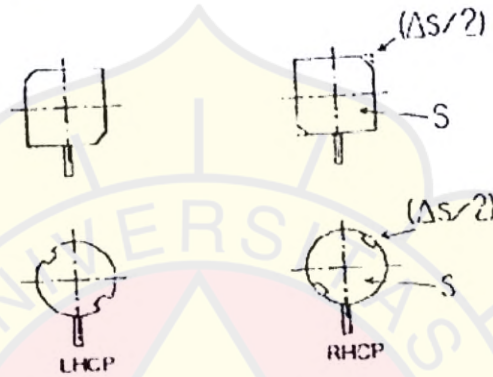
#### **2.4.6. Teknik Pencatuan Polarisasi Lingkaran**

Pada sistem antena mikrostrip penggunaan teknik pencatu menjadi sangat penting, agar diperoleh hasil polarisasi tertentu. Secara umum teknik pencatuan untuk antena mikrostrip hasil polarisasi lingkaran dapat dikategorikan dalam dua jenis saluran pencatu, yaitu : teknik catu tunggal dan teknik catu ganda. Umumnya paling banyak digunakan untuk polarisasi lingkaran model catu tunggal, teknik ini dilakukan dengan melakukan arah putaran arus dengan pemberian *slot* pada sisi *patch*. Sedangkan penggunaan teknik catu ganda dengan melakukan pengaturan dari sisi sistem pencatunya.





(a)



(b)

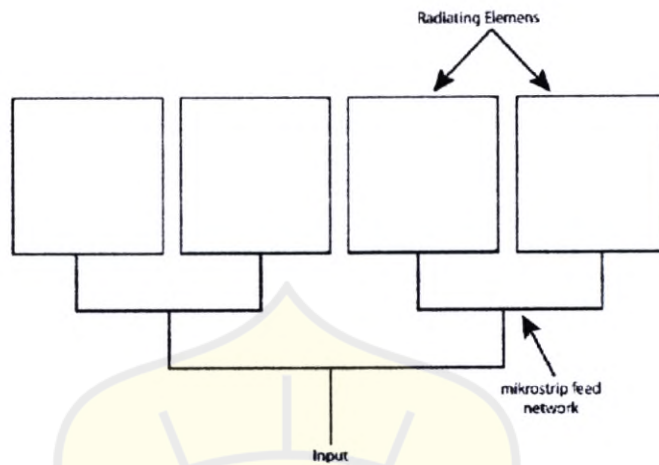
Gambar 2.9 Model Pencatuan polarisasi lingkaran

#### 2.4.7. Susun Linear

Teknik mikrostrip susun merupakan suatu cara membangun antenna dengan menempatkan multielemen dalam rangkaian untuk frekuensi *microwave*. Susun dari suatu elemen dapat dibuat melalui distribusi dalam bentuk *linear*, *planar*, atau *volume* susun.

Prinsip umum rancangan untuk susun linear menggunakan bentuk saluran *corporate* (gabungan) dan saluran seri. Gambar 2.9 merupakan bentuk dari saluran seri susun linear, dimana rangkaian dengan menggunakan satu *port input* dan dihubungkan ke beberapa saluran transmisi secara parallel sebagai *port*

*output*. Untuk masing-masing dari ujung saluran sebagai terminal dengan elemen peradiasi.



Gambar 2.10. Konfigurasi susun linear simetris

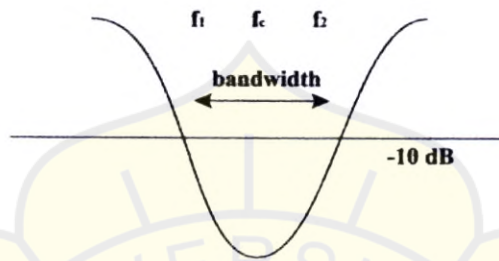
Bentuk simetris saluran paralel dapat digunakan dengan memasukkan suatu *power divider* untuk memperoleh distribusi *aperture* yang *uniform* dan hal ini dapat dilakukan untuk beberapa jenis *power divider* yang berbeda. Dalam prakteknya rangkaian saluran paralel *divider T-junction*, tetapi umumnya untuk memperoleh impedansi seimbang menggunakan *transformer  $1/4\lambda g$* .

## 2.5. Parameter Umum Antena Mikrostrip

Ada beberapa parameter-parameter yang harus digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip, yaitu : bandwidth, return loss, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), Input Impedance, Axial Ratio, dan gain.

### 2.5.1. Bandwidth

Bandwidth dari suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, bandwidth, polarisasi, gain, efisiensi, VSWR, Return loss, Axial Ratio) memenuhi spesifikasi standar.



Gambar 2.11. Rentang frekuensi

*Bandwidth* dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\mathbf{BW = f_h - f_l \text{ (Ghz)} \quad \dots\dots\dots (2.16)}$$

Untuk presen nilai *bandwidth* dapat dituliskan dengan persamaan ::

$$\mathbf{BW = \frac{(f_h - f_l)}{f_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.17)}$$

- Dimana :
- $f_h$  = frekuensi tertinggi (Ghz)
  - $f_l$  = frekuensi terendah (Ghz)
  - $f_0$  = Frekuensi tengah (Ghz)
  - BW = Bandwidth

### 2.5.2. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitude dari gelombang yang direflesikan terhadap amplitude gelombang yang dikirimkan. Return loss digambarkan sebagai peningkatan amplitude dari gelombang yang direflesikan ( $V_o$ ) dibanding dengan gelombang yang dikirim ( $V_o+$ ). Return loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antenna). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (mismatched), besarnya return loss bervariasi tergantung pada frekuensi.

$$RL = - 20 \log_{10} [\Gamma] \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana  $\Gamma$  adalah Koefisien Refleksi

$$[\Gamma] = \frac{VSWR-1}{VSWR+1}$$

Maka nilai  $VSWR \leq 2$  sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direflesikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirim atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah matching. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.



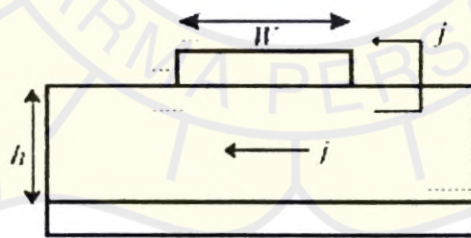
radiator patch berdasarkan bentuknya, diantaranya rectangular (segiempat), triangular (segitiga), lingkaran, dll. Substrat merupakan dielektrik yang membatasi elemen pentanahan. Bagian ini memiliki nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), factor disipasi, dan ketebalan ( $h$ ) tertentu. Ketiga nilai ini mempengaruhi frekuensi kerja, bandwidth, dan juga efisiensi dari antenna yang akan dibuat. Ketebalan substrat jauh lebih besar dari pada ketebalan konduktor metal peradiasi. Semakin tebal substrat maka bandwidth akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (surfacewave).

## 2.2. Model Cavity

Antena mikrostrip merupakan antenna yang memiliki pita resonansi yang sempit. Keadaan ini disebut sebagai lossy cavities. Antena mikrostrip menyerupai lubang-lubang yang dipenuhi oleh bahan dielektrik yang menghasilkan resonansi pada orde yang tinggi. Nilai medan yang ternormalisasi didalam substrat dielektrik yang dapat dicari dengan lebih akurat dengan mencermati daerah tersebut sebagai lubang (cavity) yang diselubungi oleh konduktor (yaitu diatas dan dibawah) dan di dinding magnet. Model ini merupakan model pendekatan yang berprinsip pada impedansi masukan reaktif dan tidak meradiasikan daya.

Ketika antenna mikrostrip diberikan energi distribusi muatan dibentuk pada bagian atas dan bagian bawah permukaan dari pada patch tersebut, dan juga pada bagian pentanahan (ground). Distribusi muatan dikendalikan oleh 2 mekanisme, yaitu : mekanisme atraktif dan mekanisme repulsive. Mekanisme atraktif terjadi diantara muatan-muatan yang berlawanan pada bagian bawah patch dan bagian ground yang cenderung untuk mempertahankan konsentrasi

muatan pada bagian bawah patch. Mekanisme repulsive terjadi diantara muatan-muatan pada bagian bawah permukaan patch yang memiliki kecenderungan untuk mendorong berupa muatan pada bagian bawah patch ke bagian atasnya melalui ujung-ujung patch tersebut. Karena kebanyakan antenna mikrostrip memiliki nilai ratio height to width yang kecil, mekanisme atraktif menjadi dominan dan kebanyakan konsentrasi muatan berada pada bagian bawah patch. Arus dalam jumlah yang kecil mengalir melalui ujung patch ke bagian atas permukaan patch. Aliran arus semakin kecil seiring dengan semakin mengecilnya nilai ratio height to width. Kedua jenis mekanisme diperlihatkan pada gambar 2.2 beserta kerapatan arus ( $J$ ) dapat diasumsikan bahwa besaran arus yang mengalir ke atas permukaan patch adalah nol, sehingga tidak menyebabkan adanya medan magnet tangensial ke ujung patch. Hal ini menyebabkan keempat dinding samping menyerupai permukaan medan konduksi yang sempurna sehingga tidak mengganggu medan magnetik menyebabkan distribusi medan elektrik tetap di bawah permukaan patch.



Gambar 2.2.

Distribusi muatan dan arus yang terbentuk pada patch mikrostrip. Dimana  $W =$  Lebar saluran,  $h =$  Tebal Substrat dan  $j =$  Distribusi Muatan dan Arus



### 2.5.3. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara amplitude gelombang berdiri (standing wave) maksimum ( $V_{max}$ ) dengan minimum ( $V_{min}$ ). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan ( $V_{0+}$ ) dan tegangan yang direflesikan ( $V_{0-}$ ), sinyal yang dipantulkan dapat terjadi karena adanya ketidaksesuaian antara impedansi beban dan impedansi saluran. Ketidaksesuaian ini akan berpengaruh terhadap besarnya daya yang dapat ditransmisikan. Perbandingan antara tegangan yang direflesikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots (2.19)$$

Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya magnitude dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari  $\Gamma$  adalah nol, maka :

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

Kondisi 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. Oleh karena itu, nilai standar

VSWR untuk rangkaian mikro yang baik untuk fabrikasi antenna adalah VSWR 1 sampai 2.

#### 2.5.4. Input Impedansi

Impedansi masukan adalah perbandingan (ratio) antara tegangan dengan arus. Impedansi masukan ini bervariasi untuk nilai posisi tertentu.

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} \dots\dots\dots (2.20)$$

Diantara  $Z_{in}$  merupakan perbandingan antara jumlah tegangan (tegangan masuk dan tegangan refleksi (V) ) terhadap jumlah arus (I) pada setiap titik z pada saluran, berbeda dengan karakteristik impedansi saluran ( $Z_0$ ) yang berhubungan dengan tegangan dan arus pada setiap gelombang.

#### 2.5.5. Axial Ratio

Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Pada prakteknya, polarisasi dari energy yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnetik yang menggambarkan arah dan magnetudo vector medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga



Dari gambar tersebut menyatakan bahwa  $E_1 = E_2$  dan  $\delta = +90^\circ$  dan LHCP ketika  $\delta = +90^\circ$ , maka Axial Ratio adalah perbandingan antara minor axis dan mayor axis, dengan rumus :

$$AR = 20 \log \frac{E_x}{E_y} \dots\dots\dots (2.21)$$

**2.5.6. Penguatan (Gain)**

*Gain* didefinisikan sebagai *directivity* yang dihasilkan maksimum dari *power* antenna yang dirancang dengan intensitas maksimum radiasi dari antenna referensi yang dinyatakan dengan persamaan :

$$G = \frac{\text{Maksimal intensitas radiasi}}{\text{Maksimum intensitas radiasi dari antenna referensi dengan input power sama}}$$

Untuk suatu metode pengukuran *Gain* dari antenna dengan menggunakan “Friis Transmission Formula”, dimana metode tersebut telah dipublikasikan oleh Harald T. Friis dari Bell Telephone Laboratories tahun 1946 [9].

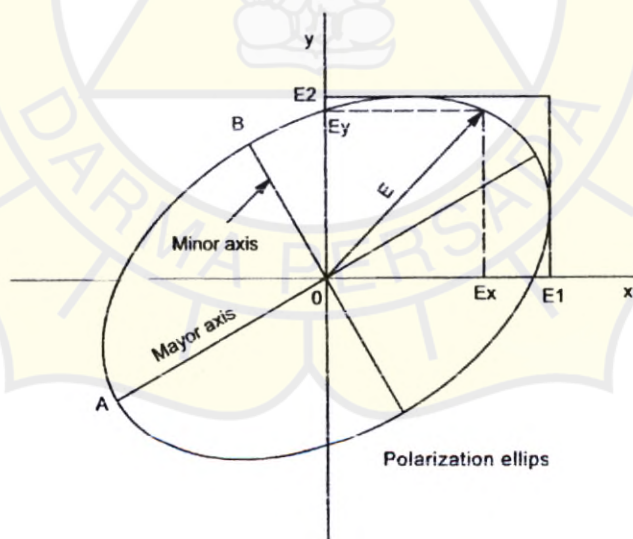
*Gain (directive gain)* adalah karakter antenna yang terkait dengan kemampuan antenna mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti *watt*, *ohm*, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk *gain* adalah desibel (dB). Satu gambaran penting dari suatu antenna adalah seberapa besar antenna mampu mengkonsentrasikan energi pada suatu arah yang diinginkan, dibandingkan dengan radiasi pada arah yang lain. Karakteristik dari antenna tersebut dinamakan direktivitas (*directivity*) dan *power gain*.

dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu.

Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vector 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
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitude yang sama
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil  $90^\circ$ .

Polarisasi melingkar terbagi menjadi dua, yaitu Left Hand Circular Polarization (LHCP), Right Hand Circular Polarization (RHCP). LHCP terjadi ketika  $\delta = +\pi/2$ , sebaliknya RHCP terjadi ketika  $\delta = -\pi/2$ .



Gambar 2.12. Axial Ratio