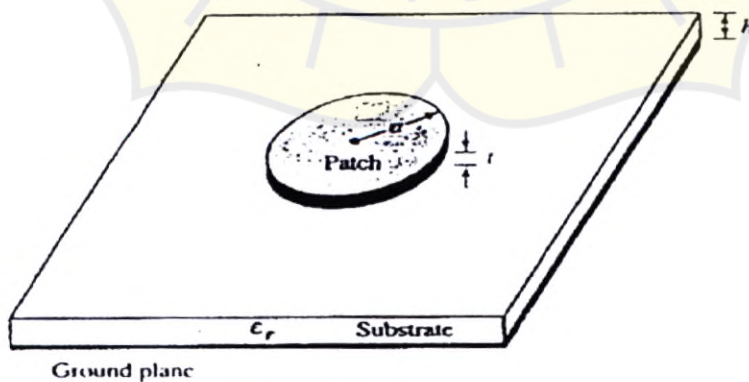


BAB II

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 merancang model saluran pencatu transmisi dan kedua merancang ukuran dan model peradiasi atau radiator.



Gambar.2.1. Dimensi Antena Mikrostrip.

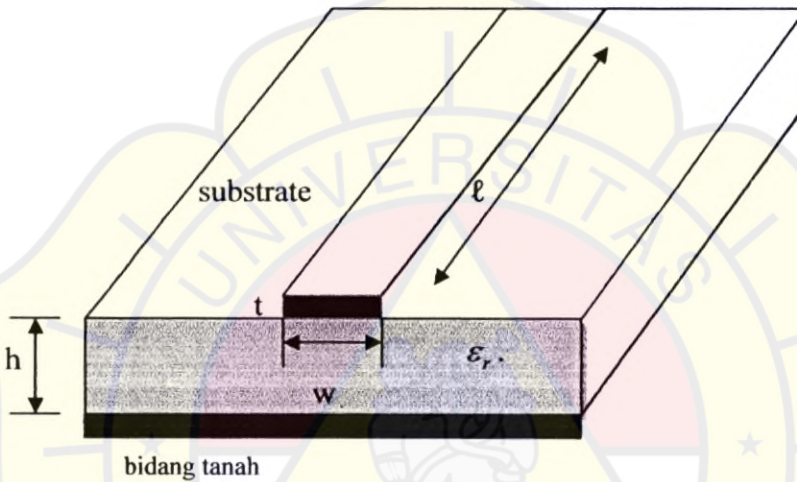
Pada gambar 2.1, sebuah *patch radiator* bentuk lingkaran antena mikrostrip diatas substrate dengan ketebalan t , dimana sisi bawah substrate merupakan lapisan *ground*. Karakteristik substrate lapisan tengah material adalah merupakan substrate dengan ketebalan (h) dengan konstanta dielektriknya (ϵ_r), dan lapisan teratas merupakan patch atau media peradiasi (*radiator*) dengan ketebalan (t).

Teknologi mikrostrip tidak lepas dari perkembangan teknologi substrate itu sendiri. Dimana material dielektrikum yang digunakan selain berfungsi sebagai saluran transmisi gelombang mikro tetapi juga sebagai patch radiator. Untuk substrate komersial yang tersedia umumnya memiliki dua data ukuran properti fisik, yaitu : konstanta dielektrik atau permissivity (ϵ_r) dan loss tangent atau faktor disipasi ($\tan \delta$). Pada rancang bangun jenis substrate yang digunakan TLY-5-0310-CH/CH yang memiliki properti : Ketebalan 0.8 mm , konstanta dielektrik 2,2 dan loss tangent 0,0001.

2.2 Saluran Transmisi Mikrostrip

Bagian dari sistem antena adalah saluran transmisi yang dihubungkan dengan patch antena. Ada dua model yang dapat digunakan sebagai saluran pencatu *patch* antena, yaitu : *probe* koaksial dan rangkaian saluran mikrostrip. Pada perancangan ini saluran transmisi untuk antena dengan model mikrostrip. Karakteristik dan dimensi saluran transmisi mikrostrip ditentukan oleh nilai konstanta dielektrik relatif substrate dan *loss tangent*.

Pada gambar 2.2 sebuah saluran transmisi yang dirancang diatas sebuah substrate 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 Effektiv Permittivitas Dielektrikum Relatif

Analisis nilai parameter impedansi karakteristik dari microstrip secara dimensional dibatasi oleh nilai rasio antara lebar *strip conductor* dengan ketebalan dielektrikum bahan (*Substrate*). Konstanta permitivitas dielektrikum relatif efektif diperlukan untuk menentukan hubungan bahan dari kedua dielektrikum yaitu substrate dan plat konduktor. Untuk menentukan nilai konstanta permitivitas dielektrikum relatif efektif dapat di cari melalui persamaan berikut :

Untuk $w/h > 1$:

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

Dimana : w – lebar konduktor (mm)

h – Ketebalan substrate (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 $w/h > 1$:

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

Dimana : h : ketebalan substrat (mm)

w : lebar saluran (mm)

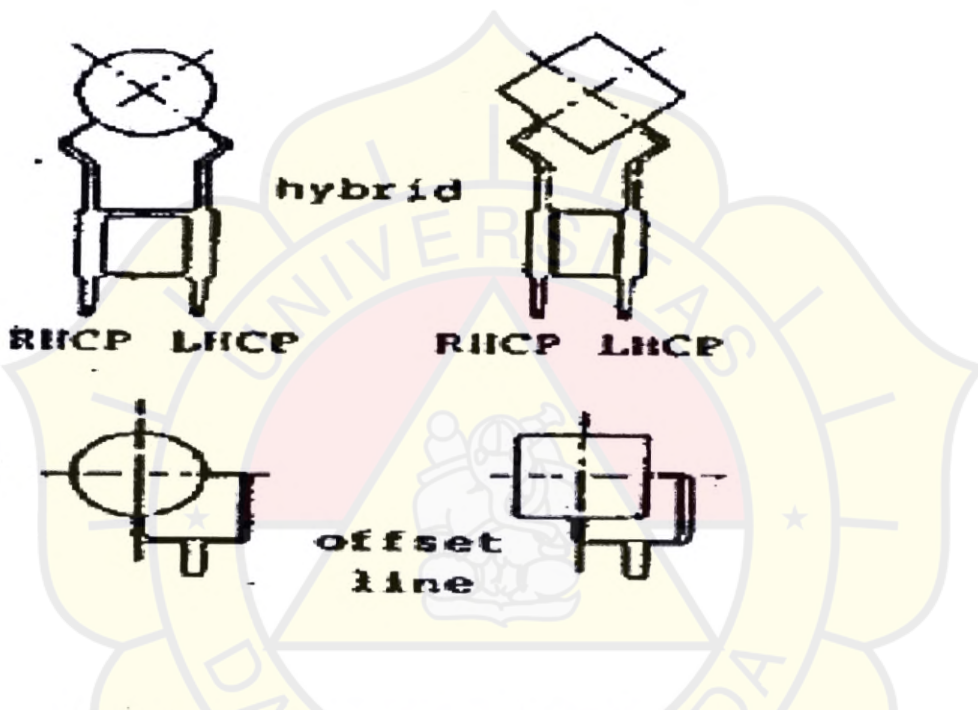
ϵ : konstanta dielektrikum

Z_0 : impedansi karakteristik dari antena (ohm)

2.3 Teknik Pencatuan Polarisasi Lingkaran

Pada sistim antena microstrip 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*. Gambar 2.3 adalah contoh penggunaan teknik catu ganda dengan melakukan pengaturan dari sisi sistem pencatunya.



Gambar 2.3. Model pencatuan ganda polarisasi lingkaran .

2.4 Power Divider

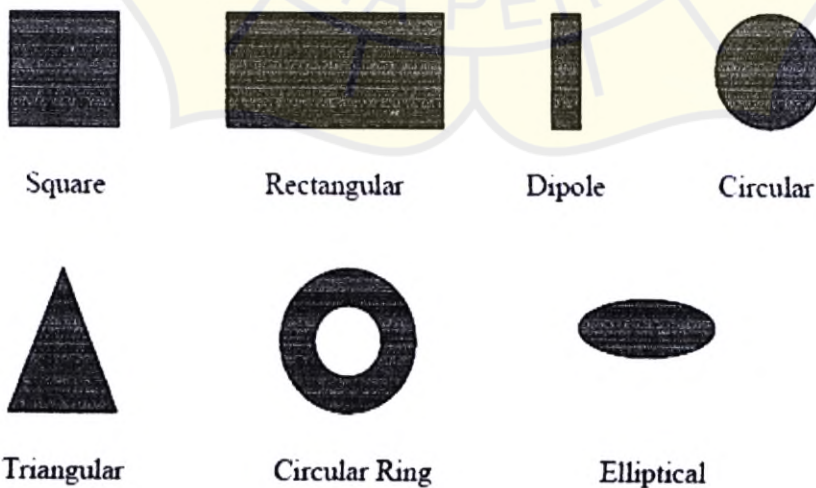
Secara umum penggunaan rangkaian *power divider* sangat mendukung untuk digunakan sebagai rangkaian pencatu antena mikrostrip dengan polarisasi lingkaran. Gambar 2.4 Beberapa jenis rangkaian power divider yang dapat digunakan untuk menghasilkan polarisasi lingkaran, antara lain : rangkaian hybrid, ring, transformer $1/4 \lambda_g$ dan Offset line.

2.5 Model Cavity

Cavity model merupakan dasar perhitungan yang banyak digunakan untuk analisis suatu patch antenna 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.

2.5.1 Elemen Peradiasi Antena

Peradiasi atau *patch radiator* merupakan komponen utama dari suatu antenna mikrostrip, dimana pola propagasi gelombang elektromagnetik akan dipancarkan pada ruang bebas atau udara. Ada beberapa model patch antenna yang dapat digunakan didalam merancang suatu antenna mikrostrip, seperti : Bujur sangkar, Empat persegi panjang, lingkaran, Segitiga Samasisi, Ring dan ellips seperti terlihat pada gambar 2.6.

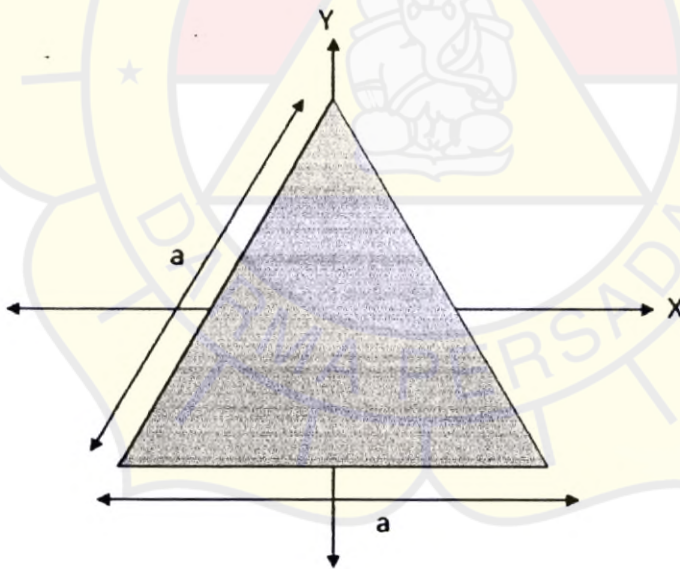


Gambar. 2.6. Bentuk dasar *patch* antenna mikrostrip.

Bentuk rancangan dari *patch* antena dalam perancangan ini menggunakan model segitiga didasarkan ukuran yang lebih kecil dan fleksibel dalam penempatan posisi. Peradiasi dirancang dengan alasan minimalis terhadap ukuran model lainnya, seperti : Segi empat , lingkaran dan pentagonal (lihat gambar 2.6).

2.5.2 Patch Radiator Segitiga

Pada perancangan dimensi dari sebuah radiator antena sebagai beban saluran transmisi harus tetap menghasilkan impedansi yang sesuai dengan impedansi karakteristik. Sebagai impedansi beban yang sesuai (*matching*) , maka akan bekerja pada frekuensi resonansi (f_r).



Gambar 2.7 . *Patch* segitiga antena mikrostrip .

Untuk sebuah rancangan *patch* antena segitiga samasisi dapat dilakukan dengan analisa perhitungan untuk panjang setiap sisi didasarkan frekuensi resonansi yang digunakan dan konstanta dielektrikum bahan yang digunakan.

Nilai frekuensi resonansi suatu peradiasi segitiga samasisi yang dikopel pada mode TM_{mn} dinyatakan dengan persamaan :

$$f_{r,nm} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r, \mu_{eff}}} (n^2 + nm + m)^{1/2} \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana : f_r - Frekuensi resonansi (GHz)

c - Kecepatan cahaya (3×10^8 m/det)

μ_0 - *Permeability* pada ruang vakum

ϵ_r - Konstanta relatif dielektrikum bahan (substrate)

μ_{eff} - *Effektif permittivity* bahan dielektrikum

a - Panjang sisi segitiga (cm)

Pada aplikasi dominant mode TM_{10} , maka dari persamaan (2-3) diperoleh :

$$f_r = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2-4)$$

Jadi panjang sisi segitiga samasisi diperoleh persamaan :

$$a = \frac{2c}{3f_r\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2-5)$$

Saat dilakukan perancangan panjang sisi segitiga dari hasil perhitungan harus dikurangi agar tercapai nilai efektif. Pengurangan nilai panjang sisi lebih dikarenakan adanya efek medan *fringing* (sisi tepi) antara peradiasi (*patch*) dengan *ground plane* ,efek ini dapat dihitung terhadap *effective relative permittivity* ($\epsilon_{r,eff}$) . Sehingga untuk penentuan panjang sebenarnya digunakan nilai a_{eff} yang diformulasikan melalui persamaan :

$$a_{eff} = a - h(\epsilon_r)^{-1/2} \dots\dots\dots(2-6)$$

Dimana : a_{eff} - panjang sisi efektif (cm)

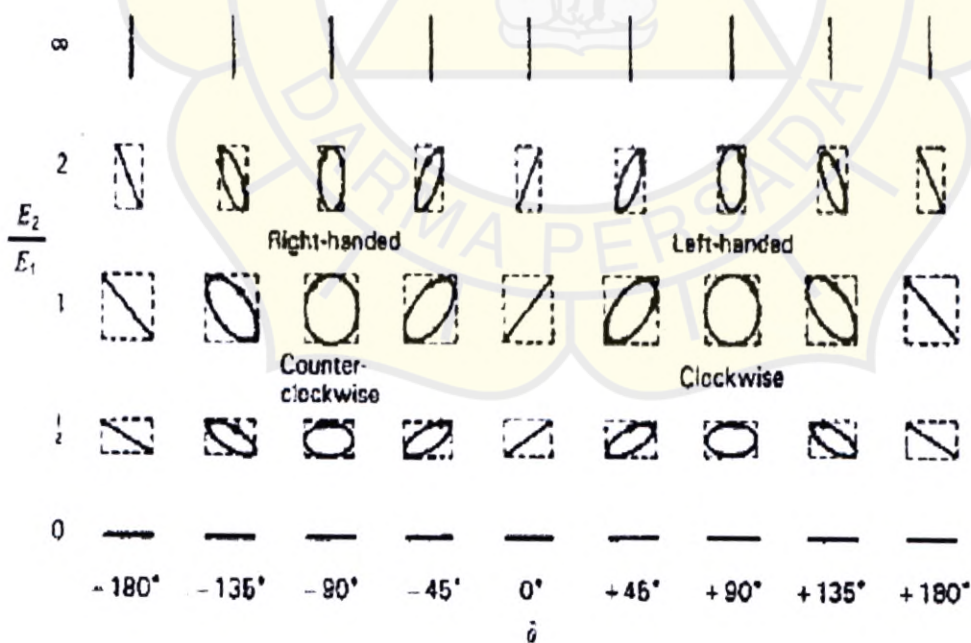
a - Panjang sisi segitiga (cm)

h - ketebalan substrate (cm)

ϵ_r - Konstanta relatif dielektrikum substrate.

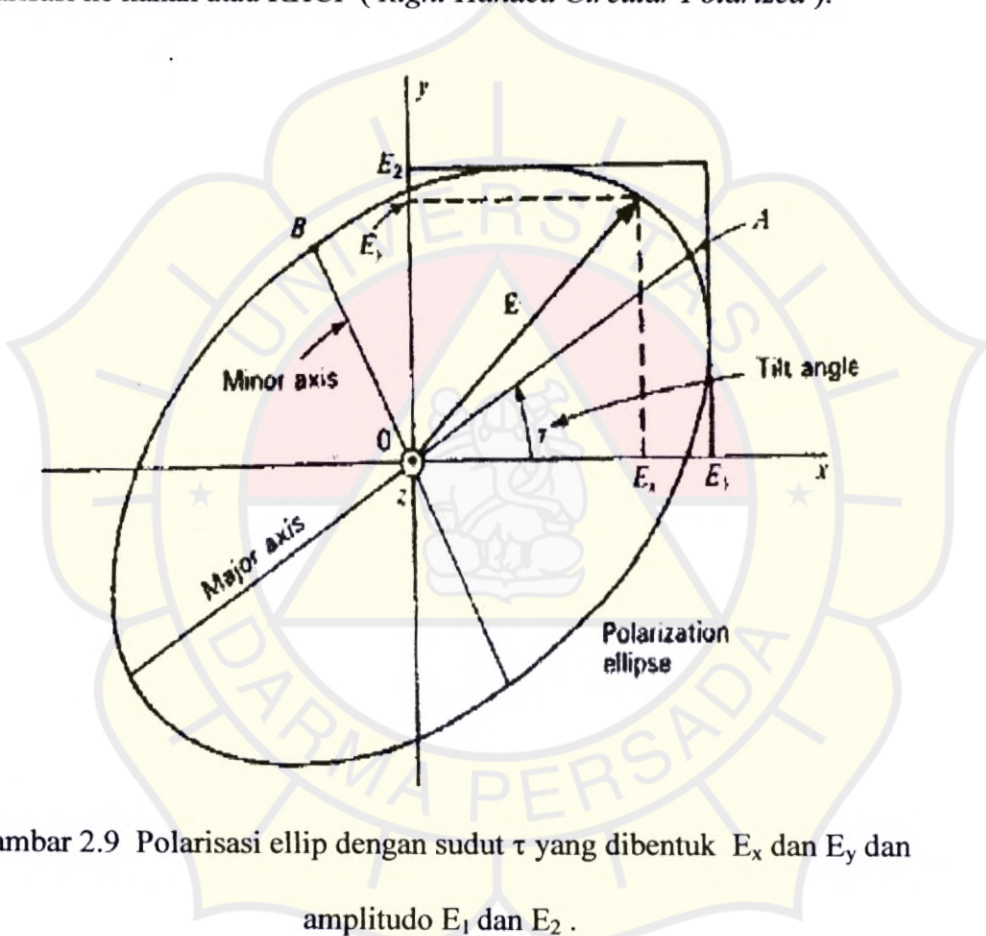
2.6 Polarisasi Lingkaran

Polarisasi merupakan bentuk dari propagasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan suatu antenna. Arah propagasi gelombang sangat ditentukan oleh bentuk pola radiasi yang dihasilkan dari daya keluaran antenna. Ada beberapa bentuk arah polarisasi yang dihasilkan oleh antenna seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Polarisasi gelombang antenna.

Gambar 2.8 merupakan bentuk polarisasi ellip sebagai fungsi rasio dari E_2/E_1 dan sudut phase δ . Untuk $E_1 = E_2$ dan $\delta = \pm 90^\circ$ propagasi gelombang berpolarisasi lingkaran, ketika $\delta = +90^\circ$ gelombang berpolarisasi ke arah kiri atau LHCP (*Left Handed Circular Polarized*), maka untuk $\delta = -90^\circ$ gelombang berpolarisasi ke kanan atau RHCP (*Right Handed Circular Polarized*).



Gambar 2.9 Polarisasi ellip dengan sudut τ yang dibentuk E_x dan E_y dan amplitudo E_1 dan E_2 .

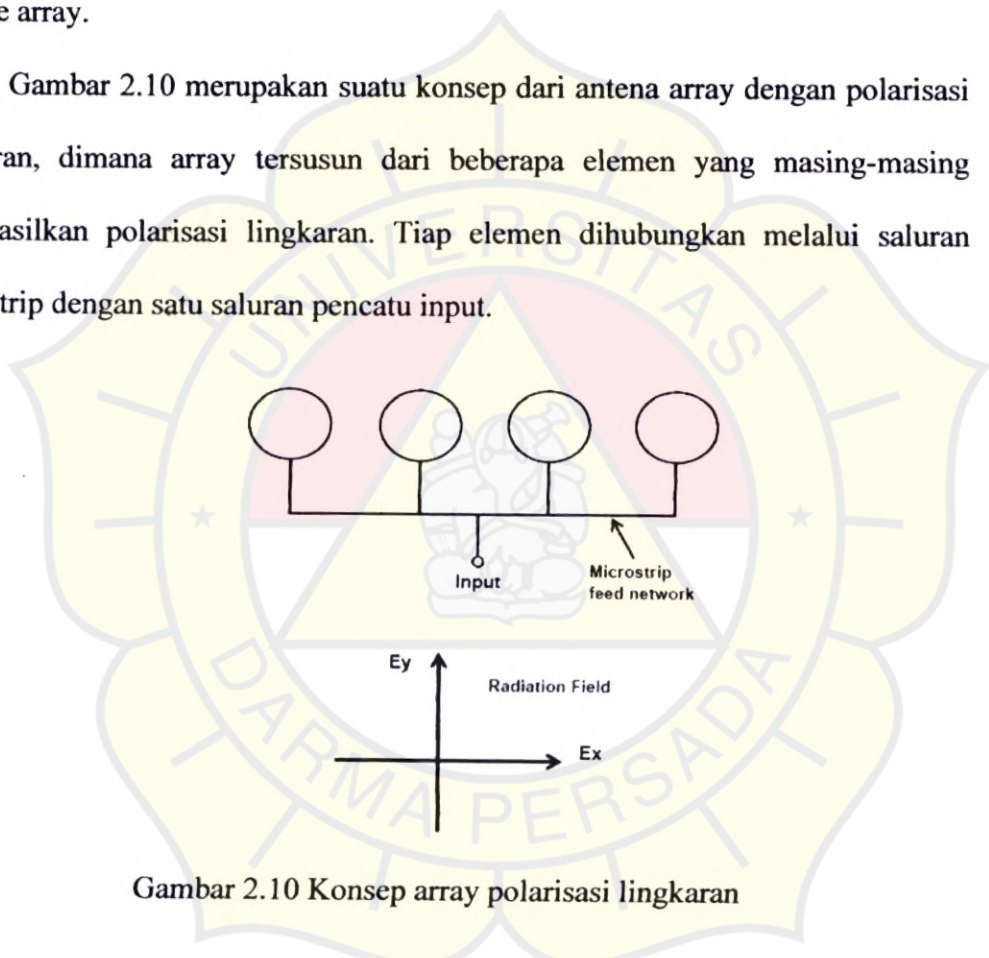
Pada gambar 2.9 Bentuk polarisasi ellip dengan bagian sumbu pendek OB dan bagian sumbu panjang OA membentuk sudut lancip τ , maka *axial ratio* dapat diperoleh dengan persamaan :

$$AR = \frac{OA}{OB} = \frac{E_x}{E_y} \quad (1 \leq AR \leq \infty) \dots\dots\dots(2-7)$$

2.7 Array Linier Polarisisasi Lingkaran

Teknik mikrostrip array merupakan suatu cara membangun antena dengan menempatkan multi elemen dalam rangkaian untuk frekuensi *microwave*. Array dari suatu elemen dapat dibuat melalui distribusi dalam bentuk linier, planar, atau volume array.

Gambar 2.10 merupakan suatu konsep dari antena array dengan polarisasi lingkaran, dimana array tersusun dari beberapa elemen yang masing-masing menghasilkan polarisasi lingkaran. Tiap elemen dihubungkan melalui saluran mikrostrip dengan satu saluran pencatu input.



Gambar 2.10 Konsep array polarisasi lingkaran

Untuk polarisasi yang identik pada array akan menghasilkan radiasi hampir mendekati gelombang polarisasi lingkaran. Untuk medan polarisasi lingkaran dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$|E_R| = |E_x + jE_y| \frac{1}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2-8)$$

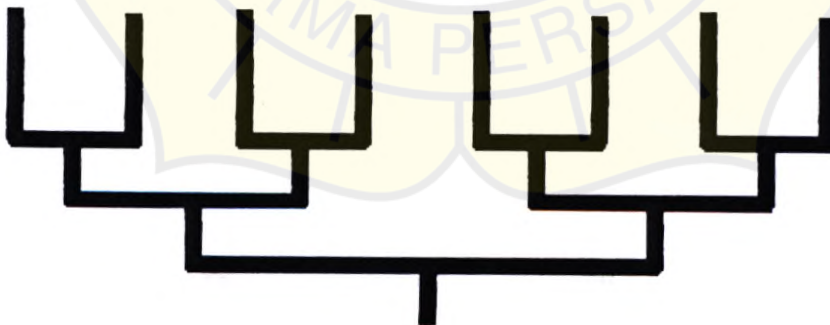
$$|E_L| = |E_x - jE_y| \frac{1}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2-9)$$

Dimana indeks dari R dan L merepresentasikan arah ke kanan dan ke kiri dari polarisasi lingkaran. Selanjutnya untuk nilai AR (Axial Ratio) dinyatakan dengan persamaan :

$$AR = \left(\frac{|E_R| - |E_L|}{|E_R| + |E_L|} \right) \dots\dots\dots (2-10)$$

2.7.1 Pencatu Array Linier

Prinsip umum rancangan untuk array linier menggunakan bentuk saluran corporate (gabungan) dan saluran seri. Gambar 2.11 merupakan bentuk dari saluran paralel linier, dimana rangkaian dengan menggunakan satu port input dan dihubungkan ke beberapa saluran transmisi secara paralel sebagai port output. Untuk masing-masing dari ujung saluran sebagai terminal dengan elemen peradiasi.



Gambar 2.11 Konfigurasi array linier simetris

2.8 Parameter Dasar Antena

Parameter merupakan ukuran dari suatu *performance* sebuah antena. Ada beberapa parameter penting dari suatu antena, antara lain : *Bandwidth*, *Return Loss*, *VSWR*, *Impedance Input*, dan *Gain*.

2.8.1 Bandwidth

Bandwidth antena mikrostrip merupakan jangkauan frekuensi antara kenaikan nilai *VSWR* dari satu sampai batas nilai yang dapat ditoleransi. Besarnya *bandwidth* pada penelitian ini adalah selisih antara frekuensi akhir f_2 dan frekuensi awal f_1 dengan batas kenaikan nilai $VSWR < 2$ dan dinyatakan dengan persamaan:

$$BW = f_2 - f_1 \text{ (GHz)} \dots\dots\dots(2-11)$$

Untuk prosen nilai bandwidth dapat dituliskan dengan persamaan

$$BW = (f_{r2} - f_{r1}) / f_r \times 100\% \dots\dots\dots(2-12)$$

Dimana : f_r – Frekuensi resonansi (Hz)

f_{r2} - Frekuensi maksimum (Hz)

f_{r1} - frekuensi minimum (Hz)

2.8.2 Return Loss

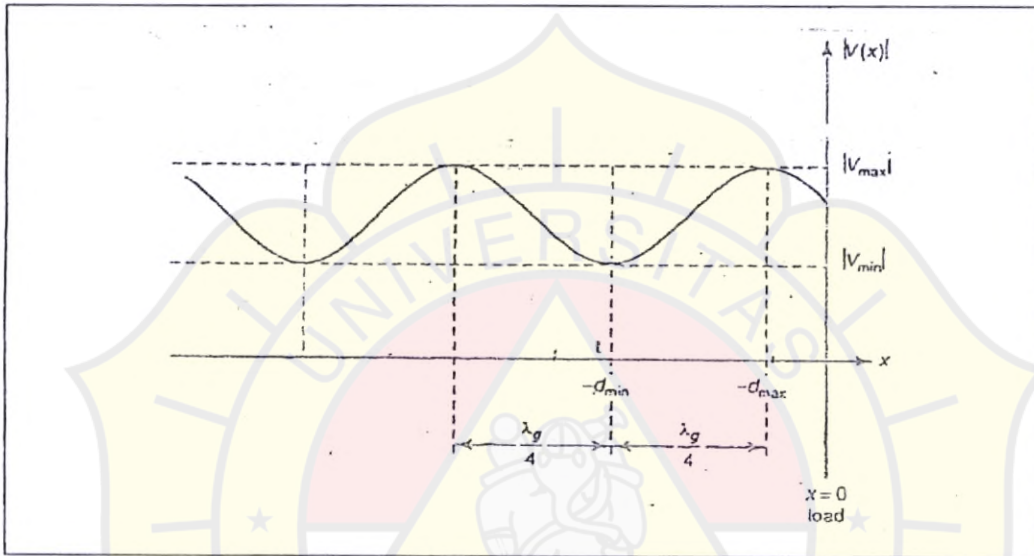
Return Loss didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan yang datang atau yang di refleksikan dengan tegangan yang keluar. Perbandingan tersebut dinamakan koefisien refleksi tegangan yang dilambangkan dengan Γ_L .

Untuk koefisien refleksi dapat juga dinyatakan dengan persamaan:

$$\Gamma_L = \frac{V(x)_{Pantul}}{V(x)_{Datang}} \dots\dots\dots(2-13)$$

Dimana nilai koefisien refleksi dapat juga dinyatakan melalui persamaan :

$$\Gamma_L = \frac{V_-}{V_+} \dots\dots\dots(2-14)$$



Gambar 2.12 Arah Magnitude tegangan sepanjang saluran.

Pada gambar 2.12 memperlihatkan rambatan gelombang (tegangan) pada medium. Pada sisi sumbu tegak, merupakan letak beban pada saat $X = 0$ dimana refleksi gelombang terjadi. Nilai tegangan maximum dengan nilai tegangan minimum terjadi pada saat $1/4 \lambda$.

Parameter *Return Loss* dapat juga dikatakan sebagai rugi-rugi pada transmisi, dikarenakan tidak seimbangya impedansi karakteristik dengan impedansi beban.

$$ReturnLoss (dB) = 20 \log |\Gamma_L| \dots\dots\dots(2-15)$$

Dimana : Γ_L - Koefisien refleksi

2.8.3 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR merupakan nilai rasio antara tegangan maksimal dengan tegangan minimal yang dihitung pada posisi terjadinya koefisien refleksi antara ujung saluran dengan beban, dalam bentuk persamaan dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$VSWR = \frac{V_{maks}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma_L|}{1 - |\Gamma_L|} \dots\dots\dots(2-16)$$

2.8.4 Impedansi Masukan

Sebuah impedansi yang masuk ke terminal antena yang dikondisikan dalam keadaan seimbang dengan impedansi karakteristik dari saluran transmisi. Input impedansi dinyatakan dalam persamaan :

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} \dots\dots\dots(2-17)$$

Dimana : Z_{in} – input impedansi terminal (Ohm)

Z_0 – impedansi karakteristik dari antena (Ohm)

Z_L – impedansi beban (Ohm)

β - Sudut Phase (rad/m)

ℓ - panjang saluran (m)

2.8.5 Gain

Gain didefinisikan sebagai directivity yang dihasilkan maximum dari power antena yang dirancang dengan intensitas maximum radiasi dari antena referensi yang dinyatakan dengan persamaan.

$$G = 10 \log \frac{\text{Tegangan maximum antena rancangan}}{\text{Tegangan maximum antena referensi}} \dots(2-18)$$

