

2.3 Teori Pendukung

2.3.1 Parameter Antena

Antena memiliki beberapa parameter untuk dicapai hasil yang optimal sebagaimana syarat-syaratnya haruslah dipenuhi, berikut adalah beberapa jenis parameter-parameter antena:

a. *Bandwidth*

Bandwidth antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi yang mengacu kepada beberapa karakteristik antena yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan[1]. Selain itu *bandwidth* juga dapat dipertimbangkan sebagai rentang frekuensi, di kedua sisi frekuensi tengah (biasanya frekuensi resonansi antena dipol), yang mana karakteristik-karakteristik antena diperbolehkan menjadi nilai frekuensi tengahnya.

b. *Gain*

Gain antena merupakan perbandingan intensitas radiasi terhadap total daya input atau daya yang diterima. Jika dalam persamaan akan berbentuk:

$$Gain = 4\pi \frac{\text{radiation intensity}}{\text{total input (accepted) power}} \quad (2 - 1)$$

c. *Return Loss*

Besarnya rugi-rugi (*loss*) yang dialami gelombang yang datang. Adapun persamaannya dinyatakan dengan :

$$RL (dB) = -20\log(\Gamma) \quad (2 - 2)$$

catatan : Γ merupakan koefisien pantul gelombang pantul terhadap gelombang datang.

d. Pola Radiasi

Pola radiasi antena merupakan bentuk distribusi daya gelombang elektromagnetik dari sebuah antena sebagai fungsi koordinat ruang. Tanda dari medan listrik (magnet) yang diterima pada jarak konstan disebut sebagai pola medan amplitudo, sedangkan untuk grafik spasial kerapatan daya sepanjang jarak yang konstan disebut pola amplitudo daya.

e. Directivity

Directivity merupakan perbandingan rapat daya maksimum pada berkas utama terhadap rapat daya rata-rata yang dihasilkan [6].

e. Polarisasi

Polarisasi antenna merupakan gelombang elektromagnetik monokromatik yang berubah terhadap waktu atau sebuah polarisasi yang diradiasikan antenna ketika pemancaran[6]. Pendefinisian lain dari polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang dipancarkan oleh antenna dan yang dimaksud polarisasi gelombang yang dipancarkan adalah sifat dari gelombang elektromagnetik yang dideskripsikan sebagai variasi waktu dan relatif terhadap harga dari vektor medan listrik[1].

Terdapat tiga jenis polarisasi antenna, diantaranya:

a. Polarisasi linier

Merupakan gelombang harmonik terhadap waktu yang terpolarisasi secara linier pada titik yang diberikan pada sebuah ruang jika vektor medan listrik (magnet) pada titik tersebut senantiasa diorientasikan sebagai garis lurus pada setiap waktu yang sesaat.

b. Polarisasi sirkuler

Polarisasi sirkuler merupakan gelombang harmonik terhadap waktu yang terpolarisasi sirkuler pada suatu ruang jika vektor medan listrik (magnet) pada ruang tersebut membentuk lingkaran dalam fungsi waktu[1]. Polarisasi sirkuler tersebut dapat mengeliminasi *missmatch level* karena sifatnya yang berorientasi lingkaran, yang berarti menerima gelombang tidak hanya satu arah saja tetapi juga sekitarnya.

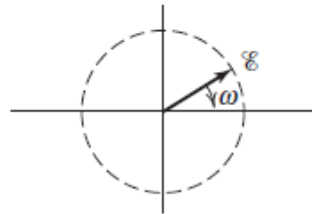
Ada beberapa kondisi untuk mencapai suatu polarisasi sirkuler yang diinginkan adalah jika bidang vektor (listrik atau magnetik) memiliki semua hal berikut:

- a. bidang harus memiliki dua komponen ortogonal linier,
- b. dua komponen harus sama besarnya, dan
- c. dua komponen harus memiliki perbedaan fasa kelipatan dari 90° .

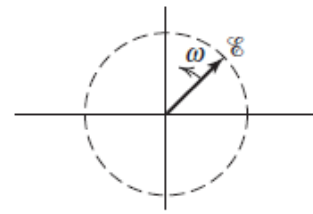
Rotasi selalu ditentukan oleh perputaran komponen fase yang mendahului (*leading*) menuju komponen fase *lagging* dan melihat rotasi bidang seperti gelombang yang berjalan menjauhi pengamat. Jika rotasi

searah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkuler searah jarum jam (*right-handed*), jika rotasi berlawanan arah jarum jam, maka gelombang terpolarisasi sirkuler berlawanan arah jarum jam (*left-handed*). Rotasi komponen fase *leading* menuju komponen fase *lagging* harus dilakukan sepanjang perpindahan sudut antara dua komponen yang lebih kecil dari 180° . Fase yang sama untuk atau lebih besar daripada 0° dan kurang dari 180° dianggap *leading* sedangkan yang sama untuk atau lebih besar dari 180° dan kurang dari 360° dianggap *lagging*[1].

Pada gambar di bawah menunjukkan visualisasi polarisasi sirkuler dalam bentuk diagram cartesian.



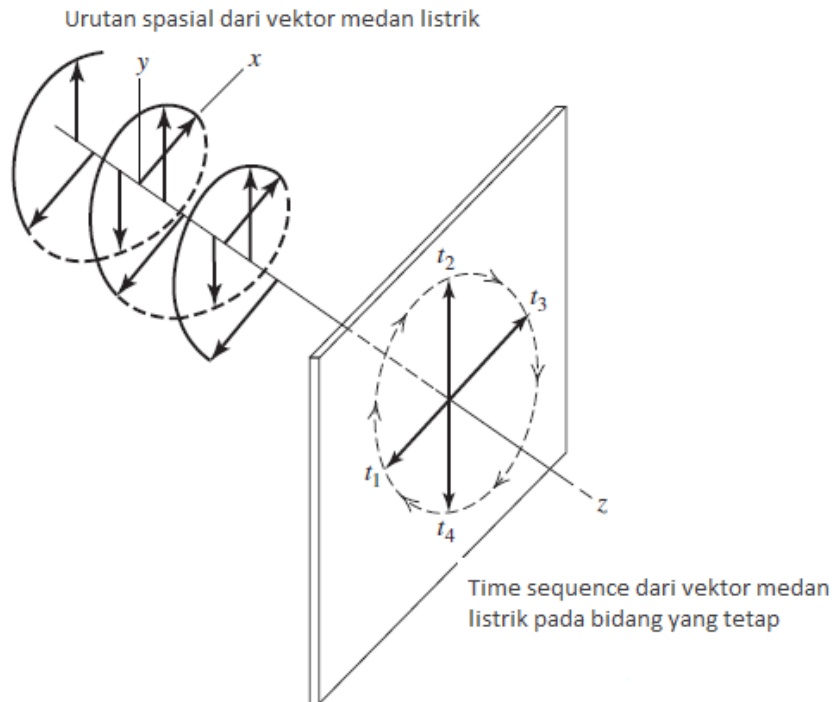
Gambar 2.1a



Gambar 2.1b

Gambar 2.1a merupakan polarisasi sirkuler *right-handed* (searah jarum jam).

Gambar 2.1b merupakan polarisasi sirkuler *left-handed* (berlawanan arah jarum jam).



Gambar 2.2 Tampilan gelombang polarisasi sirkuler *left-handed* diperlihatkan dengan gelombang yang menjalar terhadap waktu dan *time sequence* dari vektor medan listrik yang melewati suatu bidang *fixed* dengan arah sumbu z positif.

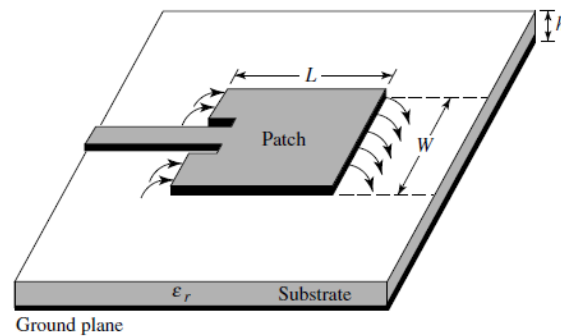
c. Polarisasi *ellips*

Polarisasi *ellips* merupakan sebuah gelombang harmonik terhadap waktu yang berpolarisasi secara *ellips* jika ujung dari vektor medan listrik atau medan magnet berbentuk lokus *ellips* pada sebuah ruang.

2.3.2 Antena Mikrostrip

Dalam bidang penerbangan, satelit, kendaraan luar angkasa, penerapan proyektil peluru, dan alat-alat sistem komunikasi seperti *radio mobile* dan komunikasi nirkabel (*wireless*) dibutuhkan sebuah media komunikasi radio dengan kemampuan yang tinggi, dengan mempertimbangkan berat, ukuran, dan kemudahan dalam hal instalasi, maka dibutuhkan sebuah antena dengan spesifikasi semacam itu juga atau *low-profile*, dan dibutuhkanlah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip merupakan antena yang terdiri dari konduktor *strip* atau *patch* dan konduktor *ground plane* yang diantaranya dipisahkan oleh medium dielektrik[7]. Medium atau substrat dielektrik ini memiliki konstanta yang disebut konstanta dielektrik atau dilambangkan dengan ϵ_r . Terdapat sembilan bentuk patch yang bisa dibuat, diantaranya persegi, persegi panjang, lingkaran, dipol, *ellips*, segitiga, tembereng cakram (*disc sector*), cincin, dan tembereng cincin (*ring sector*). Karena yang dibuat adalah antena dengan patch persegi atau persegi panjang maka untuk lebih memperjelas visualisasi, **Gambar 2.3** di bawah memperlihatkan konstruksi dari antena mikrostrip.



Gambar 2.3 Mikrostrip dengan *patch* persegi

Keterangan: W = lebar patch

L = panjang patch

h = ketinggian/ketebalan substrat

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

2.3.3 Dimensi Antena Mikrostrip

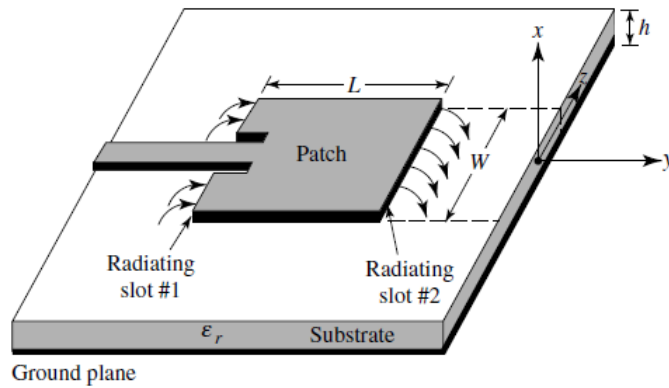
2.3.3.1 Rectangular Patch

Patch jenis ini banyak dan sering digunakan, selain itu secara analisis sangat mudah diterapkan dan analisis yang digunakan adalah *transmission-line model*[1].

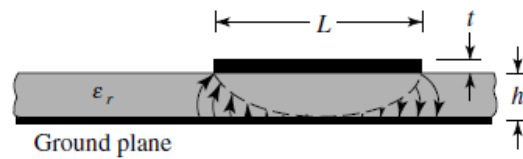
2.3.3.2 Fringing Effects, Lebar Efektif, dan Panjang Efektif

Karena dimensi patch terbatas, hanya panjang dan lebar, maka medan pada ujung-ujung patch mengalami *fringing*. Jumlah

dari fringing merupakan fungsi dari dimesi *patch* dan ketinggian/ketebalan substrat. Hal tersebut diilustrasikan pada **Gambar 2.4a** dan **Gambar 2.4b** di bawah.



Gambar 2.4a Mikrostrip tampak atas



Gambar 2.4b Mikrostrip tampak samping

Sebagian jalur medan elektrik terletak di dalam substrat dan sebagian lagi di udara. Tetapi karena $W/h \gg 1$ dan $\epsilon_r \gg 1$, maka jalur medan elektrik sebagian besar berada di dalam substrat. Fringing pada kasus ini membuat *mikrostrip line* secara kelistrikan terlihat lebar dibanding dengan dimensinya secara fisis. Maka ketika gelombang menjalar di dalam substrat dan di udara, konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) muncul untuk memperhitungkan *fringing* dan gelombang propagasi. Secara matematis konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) dapat ditulis, sebagai:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2}; \frac{W}{h} > 1 \quad (2-3)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2} + 0.04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right); \frac{W}{h} < 1 \quad (2-4)$$

Setelah mengetahui dampak fringing dan variabel konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) diketahui, maka secara elektrik dimensi antenna mikrostrip lebih besar dari dimesi fisisnya. Oleh karena dampak tersebut, panjang dari setiap ujung antenna mengalami perpanjangan sebesar ΔL . Jika secara persamaan dapat ditulis sebagai:

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2 - 5)$$

di mana W dinyatakan dengan:

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2 - 6)$$

dan (c : kecepatan cahaya di ruang bebas, sedangkan f_r : frekuensi resonan), maka dengan demikian panjang efektifnya menjadi:

$$L_{eff} = L + \Delta L \quad (2 - 7)$$

yang mana ($L = \lambda/2$) atau bisa juga dinyatakan dengan:

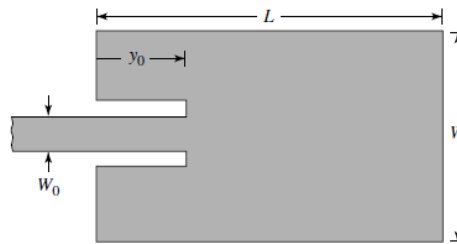
$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - \Delta L \quad (2 - 8)$$

2.3.3.3 Teknik Pencatuan (*Feeding*)

Teknik pencatuan pada antenna mikrostrip ini bereperan sebagai input daya yang akan diterima antenna. Agar mencapai hasil yang baik maka input pada pencatuan ini haruslah *match*, atau impedansi saluran pencatu dengan impedansi *port* harus sesuai. Hasil dari pencatuan yang baik tersebut akan berpengaruh terhadap bandwidht dan juga return loss yang mana rugi-rugi dari daya atau tegangan yang masuk tidak terlalu besar atau mencapai transfer daya maksimum.

2.3.3.3.1 Inset Feed

Teknik pencatutan *inset feed* ini pada prosesnya konduktansi dan resistansi (impedansi) berpengaruh pada perhitungan untuk merancang pencatu.



Gambar 2.5 Pencatutan *inset feed*

Pada Gambar terlihat bahwa ada sedikit celah yang memotong bagian antenna dan panjang slot yang mengarah ke titik pencatu dinyatakan dengan (y_o) dan lebar pencatunya dinyatakan dengan (W_o). Adapun persamaannya dapat dinyatakan dengan[1] :

$$G_1 = \frac{1}{90} \left(\frac{W}{\lambda_o} \right)^2, W < \lambda_o \quad (2-9)$$

$$G_1 = \frac{1}{120} \left(\frac{W}{\lambda_o} \right), W > \lambda_o \quad (2-10)$$

pada persamaan (2-9) dan (2-10) G_1 dapat disubstitusikan ke dalam persmaan (2-11) :

$$R_{in}(y = 0) = \frac{1}{2(G_1)} \quad (2-11)$$

selanjutnya persamaan (2-11) berperan sebagai variabel dalam menentukan letak titik pencatutan yang dinyatakan dengan:

$$R_{in}(y = y_o) = R_{in}(y = 0) \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} y_o \right) \quad (2-12)$$

catatan : L merupakan panjang antenna yang didapat dari persamaan (2-8).

Selain untuk menentukan panjang pencatu dan letak titik pencatu, tentulah lebar pencatunya (W_o) pun harus ditentukan, dan pengaruh pada *output* yaitu menentukan lebarnya *bandwidht* yang juga memengaruhi *return loss*, adapun persamaannya dinyatakan oleh dua persamaan pada persamaan (2-13a) dan (2-13b) di bawah:

$$\frac{W_o}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A}-2}, W_o/h < 2$$

$$= \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r + 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right],$$

$$W_o/h > 2$$

Dengan :

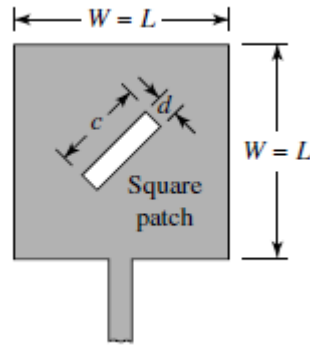
$$A = \frac{Z_o}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \sqrt{\frac{\epsilon_r - 1}{2}} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (2 - 14)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_o\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2 - 15)$$

2.3.4 Polarisasi Sirkuler Antena Mikrostrip

Pada umumnya desain antenna mikrostrip dengan dimensi-dimensi standar yang diberikan pada sub-bab sebelumnya memiliki polarisasi linier. Untuk menghasilkan polarisasi sirkuler, maka ada beberapa perancangan yang dibutuhkan, mulai dari desain pentauannya, pemotongan pada ujung-ujung *patch* yang saling berlawanan, dan memotong bagian tengah antenna atau pemberian *slot*. Antena mikrostrip ini merupakan antenna yang paling efektif untuk menghasilkan polarisasi sirkuler.

Polarisasi sirkuler bisa didapatkan jika dua komponen ortogonal (saling tegak lurus) berbeda fasa 90° [1]. Pada pembahasan antenna yang dibuat ini dirancang dengan memberi slot pada bagian tengah antenna dengan teknik pencatutan tunggal (*single feed*). Hal tersebut cocok untuk antenna untuk diterapkan pada *rectangular patch*.



Gambar 2.6 Patch antenna dengan pemotongan di bagian tengah (*slot*)

Catatan: c = panjang *slot*, d = lebar *slot*

Jika patch berbentuk persegi (*square*) maka ada persamaan khusus untuk menentukan dimensi *slot*-nya, adapun persamaannya adalah[1]:

$$c = \frac{W}{2.72} = \frac{L}{2.72} \quad (2 - 16)$$

$$d = \frac{c}{10} = \frac{W}{27.2} = \frac{L}{27.2} \quad (2 - 17)$$

Tetapi untuk *patch* berbentuk persegi panjang, maka tidak ada ketentuan khusus dalam menentukan dimensinya, syaratnya hanyalah *slot* yang dibuat haruslah setipis/sekecil mungkin agar menghasilkan polarisasi sirkuler yang diinginkan.

Syarat lain agar terjadinya polarisasi sirkuler, yaitu *axial ratio* atau perbandingan medan listrik dan nilainya harus bernilai kurang dari 3 dB[6] atau sebaik-baiknya bernilai 1[4], atau karena tidak ada yang ideal, maka nilainya mendekati satu. Jika dalam persamaan dinyatakan dengan:

$$Axial\ Ratio\ (AR) = \frac{E_{major}}{E_{minor}} \quad (2 - 18)$$

Bila dalam (dB) dinyatakan dengan:

$$AR \text{ (dB)} = E_{major} - E_{minor} \quad (2 - 19a)$$

atau

$$AR \text{ (dB)} = 10 \log (AR) \quad (2 - 19b)$$