

BAB II

DASAR TEORI

Dasar teori dituliskan berdasar tinjauan pustaka, sebagai bentuk yang lebih spesifik sesuai dengan arah penelitian penulis. Landasan teori ini didapat dari buku maupun jurnal yang mendasari metodologi penelitian yang dibahas pada bab III.

2.1. ANTENA

Setiap perangkat telekomunikasi nirkabel membutuhkan antena yang berfungsi untuk mengirimkan ataupun menerima sinyal. Pada sistem komunikasi radio diperlukan adanya antena sebagai pemancar energi elektromagnetik ke udara atau ke ruang bebas, atau sebaliknya sebagai penerima energi itu dari ruang bebas. Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena sebagai pemancar (*transmitting antenna*) adalah sebuah pengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat di ruang bebas. Sedangkan sebagai alat penerima (*receiving antenna*), antena berfungsi sebagai pengubah gelombang elektromagnetik di ruang bebas menjadi gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi. Karena merupakan perangkat perantara antara saluran transmisi dan udara, maka antena harus memiliki sifat yang sesuai (*matching*) dengan saluran pencatunya. Antena juga dianggap berfungsi secara resiprokal, artinya karakteristik dari antena adalah sama saat dipakai sebagai antena pemancar ataupun saat dipakai sebagai penerima [5].

Saluran transmisi adalah media yang berfungsi merambatkan energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak berhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan seragam sepanjang saluran itu. Jika saluran ini dihubung singkatkan maka akan muncul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Menurut beberapa tokoh, pengertian dari antena adalah sebagai berikut[5]:

1. *Webster Dictionarry* (1975)

Antena adalah perangkat yang terbuat dari logam yang dapat memancarkan dan menerima gelombang radio.

2. *IEEE std* 1945- 1975

Antena adalah suatu perangkat yang dapat memancarkan dan menerima gelombang.

3. *Costantine A. Balanis* (1982)

Antena adalah struktur transisi antara struktur antara ruang bebas dengan suatu alat pemandu.

4. *John D. Kraus* (1988)

Antena adalah struktur yang berkaitan dengan wilayah transisi antara suatu gelombang terbimbing menjadi gelombang bebas dan sebaliknya. Antena merupakan sebuah komponen yang dirancang untuk bisa menerima dan atau memancarkan gelombang elektromagnetik .

Antena juga merupakan elemen penting pada setiap sistem telekomunikasi tanpa kabel, maka dari itu pemilihan antena yang tepat, perancangan antena yang baik serta pemasangan antena dengan benar akan mempengaruhi kinerja (performansi) sistem komunikasi tersebut.

Keberadaan antena pada sistem komunikasi *wireless* menjadi suatu yang tidak bisa dihindarkan, setiap aplikasi membutuhkan suatu karakteristik dari antena yang digunakan yang harus didapatkan pada proses perencanaan antena. Ada berbagai macam jenis antena dengan karakteristik yang berbeda-beda untuk masing-masing aplikasi. Berdasarkan fungsinya antena terbagi menjadi 2 fungsi yaitu[5] :

1. *Matching Device*

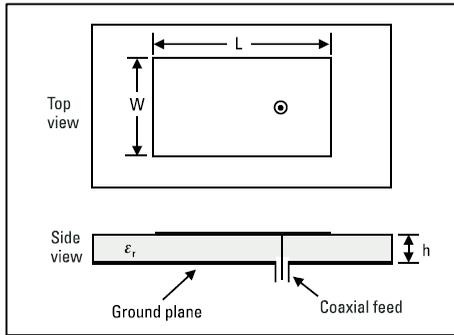
Matching Device yaitu alat untuk menyesuaikan sifat – sifat gelombang elektromagnetik di ruang bebas dan saluran transmisi.

2. *Directional Device*

Directional Device alat untuk mengarahkan energi sumber elektromagnetik kearah yang ditentukan

2.2 ANTENA MIKROSTRIP

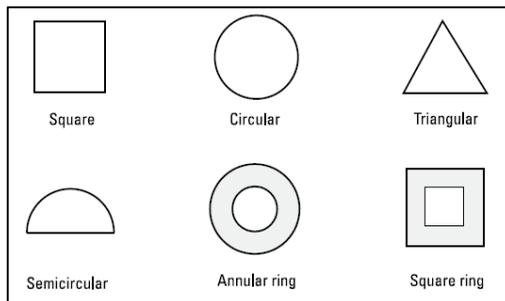
Konsep antena mikrostrip pertama kali diajukan pada tahun 1953. Namun, pada praktiknya antena dikembangkan oleh *Muson* dan *Howell* pada tahun 1970-an. Banyak keuntungan pada antena mikrostrip, seperti bobotnya yang rendah, volume yang kecil, dan mudah pada fabrikasi menggunakan teknologi *printed-circuit*, yang menyebabkan desain beberapa konfigurasi untuk beberapa aplikasi. Karena semakin majunya teknologi sehingga antena menyesuaikan pada persyaratan untuk komunikasi pribadi dan *mobile*.



Gambar 2.1. Struktur dasar antenna mikrostrip

Elemen peradiasi (*patch*) terbuat dari logam dan memiliki ketebalan tertentu dan berfungsi sebagai peradiasi gelombang elektromagnetik. *Patch* terletak paling atas dari keseluruhan sistem antenna. Jenis logam yang biasa digunakan adalah tembaga dengan konduktivitas $5,8 \times 10^7$ s/m [14].

Antena mikrostrip dalam bentuknya yang paling sederhana terdiri dari *patch* yang memancar di satu sisi dari substrat dielektrik dan bidang tanah di sisi lain. Bentuk lainnya seperti persegi, segitiga, setengah lingkaran, lingkaran dan bentuk cincin *annular*. Gambar 2.2 memperlihatkan beberapa jenis *patch* dari antenna mikrostrip [6].



Gambar 2.2 Bentuk Dasar *Patch* Antena Mikrostrip [6]

Elemen peradiasi (*radiator*) atau biasa disebut *patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (*metal*) yang memiliki ketebalan tertentu. *Patch* berfungsi sebagai pemancar, *patch* juga merupakan lapisan teratas dari substrat, pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk tertentu untuk mendapatkan suatu pola radiasi seperti yang diinginkan. Substrat memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai

konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (h). Kedua nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth* dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat [6].

Ketebalan substrat jauh lebih besar dari pada ketebalah konduktor *metal* peradiasi. Semakin tebal substrat maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang permukaan pada antena mikrostrip merupakan efek yang merugikan karena akan mengurangi sebagian daya yang seharusnya dapat digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan [7]. Substrat biasanya mempunyai tinggi (h) antara $0,002\lambda_0 - 0,005\lambda_0$. Berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik (GEM) dari catuan.

Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter antena. Bidang pentanahan (*ground plane*) berfungsi sebagai pembumian bagi sistem antena mikrostrip. Elemen pentanahan ini umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan elemen peradiasi yaitu berupa logam tembaga. *Ground plane* pada antenna terbuat dari bahan konduktor. Ukurannya selebar dan sepanjang substrat [5]. Untuk kinerja antena yang baik, biasanya substrat dibuat tebal dengan permitivitas relatif yang rendah. Hal ini akan menghasilkan efisiensi dan radiasi yang lebih baik serta *bandwidth* yang lebih lebar, namun akan menambah ukuran dari antena itu sendiri. Oleh sebab itu, kejelian dalam menetapkan spesifikasi, ukuran, dan unjuk kerja akan menghasilkan antena mikrostrip yang mempunyai ukuran yang sesuai dengan unjuk kerja yang masih dalam batas teloransi.

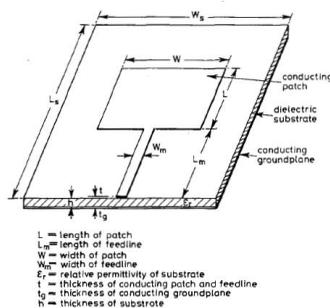
Antena mikrostrip sangat populer saat ini, dikarenakan antena mikrostrip sangat cocok untuk diaplikasikan pada perangkat telekomunikasi seperti pada *handset* yang memerhatikan bentuk dan ukuran. Berdasarkan asal katanya mikrostrip terdiri dari dua kata, yaitu *micro* (sangat kecil/tipis) dan *strip* (bilah/potongan). Keuntungan pada antena mikrostrip berfungsi untuk berbagai aplikasi. Adapun beberapa keuntungan antena mikrostrip adalah sebagai berikut[5] :

- a) Antena mikrostrip memiliki bobot yang ringan dan ukuran yang kecil
- b) Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya

- c) Biaya pabrikasi yang murah sehingga dapat dibuat dalam jumlah yang besar
 - d) Mendukung polaritas *linear* dan sirkular
 - e) Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)
 - f) Kemampuan dalam *dual frequency*
 - g) Tidak memerlukan catuan tambahan
- Namun, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu [8][9]:
- a) *Bandwidth* yang sempit
 - b) Efisiensi yang rendah
 - c) Penguatan yang rendah
 - d) Memiliki rugi-rugi hambatan (*ohmic loss*) pada pencatuan antena *array*
 - e) Memiliki daya (*power*) yang rendah
 - f) Timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*)

2.3 ANTENA MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PANJANG

Penggabungan beberapa *patch* pada antena mikrostrip bisa menyebabkan kondisi *unmatched* yang akan berpengaruh pada pancaran yang dihasilkan, maka dari itu yang perlu diperhatikan untuk mengatasinya adalah memperhatikan dimensi antena, yaitu berupa lebar strip (W_{strip}), panjang strip (L_{strip}), panjang dan lebar saluran transmisi serta jarak antar patch [11].



Gambar 2.3 Antena Mikrostrip Persegi Panjang

Radiasi pada antena mikrostrip persegi panjang berasal dari medan listrik tangensial di bidang *patch*. Dalam perancangan, ukuran dimensi sangat mempengaruhi karakteristik antena yang akan direalisasikan. Frekuensi menentukan ukuran fisik dimensi antena secara umum.

semakin tinggi frekuensi maka dimensi antena semakin kecil dan sebaliknya. antena yang dirancang merupakan suatu antena dengan bentuk persegi panjang yang disesuaikan dengan bahan substrat yang digunakan. sebelum merancang antena, perlu diketahui nilai efektif permitivitas rata-rata untuk *patch layer* antena [11]: Untuk menentukan lebar *patch* persegi panjang seperti pada persamaan (2.1) [2]

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

Dengan W = Lebar *Patch* Persegi Panjang

c = kecepatan cahaya di ruang bebas 3×10^8 m/s

f_0 = frekuensi kerja dari antena

ϵ_r = konstanta dari bahan *substrat* yang digunakan

Untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L . Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan dengan [9]:

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

Dimana h merupakan tinggi substrat, dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan sebagai:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right] \dots \dots \dots (2-3)$$

Dengan demikian panjang *patch* (L) diberikan oleh [7]:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \dots \dots \dots (2-4)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan [7]:

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \times f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots \dots \dots (2-5)$$

2.4 PARAMETER ANTENA

2.4.1 Impedansi Masukan

Impedansi masukan adalah perbandingan antara tegangan dan arus pada terminal masukan pada ranah frekuensi. Impedansi masukan antena dapat dirumuskan dengan persamaan (2.6) sebagai berikut :

$$Z_A = R_A + jX_A \dots \dots \dots (2-6)$$

Dengan Z_A : Impedansi Antena

R_A : Resistansi Antena

X_A : Reaktansi Antena

Nilai Resistansi antena ditunjukkan dengan persamaan (2.7) sebagai berikut :

$$R_A = R_r + R_L \dots\dots\dots (2-7)$$

Dengan : R_A : Resistansi Antena

R_r : Resistansi Radiasi Antena

R_L : *Loss Resistance*

Resistansi radiasi antena menunjukkan resistansi yang digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan *loss resistance* menunjukkan resistansi rugi-rugi antena. *Loss resistance* antena menyebabkan berkurangnya daya gelombang teradiasi akibat adanya panas. *Loss resistance* tidak diinginkan pada desain antena. Kondisi *matching* terjadi ketika besar impedansi masukan antena sama dengan impedansi karakteristik saluran transmisi.

2.4.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan *amplitude* gelombang berdiri (*standing wave*) minimum ($|V|_{min}$)[5]. Dalam sebuah saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu gelombang tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan gelombang tegangan yang dipantulkan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ), ditunjukkan pada persamaan (2.8) sebagai berikut [5]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots (2-8)$$

Dimana: Z_1 = Impedansi beban (*load*)

Z_2 = Impedansi saluran *lossless*.

Z_0 = Impedansi saluran *lossless* (tak meredam).

Koefisien refleksi tegangan Γ memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya *amplitude* dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka :

- a) $\Gamma = 0$ tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.

- b) $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.
- c) $\Gamma = 1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah [5]:

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{|1+\Gamma|}{|1-\Gamma|} \dots\dots\dots (2-9)$$

Kondisi VSWR yang paling baik adalah bernilai 1, yang berarti bahwa tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun pada praktiknya, nilai 1 untuk VSWR sangat sulit didapatkan. Pada umumnya, nilai VSWR yang sudah dianggap baik adalah ketika $VSWR \leq 2$ sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan 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 [6].

2.4.3 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena tidak adanya kesesuaian di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban antenna. Sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan kembali. *Return loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut [3]:

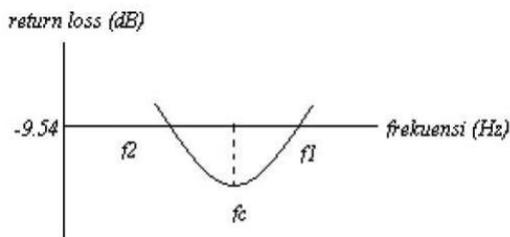
$$Return Loss = 20 \log |\Gamma| \dots\dots\dots(2-10)$$

Nilai dari *return loss* yang baik adalah dibawah -9,54 dB, nilai ini diperoleh untuk nilai $VSWR \leq 2$ sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan 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. Hubungan antara parameter VSWR dan *return loss* tersebut ditunjukkan pada persamaan (2.11) sehingga *return loss* dapat dicari sebagai berikut :

$$|\Gamma| = \frac{-VSWR+1}{-VSWR-1} \dots\dots\dots (2-11)$$

2.4.3 Bandwidth

Pada umumnya antenna dirancang untuk dapat bekerja pada sekitar frekuensi resonan yang diinginkan. Berarti ada *bandwidth* yang terbatas dimana rancangan antenna dapat beroperasi. *Bandwidth* antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, polarisasi, *beamwidth*, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar yang ditentukan [14].



Gambar 2.4 Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth*

Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* pada VSWR. *Bandwidth* dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.12):

$$BW = \frac{f_H - f_L}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2-12)$$

- Dengan f_H = frekuensi tertinggi
- f_L = frekuensi terendah
- f_c = frekuensi tengah

2.4.4 Pola Radiasi

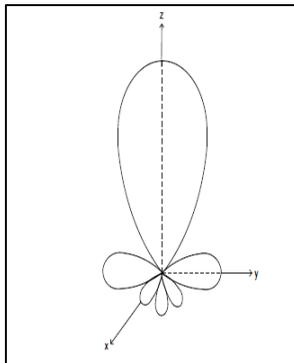
Pola radiasi pada sebuah antenna didefinisikan sebagai sebuah fungsi matematis atau sebuah gambaran grafis dari komponen-komponen radiasi sebuah antenna. Pola radiasi biasanya digambarkan dalam daerah medan jauh dan ditunjukkan sebuah fungsi koordinat direksional. Pola radiasi (*radiation pattern*) menggambarkan kuat medan yang dipancarkan di berbagai arah dari antenna, pada jarak yang konstan. Pola radiasi adalah pola penerimaan antenna. Ada beberapa macam pola radiasi yaitu [14]:

1. Pola Isotropik

Antena isotropik didefinisikan sebagai sebuah antena tanpa rugi-rugi secara hipotesis yang mempunyai radiasi sama besar ke setiap arah. Isotropis yaitu pola radiasi yang terbentuk karena antena memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik (energi) ke seluruh bidang dengan energi yang sama besar. Antena dengan pola radiasi *isotropic* adalah antena impian yang akan mengirimkan frekuensi secara merata ke semua arah dengan level daya yang sama besarnya. Namun hal ini tidak mungkin terjadi karena adanya *loss* yang ditimbulkan selama proses transmisi [15].

2. Pola Radiasi *Unidirectional*

Antena *unidirectional* pada umumnya mempunyai pola radiasi atau pola menerima gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada arah-arah tertentu saja. Antena dengan pola radiasi ini merupakan jenis antena dengan *narrow beamwidth*, yaitu punya sudut pemancar yang kecil dengan daya lebih terarah, jaraknya jauh dan tidak bisa menjangkau daerah yang luas, antena *unidirectional* mengirim dan menerima sinyal radio hanya pada satu arah, umumnya pada fokus yang sangat sempit, dan biasanya digunakan untuk koneksi *point to point*, atau *multiple point*.

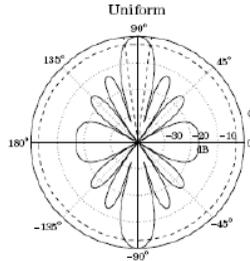


Gambar 2.5 Pola Radiasi *Unidirectional*

3. Pola Radiasi *Omnidirectional*

Antena *omnidirectional* secara normal memiliki *gain* sekitar 3-12 dBi. Antena ini digunakan untuk hubungan *Point-To-Multi-Point* (P2MP) atau satu titik ke banyak titik di sekitar daerah pancaran. Antena yang baik bekerja pada jarak 1-5 km, akan menguntungkan jika

klien atau penerima menggunakan antena *directional* atau *antenna* yang terarah. Antena ini mempunyai radiasi yang horisontal dengan pancaran 360°. Antena ini hanya memberi pancaran sinyal pada daerah sekelilingnya, sedangkan pada bagian atas antena tidak memiliki sinyal radiasi [11].



Gambar 2.6 Pola Radiasi Antena *Omnidirectional*

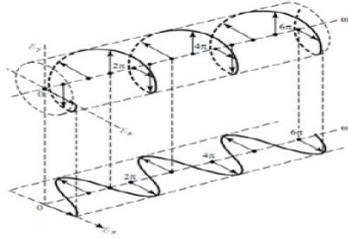
2.4.5 Polarisasi

Polarisasi antena adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan antena [6]. Pengertian lain dari polarisasi merupakan arah gerak medan listrik dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan antena pada *lobe* utamanya [6]. Jika arah pancarannya tidak ditentukan maka polarisasinya berada pada arah *gain* maksimum. Ada tiga macam polarisasi yaitu, polarisasi *linear*, polarisasi elips / *elliptical* dan polarisasi melingkar/*circular*.

Polarisasi merupakan orientasi perambatan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu antena dimana arah elemen antena terhadap permukaan bumi sebagai referensi lain atau polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antena. Dengan mempertimbangkan jarak, *right angle* ke arah dimana gelombang tersebut dipancarkan.

A. Polarisasi *Linear*

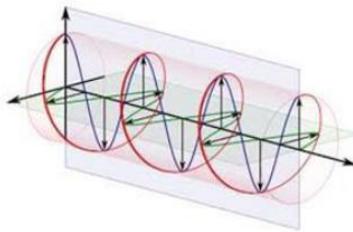
Terjadinya polarisasi linier yaitu jika medan listrik pada arah *y* dan *AR* (*axial ratio*) = ∞ . *AR* adalah rasio antara sumbu *major* dan sumbu *minor*. Polarisasi *linear* terbagi lagi menjadi dua yaitu polarisasi *horizontal* dan polarisasi vertikal. Polarisasi *horizontal* adalah polarisasi yang arah perambatan gelombang ke arah *horizontal* terhadap permukaan bumi. Sedangkan polarisasi vertikal adalah polarisasi yang arah perambatan gelombangnya secara vertikal terhadap permukaan bumi.



Gambar 2.7 Polarisasi *Linear*

B. Polarisasi *Circular*

Polarisasi melingkar (*circular*) terjadi jika sumbu *mayor* sama dengan sumbu *minor* dan *AR* (*axial ratio*) = 1.



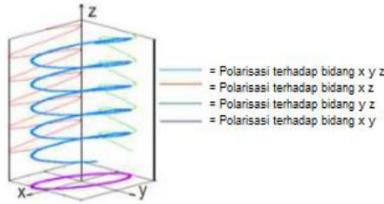
Gambar 2.8 Polarisasi *Circular*

Polarisasi *circular* terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik yang memiliki vektor medan *magnet* (elektrik) dimana titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Ada beberapa kondisi yang harus dipenuhi untuk dapat dikatakan jenis polarisasi melingkar yaitu :

1. Kedua komponen harus mempunyai *magnitude* yang sama
2. Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus *linear*
3. Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan *phase* waktu pada kelipatan ganjil 90°

C. Polarisasi *Elliptical*

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau *magnet*) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang. Polarisasi elips sama dengan polarisasi lingkaran, tetapi polarisasi elips memiliki $AR = E_2/E_1$ ($1 \leq R \leq \infty$)



Gambar 2.9 Polarisasi *Elliptical*

Ada beberapa kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi *elliptical* adalah:

1. Kedua komponen harus berada pada magnitudo yang sama atau berbeda.
2. Medan harus mempunyai dua komponen *linear orthogonal*.
3. Jika kedua komponen berada pada magnitudo yang sama maka perbedaan *phase* diantara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari 90° (karena akan menjadi lingkaran).
4. Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama perbedaan *phase* waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0° atau kelipatan 180° (karena akan menjadi *linear*).

2.4.6 Gain

Gain antenna berkaitan erat dengan direktivitas, dimana besaran yang memperhitungkan efisiensi antenna dan kemampuan direksionalnya. *Gain* suatu antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum terhadap intensitas radiasi antenna referensi. Pernyataan untuk menyatakan *gain* dinyatakan sebagai berikut [10]:

Ada dua jenis dari *gain*, yaitu *absoulte gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* dari antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara *isotropic*. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradaiasikan secara *isotropic* nilainya sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi dengan 4π . Persamaanya dapat ditulis dengan [7]:

$$gain = \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya yang diterima}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots \dots \dots (2-13)$$

Penguatan relatif didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna

referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama diantara kedua antena itu. Akan tetapi, antena referensi merupakan sumber isotropik dan *lossless* (P_{in} (*lossless*)). Antena referensi biasanya berbentuk *dipole*, *horn* atau lainnya yang *gain*-nya dapat di hitung atau telah diketahui. secara umum dapat dihubungkan sebagai berikut [7]:

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots\dots\dots(2-14)$$

Gain terkait erat dengan *directivitas*. Hubungan antara *gain* dan *directivitas* adalah sebagai berikut dapat dilihat pada persamaan (2-15)

2.4.7 Keterarahan (*Directivity*)

Directivity dari sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi pada suatu arah tertentu dari antena dengan intensitas radiasi rata-rata dari keseluruhan arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antena dibagi 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud. Keterarahan ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut..

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dan jika arah ini tidak ditentukan, keterarahan terjadi pada intensitas radiasi maksimum yang didapat dengan persamaan berikut :

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{max}} \dots\dots\dots(2-16)$$

Dengan : D = Keterarahan

D_{max} = Keterarahan maksimum

U = Intensitas radiasi

U_{max} = Intensitas radiasi maksimum

U_0 = Intensitas radiasi dari sumber isotropis

P_{rad} = Total daya yang teradiasi

2.5 TEKNIK PENCATUAN ANTENA

Teknik pencatuan mempengaruhi impedansi input dan karakteristik antena. Ada beberapa teknik pencatuan yang dapat digunakan yaitu:

1. *Microstrip line*, mempunyai karakteristik yang dapat dimatchingkan pada substrat yang sama sehingga struktur antena sepenuhnya *planar* dan mudah untuk di pabrikan. Akan tetapi membutuhkan rangkaian penyesuaian dalam menyesuaikan

impedansi *input* dengan impedansi antena dan akan terdapat kopling antara *strip line* dan *patch*nya.

2. *Coaxial probe*, konduktor pusat dari konektor *coaxial* langsung dihubungkan dengan *patch* antena lalu disolder. Keuntungan teknik ini adalah penempatan konektor bisa dimana saja pada *patch* untuk menghasilkan impedansi beban, dalam hal ini antena yang *match*, dengan impedansi input konektor sehingga tidak perlu lagi rangkaian penyesuai. Selain itu, karena kabel *coaxial* dihubungkan langsung dengan *patch* maka kopling catuan dengan *patch* bisa diminimalisasi. Akan tetapi akibat dilakukannya pelubangan terhadap *patch*, struktur antena tidak planar lagi dan tingkat keakuratan penentuan titik catu sangat tinggi sehingga sulit ditentukan.
3. *Proximity coupling*, dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar daripada menggunakan teknik pencatuan *microstrip line* atau *coaxial probe*. Konfigurasi dari teknik pencatuan ini adalah menggunakan dua lapisan substrat. Saluran transmisi (*feed line*) diletakkan di bawah *patch*. Parameter dari kedua lapisan substrat dapat dipilih untuk meningkatkan *bandwidth* antena, dan mengurangi radiasi elemen pencatu. Dengan meletakkan *patch* peradiasi diatas dua lapisan substrat maka akan dihasilkannya *bandwidth* yang lebar. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan dua lapisan maka ketebalan substrat yang digunakan menjadi lebih tebal.
4. *Aperture coupling*, Untuk menghasilkan radiasi yang lebih baik substrat yang diatas dapat dibuat dengan permitivitas yang lebih rendah dari yang dibawahnya. Kerugiannya adalah sulit untuk disusun/dibuat

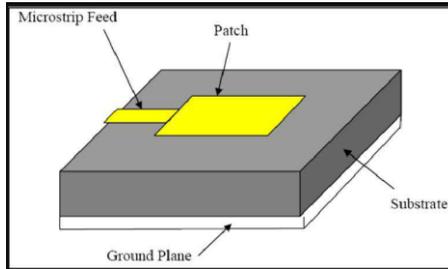
2.6 ANTENA MICROSTRIP DICATU DENGAN SALURAN FEED LINE DAN PROXIMITY COUPLING

Secara umum, terdapat dua jenis teknik pencatuan (*feeding*) yaitu pencatuan secara langsung dan pencatuan secara tidak langsung. Untuk *feeding* secara langsung, hanya terdapat satu layer *substrate*. Contoh dari *feeding* secara langsung adalah *microstrip line* dan *coaxial probe*. Untuk *feeding* secara tidak langsung, terdapat lebih dari satu layer (*multilayer*) *substrate*. *Patch* dan *feedline* ditempatkan pada *substrate* yang berbeda.

Contoh dari *feeding* secara tidak langsung adalah *proximity coupling* dan *aperture coupling*.

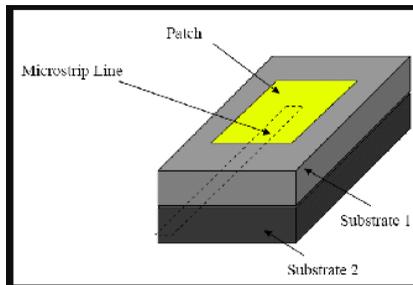
Antena mikrostrip dicatu dengan saluran *proximity coupling* dan *feedline* dapat dilakukan dengan cara menyatukan beberapa antena/beberapa elemen antena dengan harapan mendapatkan frekuensi kerja yang lebih lebar [6].

Pada teknik pencatuan *feedline*, potongan konduktor dihubungkan langsung pada tepi *patch* seperti gambar 2.10. Teknik pencatuan ini mudah untuk dibuat dan untuk penyesuaian impedansi [7].



Gambar 2.10 Antena Mikrostrip Dengan Teknik Pencatu *Feedline*

Antena tunggal dengan mendesain sedemikian hingga mendapatkan frekuensi kerja yang lebih lebar. Tipe *feed* ini juga disebut sebagai skema kopling elektromagnetik (*proximity coupling*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 dimana dua dielektrik *substrate* digunakan seperti pada *feedline* diantara dua *substrate* dan *patch* peradiasi diatas *substrate*.



Gambar 2.11. Antena Mikrostrip Dengan Teknik Pencatu *Proximity coupled*

Keuntungan dari teknik *feed* ini adalah mengeliminasi radiasi *spurious feed* dan memberikan *bandwidth* yang besar. Skema ini juga memberikan dua pilihan antara dua media dielektrik yang berbeda, satu untuk *patch* dan satu lagi untuk *feed line* guna meningkatkan performa individu. *Matching* dapat dicapai dengan mengendalikan panjang *feed line* dan *rasio* lebar dan panjang dari *patch*. Kerugian utama dari skema ini adalah sukar di pabrikan karena dua dielektrik layer dimana membutuhkan penyesuaian. Juga akan menambah ketebalan antena itu sendiri.

Ketika menggunakan saluran Mikrostrip pencatu saluran berada pada permukaan yang sama dengan *patch* dan langsung terhubung ke pinggir *patch*. Hal ini memberikan efek kopling yang rendah, sedangkan apabila saluran itu lebih rendah dari *patch* akan memberikan efek kopling yang kuat. Efek kopling dikendalikan oleh dua faktor utama yaitu : jarak penyisipan saluran (s) dan lebar *patch*. Kopling meningkat dengan penyisipan saluran yang mencapai $s=L/2$. Dimana kopling simetris terhadap pusat *patch* dan penurunan lebar *patch* ini akan menaikkan kopling. Dan dengan menambah cabang dua pada ujung saluran itu akan menambah efek kopling dan akan menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar.

2.7 **Wireless Fidelity (Wi-Fi)**

Teknologi internet berbasis Wi-Fi dibuat dan dikembangkan sekelompok insinyur Amerika Serikat yang bekerja pada *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* berdasarkan standar teknis perangkat bernomor 802.11b, 802.11a dan 802.16. Perangkat Wi-Fi sebenarnya juga dapat bekerja di jaringan WLAN, dan di jaringan *Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)*. Karena perangkat dengan standar teknis 802.11b diperuntukkan bagi perangkat WLAN yang digunakan di frekuensi 2,45 GHz atau yang lazim disebut frekuensi ISM (*Industrial, Scientific dan Medical*). Sedangkan untuk perangkat yang berstandar teknis 802.11a dan 802.16 diperuntukkan bagi perangkat WMAN atau juga disebut WiMax, yang bekerja di sekitar pita frekuensi 5 GHz. Jenis *WiFi* yang sering digunakan saat ini (berdasarkan dalam IEEE 802.11b/g) beroperasi pada 2.400 MHz sampai 2.483,50 MHz [8]. *Wi-Fi* merupakan singkatan dari *Wireless Fidelity*, memiliki pengertian yaitu sekumpulan standar yang digunakan untuk Jaringan Lokal Nirkabel

(*Wireless Local Area Networks* - WLAN) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11 [8].

Wireless Fidelity (Wi-Fi) adalah koneksi tanpa kabel dengan mempergunakan teknologi radio sehingga pemakainya dapat mentransfer data dengan cepat dan aman. *Wi-Fi* tidak hanya dapat digunakan untuk mengakses *internet*, *Wi-Fi* juga dapat digunakan untuk membuat jaringan tanpa kabel di perusahaan. Karena itu banyak orang mengasosiasikan *Wi-Fi* dengan kebebasan, karena teknologi Wi-Fi memberikan kebebasan kepada pemakainya untuk mengakses *internet* atau mentransfer data dari ruang *meeting*, kampus dan tempat-tempat yang bertanda *Wi-Fi Hot Spot*.

Wi-Fi dirancang berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11. Sekarang ini ada empat variasi dari 802.11, yaitu: 802.11a, 802.11b, 802.11g, and 802.11n. Spesifikasi b merupakan produk pertama Wi-Fi. Versi Wi-Fi yang paling luas dalam pasaran AS sekarang ini (berdasarkan dalam IEEE 802.11b/g) beroperasi pada 2.400 MHz sampai 2.483,50 MHz. Dengan begitu mengijinkan operasi dalam 11 *channel* (masing-masing 5 MHz), berpusat di frekuensi berikut [5]:

1. *Channel 1* - 2,412 MHz;
2. *Channel 2* - 2,417 MHz;
3. *Channel 3* - 2,422 MHz;
4. *Channel 4* - 2,427 MHz;
5. *Channel 5* - 2,432 MHz;
6. *Channel 6* - 2,437 MHz;
7. *Channel 7* - 2,442 MHz;
8. *Channel 8* - 2,447 MHz;
9. *Channel 9* - 2,452 MHz;
10. *Channel 10* - 2,457 MHz;
11. *Channel 11* - 2,462 MHz;
12. *Channel 12* - 2,467 MHz;
13. *Channel 13* - 2,472 MHz;
14. *Channel 14* - 2,484 MHz;

2.8 CST STUDIO SUITE

CST *STUDIO SUITE* 2012 merupakan sebuah solusi komputasi yang paling akurat dan efisien setelah bertahun-tahun melewati penelitian dan pengembangan. CST terdiri dari beberapa *tools* yang bisa

digunakan untuk mendesain dan optimalisasi perangkat di berbagai rentang frekuensi – statis sampai optikal. Salah satu *tools* yang dapat digunakan dalam CST adalah CST *Microwave Studio*.

CST MWS adalah Sebuah *tools* simulasi yang cepat dan akurat untuk perangkat dengan frekuensi yang tinggi. *Microwaves & RF*, *EDA/Electronics*, dan *EMC/EMI* juga termasuk dalam area aplikasi ini [13]. *Tools* ini yang sering digunakan untuk membuat simulasi antena.