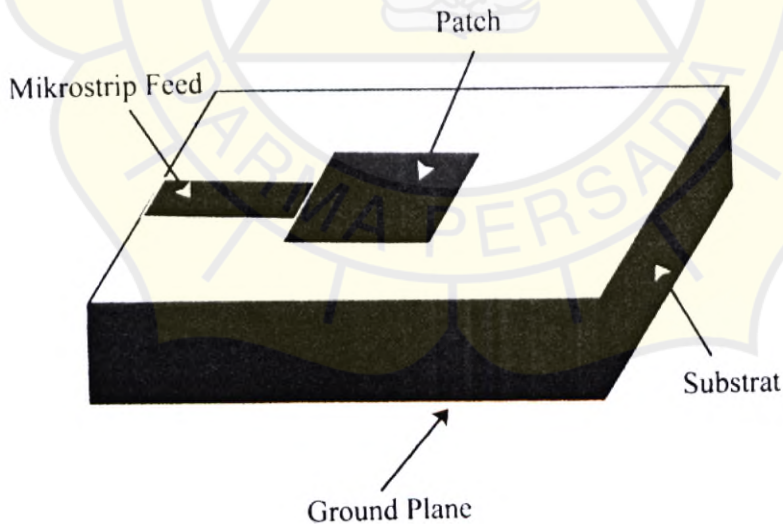


BAB II

KARAKTERISTIK DAN PARAMETER ANTENA MIKROSTRIP

2.1 Antena Mikrostrip

Teknologi mikrostrip merupakan sebuah medium (*substrate*) yang memiliki karakteristik dielektrik yang dapat digunakan untuk menghantarkan atau mempropagasikan gelombang elektromagnetik melalui teknologi MIC (*Microstrip Integrated Circuit*) untuk frekuensi gelombang mikro. Sebagai media propagasi gelombang elektromagnetik, maka secara karakteristik dapat dibuat untuk suatu rancangan sebuah saluran transmisi dan radiator antena. Secara konseptual rancangan sebuah antena melalui mikrostrip dilakukan melalui dua tahap, yaitu : pertama rancangan model saluran transmisi dan kedua merancang ukuran dan model peradiasi atau radiator.



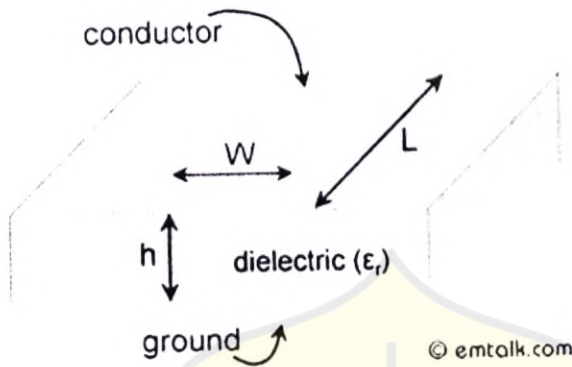
Gambar 2.1 Antena Mikrostrip

Pada gambar 2.1, 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 radiator *patch* berdasarkan bentuknya, diantaranya rectangular (segiempat), triangular (segitiga), lingkaran, dll. Substrat merupakan dielektrik yang membatasi elemen pentanahan. Bagian ini memiliki nilai *konstanta dielektrik* (ϵ_r), faktor disipasi, dan ketebalan (h) tertentu. Ketiga nilai ini mempengaruhi frekuensi kerja, bandwidth, dan juga efisiensi dari antena 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 Saluran Transmisi mikrostrip

Bagian dari sistem antena adalah saluran transmisi, dimana model ini merupakan media rangkaian saluran transmisi yang dihubungkan dengan *patch* antena. Ada dua model yang dapat digunakan sebagai saluran transmisi *patch* antena, yaitu : *probe* koaksial dan rangkaian saluran mikrostrip. Pada perancangan ini saluran transmisi untuk antena dengan model *Power Divider T-junction*. Karakteristik dan dimensi saluran transmisi mikrostrip ditentukan oleh nilai *konstanta dielektrik relative substrat* dan *loss tangent*. Pada gambar 2.2 sebuah saluran transmisi dirancang diatas sebuah substrat dengan ukuran lebar konduktor (w) dan

ketebalan *patch* saluran (t), dimana ketebalan substrat (h) dengan konstanta dielektrikum permeabilitas bahan (ϵ_r) dan lapisan bawah media *ground*.



Gambar 2.2 Saluran transmisi mikrostrip

2.2.1 Konstanta Efektif Permittivitas Dielektrikum Relatif

Analisis nilai parameter impedansi karakteristik dari mikrostrip secara dimensional dibatasi oleh nilai ratio antara lebar *strip conductor* dengan ketebalan dielektrikum bahan (*substrat*). Konstanta permittivitas dielektrikum *relative efektif* diperlukan untuk menentukan hubungan bahan dari kedua dielektrikum yaitu substrat dan plat konduktor.

Untuk $w/h \leq 1$:

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{(\epsilon_r + 1) + (\epsilon_r - 1)}{2} \cdot \left[\left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-1/2} + 0.04 \left(1 - \frac{w}{h} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2-1)$$

Untuk $w/h > 1$:

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

Dimana : w = Lebar Konduktor (mm)

h = Ketebalan Substrat (mm)

ϵ_r = Konstanta Dielektrikum Relatif

2.2.2 Impedansi Karakteristik

Nilai impedansi karakteristik merupakan hambatan yang terjadi sepanjang saluran yang secara analisis dapat ditentukan melalui persamaan :

Untuk nilai $w/h \leq 1$:

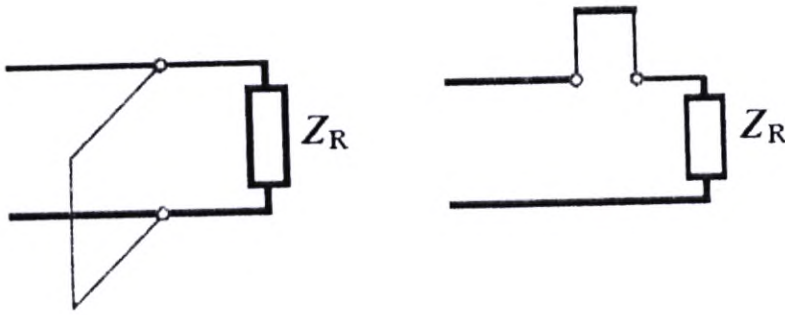
$$Z_0 (\Omega) = 60 (\epsilon_{eff})^{-\frac{1}{2}} \ln \left[\frac{8h}{w} + \frac{0,25w}{h} \right] \dots\dots\dots(2-3)$$

Untuk nilai $w/h > 1$:

$$Z_0 (\Omega) = \frac{[120 \pi (\epsilon_{eff})^{-\frac{1}{2}}]}{\frac{w}{h} + 1,393 + 0,667 \ln(1,444 + \frac{w}{h})} \dots\dots\dots(2-4)$$

2.3 Stub Matching

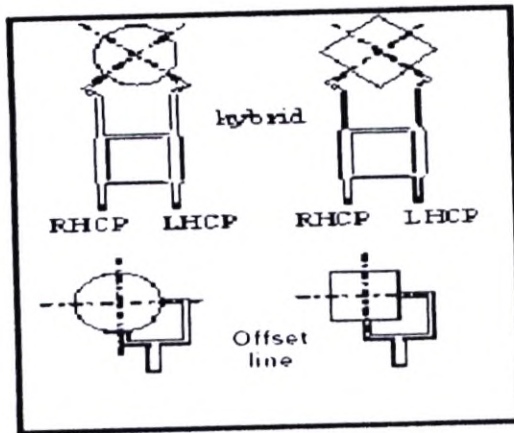
Penyesuaian impedansi bisa dilakukan dengan menyisipkan suatu admitansi imajiner parallel dalam saluran transmisi. Admitansi ini bisa diperoleh dari potongan suatu saluran transmisi. Teknik penyesuaian impedansi seperti ini disebut dengan stub matching. Ujung dari stub bisa terbuka atau tertutup, tergantung dari admitansi imajiner yang diinginkan. Dua atau tiga stub juga bisa disisipkan pada lokasi tertentu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.



Gambar 2.3 Penyesuai impedansi dengan stub

2.4 Teknik Pencatuan Polarisasi Lingkaran

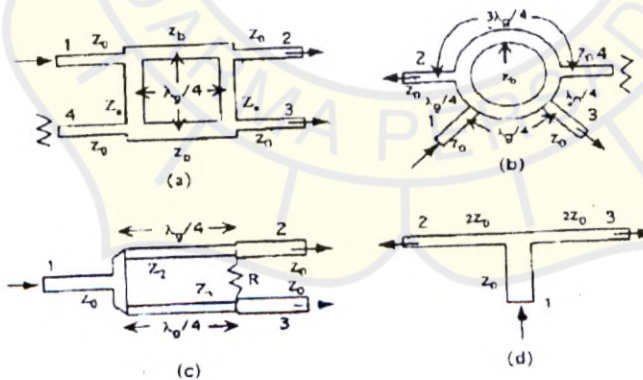
Pada sistem antena mikrostrip penggunaan teknik pencatu menjadi sangat penting, agar diperoleh hasil polarisasi tertentu. Secara umum teknik pencatuan untuk antena mikrostrip hasil polarisasi lingkaran dapat dikategorikan dalam dua jenis saluran pencatu, yaitu : teknik catu tunggal dan teknik catu ganda. 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. Gambar 2.4 merupakan dasar antena dengan konfigurasi dua saluran ganda *eksternal* polarisasi 3 dB *Hybrid* atau *offset feeding line*. Teknik catu ganda memudahkan untuk hasil polarisasi lingkaran tanpa mengubah bentuk pada *patch* radiator.



Gambar 2.4 Model Pencatuan ganda polarisasi lingkaran

2.4.1 Power Divider

Secara umum penggunaan rangkaian *power divider* sangat mendukung untuk digunakan sebagai rangkaian pencatu antenna mikrostrip dengan polarisasi lingkaran. Gambar 2.5 merupakan beberapa jenis rangkaian *power divider* yang dapat digunakan untuk menghasilkan polarisasi lingkaran, antara lain : rangkaian *hybrid*, *ring*, *transformer* dan *T-Junction*.

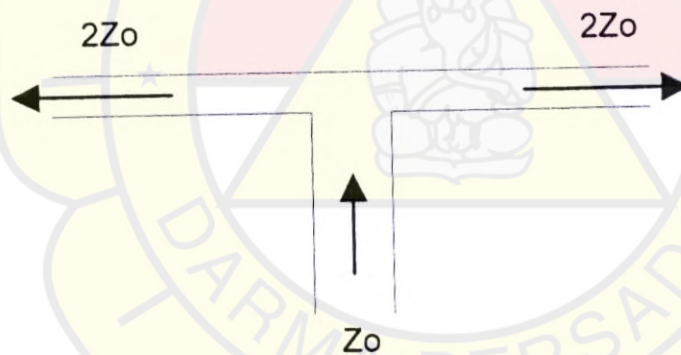


Gambar 2.5 Skema rangkaian *power divider* : (a) *hybrid*, (b) *ring*, (c) *transformer* dan (d) *T-Junction*

Pada penelitian ini perancangan antena mikrostrip elemen tunggal untuk saluran pencatu antena menggunakan jenis *T-Junction*.

2.4.2 Desain impedansi *offset line* (*T-Junction*)

Pada pemodelan *transformer* impedansi untuk saluran transmisi terlihat seperti gambar 2.6 dibawah ini. Desain *transformer* impedansi *offset line* (*T - Junction*) terdiri dari tiga saluran, dimana satu saluran masukan dan dua saluran keluar. Untuk saluran masukan dengan nilai Z_0 adalah impedansi karakteristik yang terdistribusi paralel terhadap dua saluran keluaran yang masing-masing nilainya $2Z_0$. Sehingga pada rangkaian *offset line* besarnya impedansi masukan *ekuivalen* dengan rangkaian paralel saluran keluaran.



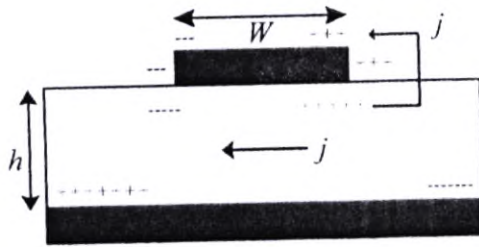
Gambar 2.6. Rangkaian *divider offset line*

2.5 Model Cavity

Antena mikrostrip merupakan antena 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 di dalam substrat dielektrik yang dapat dicari dengan lebih akurat dengan mencermati daerah tersebut sebagai lubang (*cavity*) yang diselubungi oleh *conductor* (yaitu diatas dan dibawah) dan di dinding magnet. Model ini merupakan model pendekatan yang berprinsip pada impedansi masukan reaktif dan tidak meradiasikan daya.

Ketika antena 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 kecendrungan untuk mendorong berupa muatan pada bagian bawah *patch* ke bagian atasnya melalui ujung-ujung *patch* tersebut. Karena kebanyakan antena 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*.

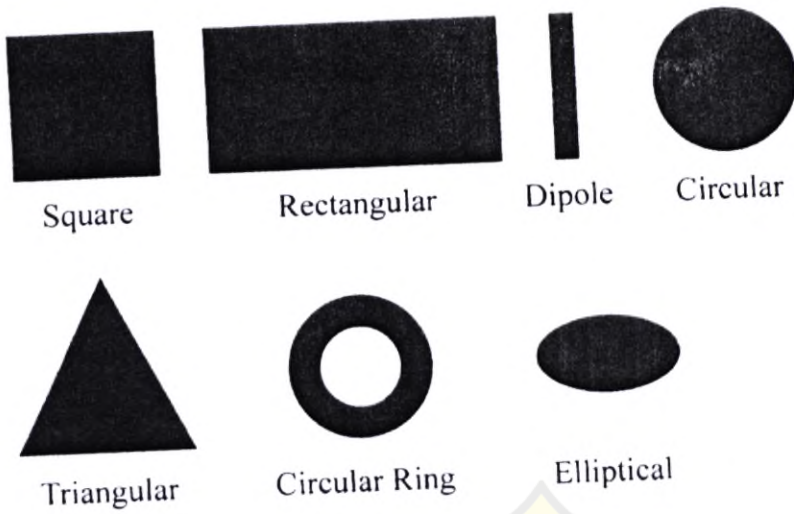


Gambar 2.7. Distribusi muatan dan arus yang terbentuk pada patch mikrostrip

Kedua jenis mekanisme diperlihatkan pada gambar 2.7 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*.

2.6 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 didalam merancang suatu antena mikrostrip, seperti : Bujur sangkar, Empat persegi panjang, Lingkaran, Segitiga sama sisi, *Ring* dan *Ellips* yang terlihat pada gambar 2.8.

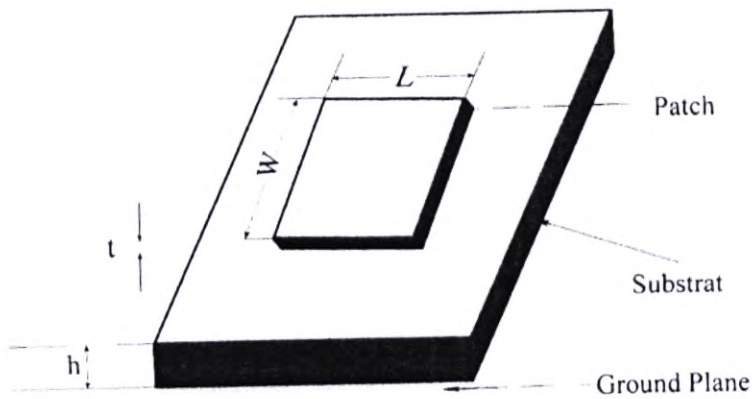


Gambar 2.8 Bentuk dasar *patch* antenna mikrostrip

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 sama sisi terdiri dari empat buah sisi dengan masing-masing memiliki ukuran yang sama. Peradiasi dirancang dengan alasan minimalis terhadap ukuran model lainnya, seperti : Segitiga, lingkaran dan *pentagonal*. Lihat gambar 2.8.

2.6.1 Elemen Bujur Sangkar

Pada perancangan ini, antenna mikrostrip akan menggunakan *patch radiator* bentuk bujur sangkar seperti pada gambar 2.9. Bentuk antenna bujur sangkar pada gambar untuk ukuran lebar (w) dan panjang (L) adalah sama.



Gambar 2.9. Tampilan struktur *patch* antena bujur sangkar

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa metode yang akan digunakan untuk menganalisa antena mikrostrip ini adalah *cavity model*. *Patch* peradiasi yang berbentuk bujur sangkar dan bidang pentanahan (*ground plane*) dipisahkan dengan bahan dielektrikum yang mempunyai konstanta dielektrik $\epsilon = \epsilon_0 \times \epsilon_r$. Untuk nilai $h < \lambda_0$, medan listrik dianggap *homogeny* sepanjang sumbu Z sehingga mode yang sesuai untuk keadaan ini adalah mode TM. Untuk mode TM distribusi medan listrik dan medan magnet pada elemen peradiasi berbentuk bujur sangkar.

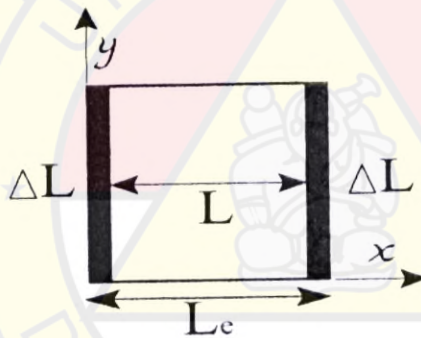
Untuk sebuah rancangan *patch* antena bujur sangkar dapat dilakukan dengan menganalisa perhitungan untuk panjang setiap sisi didasarkan frekuensi resonansi yang digunakan dan konstanta dielektrikum bahan yang digunakan. Nilai frekuensi pada patch bujur sangkar mode TM_{nm} dinyatakan dengan persamaan :

$$f_0 = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_r}} \left[\left(\frac{m}{L}\right)^2 + \left(\frac{n}{W}\right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2-5)$$

Pada aplikasi mode TM₁₀, maka dari persamaan (2.5) diperoleh persamaan :

$$L = \frac{c}{2 x f_o \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2-6)$$

Dengan memperhatikan efek rugi sehingga panjang sisi *patch radiator* di dapat (L_{eff}). Fenomena effect (efek tepi) yang terjadi pada antena mikrostrip dimana elemen peradiasi seolah-olah menjadi lebar dibandingkan dengan perhitungan rumus awal pada persamaan (2-6). Hal ini bisa diatasi dengan mengurangi luas antena pada saat perancangan sebesar kompensasi terhadap adanya *fringing effect*, hal ini bisa dilakukan persamaan yang diperoleh *James*, yaitu :



Gambar 2.10. *Effek fringing patch radiator*

Dengan menggunakan persamaan *Hammerstad*, maka :

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8 \right)} \right] \dots\dots\dots(2-7)$$

Maka untuk memperoleh lebar efektif digunakan persamaan :

$$L_e = L + 2\Delta L \dots\dots\dots(2-8)$$

- Dimana : f_0 = Frekuensi resonansi (Hz)
 C = kecepatan cahaya 3×10^8 (mm/s)
 ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat
 ΔL = Efek fringing (mm)
 L_e = Lebar efektif (mm)
 L = Sisi patch (mm)

2.7 Parameter Dasar Antena

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

2.7.1 Bandwidth

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

Untuk persentase bandwidth :

$$BW = \frac{(f_{r2} - f_{r1})}{f_r} \times 100 \% \dots\dots\dots(2-9)$$

Sedangkan untuk kapasitas bandwidth :

$$BW = f_{r2} - f_{r1} \dots\dots\dots(2-10)$$

Dimana : f_{r2} = frekuensi tertinggi (Ghz)
 f_{r1} = frekuensi terendah (Ghz)
 f_r = Frekuensi tengah (Ghz)
 BW = Bandwidth

2.7.2 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara *amplitudo* dari gelombang yang direfleksikan terhadap *amplitudo* gelombang yang dikirimkan. *Return loss* digambarkan sebagai peningkatan *amplitude* dari gelombang yang direfleksikan (V_o) dibanding dengan gelombang yang dikirim (V_o+). *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.

$$RL = 20 \log_{10} |\Gamma| \dots\dots\dots(2-11)$$

Dengan :

$$|\Gamma| = \frac{VSWR-1}{VSWR+1} \dots\dots\dots(2-12)$$

Nilai *return loss* yang baik adalah dibawah -9,45 dB, maka nilai $VSWR \leq 2$ sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan 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.

2.7.3 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo 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 direfleksikan (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 direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien *refleksi* tegangan (Γ) :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma_L|}{1 - |\Gamma_L|} \dots\dots\dots(2-13)$$

Koefisien *refleksi* tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya *magnitude* dan *fasa* dari *refleksi*. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka[4] :

- $\Gamma = -1$: *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 pantulan 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 pabrikan antenna adalah $VSWR$ 1 sampai 2.

2.7.4 Input Impedansi

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

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \dots\dots\dots(2-14)$$

Dimana :

- Z_{in} = Input Impedansi (ohm)
- Z_0 = Karakteristik impedansi (ohm)
- Γ = refleksi

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.

2.7.5 Axial Ratio

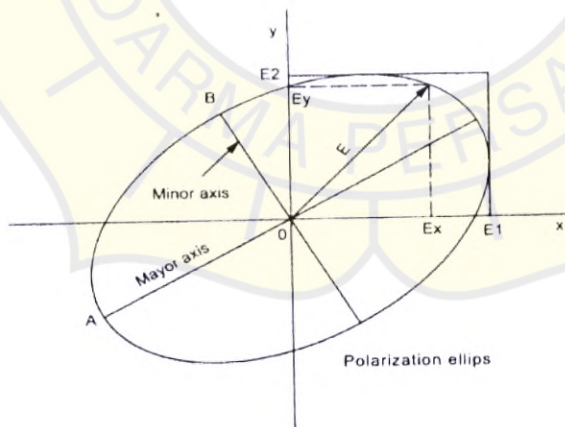
Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Pada prakteknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnetik 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 antena pada suatu arah tertentu.

Polarisasi melingkar 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.
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai *magnitude* yang sama.
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90^0 .

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



Gambar 2.11. Axial Ratio

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 :

$$AR = 20 \log \frac{E_1}{E_2} \dots\dots\dots(2-15)$$

2.7.6 Penguatan (Gain)

Untuk jenis parameter penguatan (*gain*) yaitu *absolute 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 *isotropic*. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya diradiasikan secara isotropic sama dengan daya yang diterima oleh antena 4π dibagi dengan (P_{in}). Absolut gain dapat dihitung dengan rumus :

$$G = \frac{\text{maksimal intensitas radiasi}}{\text{maksimum intensitas radiasi dari antena referensi dengan input power sama}}$$