

BAB II

TINAJUAN PUSTAKA

2.1 Antena

Antena merupakan perangkat atau alat listrik yang mampu mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik, dimana setelah sinyal diubah antena akan memancarkannya ke ruang bebas atau sebaliknya [8]. Selain itu antena juga tergolong sebagai Transduser, hal ini karena antena mampu mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Sedangkan menurut ahli bahasa mengatakan antena berasal dari bahasa latin yaitu antena yang memiliki arti tiang kapal layar atau juga penyentuh atau peraba sehingga antena dapat diartikan bahwa antena mempunyai tugas menyelusuri jejak gelombang elektromagnetik [9].

Antena dapat juga didefinisikan sebagai sebuah konduktor yang digunakan untuk memancarkan atau meneruskan gelombang elektromagnetik atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas [10]. Pada penerima akhir gelombang elektromagnetik dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan antena. Sinyal gelombang radiasi elektromagnetik yang berasal dari antena terdiri dari dua komponen yaitu medan listrik dan medan magnetik. Energi total tersebut dipancarkan dalam bentuk gelombang yang hampir konstan ke udara bebas dan ada beberapa yang terserap oleh tanah [10]. Namun demikian gelombang tersebut dipancarkan ke segala arah, hal ini disebabkan oleh jumlah energi yang dipancarkan berkurang kekuatannya sebagai akibat dari jarak yang semakin jauh dari sumbernya. Secara fisik ukuran sebuah antena harus proporsional dengan panjang gelombang. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka akan semakin kecil ukuran antena yang digunakan.

2.1.1 Fungsi Antena

Antena yang merupakan perangkat yang mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan memancarkannya ke udara bebas atau

sebaliknya. Berdasarkan hal tersebut pastinya antena memiliki 3 fungsi pokok, yaitu [11] :

1. Antena berfungsi sebagai konverter. Dikatakan sebagai konverter karena antena tersebut mengubah bentuk sinyal, yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, atau sebaliknya.
2. Antena berfungsi sebagai radiator. Dikatakan sebagai radiator karena antena tersebut memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas sekelilingnya. Jika sebaliknya antena menerima atau menangkap energi radiasi gelombang elektromagnetik dari udara bebas, maka fungsinya dikatakan re-radiator.
3. Antena sebagai *impedance matching* atau penyesuai impedansi. Dikatakan sebagai *impedance matching* karena antena tersebut akan selalu menyesuaikan impedansi sistem.

Antena juga dapat digunakan baik pada pemancar maupun penerima. Sifat antenna pemancar dan penerima dikatakan reciprocal yaitu sebuah antena dapat digunakan sebagai antena pemancar maupun sebagai antena penerima [9]. Maka dari itu, selain berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik, antena juga berfungsi untuk mengubah sinyal gelombang elektromagnetik menjadi sinyal listrik.

2.1.2 Macam-macam Antenna

Beberapa macam antena yang biasa digunakan pada jaringan wireless adalah antena omnidirectional (omni), antena yagi (uda-yagi), antena parabola dan grid parabola, antena panel, serta antena helix [12]. Berikut penjelasan lebih rinci tentang macam-macam antena yang dijelaskan diatas :

1. Antena *omnidirectional* (omni)

Antena ini merupakan jenis antena *wide beam width* yang memiliki sudut pancaran yang lebih besar, namun jaraknya yang lebih pendek. Jadi antena ini digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal kesegala arah [13]. Contohnya seperti antena untuk pemancar *hotspot*, antena HP, *Dipole* dan sebagainya. Berikut gambar *omnidirectional* :



Gambar 2.1 Antena Omni [13]

2. Antena yagi-uda

Antena Yagi-Uda atau yang biasa dikenal sebagai antena yagi merupakan bentuk antena yang paling banyak dikenal umum. Bentuknya seperti antena televisi. Antena ini ditemukan oleh Shintaro Uda dan dipublikasikan ke dunia melalui tulisan Hidetsuga Yagi. Antena ini terdiri dari sebuah *dipole* (*Driven Element*) yang dilengkapi dengan reflektor dan beberapa *director* [10]. Berikut gambar dari antena yagi-uda :

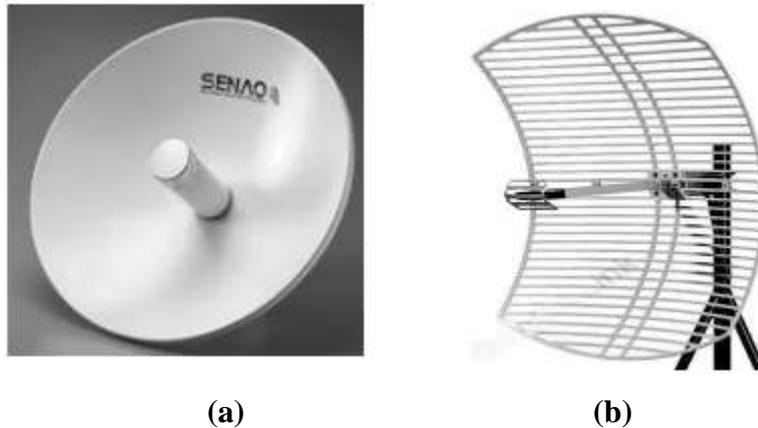


Gambar 2.2 Antena Yagi-Uda

(Widya, 2015)

3. Antena parabolik dan *grid* parabolik

Antena *grid* parabolik yang secara umum cukup terdiri dari satu buah *dipole*. *Dipole* tersebut terpasang di depan reflektor sehingga berbentuk elemen dasar. Antena *grid* parabolik kini telah banyak digunakan sebagai antena Wi-Fi [11]. Hal ini dikarenakan antena yang satu ini berfungsi lebih efektif untuk memperkuat dan mengarahkan sinyal. Berikut ini merupakan gambar antena parabolik dan *grid* parabolik :



Gambar 2.3 (a) Antena Parabolik, (b) Antena *Grid* Parabolik [13]

4. Antena panel

Antena ini merupakan antena yang terdiri dari beberapa elemen. Elemen tersebut dipasang di dekat metal reflektor yang cukup landai dan rata [11]. Ciri-ciri fisiknya yang lain yaitu hampir seluruh antena tertutup oleh fiberglass serta memiliki tinggi yang beragam. Mulai dari 15 cm hingga lebih dari 70 cm. Berikut ini merupakan tampilan antena panel :

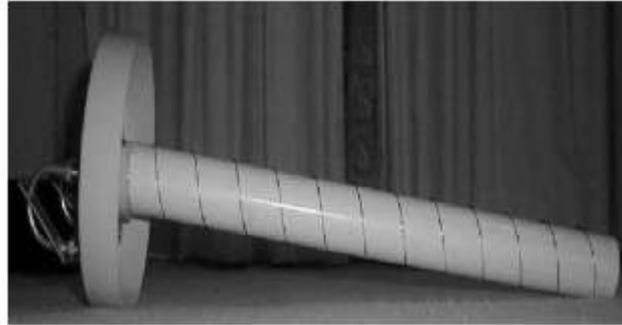


Gambar 2.4 Antena Panel [13]

5. Antena *helix*

Salah satu antena yang mempunyai polarisasi circular, dengan driven elemen juga berwujud helix seperti sebuah pegas. Driven elemen ini

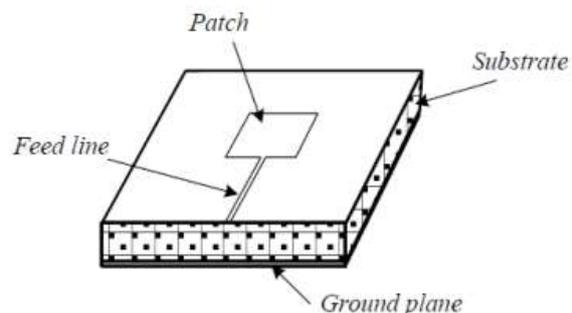
dipasang kesebuah reflektor dari metal [13]. Berikut gambar dari antena *helix* :



Gambar 2.5 Antena *Helix* [13]

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang mempunyai bentuk seperti strip/ potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis dan kecil [14]. Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel di atas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik [4]. Antena ini memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan, dan memiliki ukuran yang lebih minimalis dibandingkan dengan antena jenis lain. Antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil [4]. Di bawah ini merupakan gambar bagian-bagian pada antena mikrostrip :



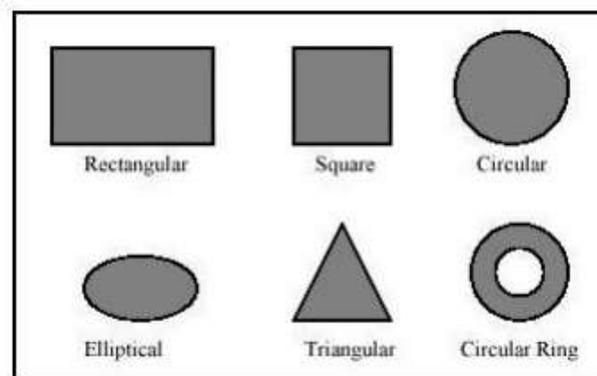
Gambar 2.6 Bagian-bagian Antena Mikrostrip

(Amrin, 2018)

2.2.1 Fungsi dan jenis antena mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki beberapa fungsi misalnya pada komunikasi satelit, Wimax, radar dan penguatan gain antenna. Selain itu, penggunaan antena mikrostrip tidak hanya terbatas pada satu frekuensi saja melainkan dapat bekerja lebih dari satu frekuensi dan dapat juga di array untuk menghasilkan parameter antenna yang baik [15].

Antena mikrostrip sendiri memiliki beberapa jenis berdasarkan bentuk bentuk patch-nya, diantaranya : Antena mikrostrip *patch* persegi panjang (*rectangular*), Antena mikrostrip *patch* persegi (*square*)c Antena mikrostrip *patch* elips (*elliptical*), Antena mikrostrip *patch* segitiga (*triangular*), Antena mikrostrip *patch* lingkaran (*circular*), dan yang terakhir Antena mikrostrip *patch circular ring* [16]. Berikut merupakan tampilan macam-macam tampilan *patch* antena mikrostrip.



Gambar 2.7 Bentuk-Bentuk Patch Antena Mikrostrip [4]

2.2.2 Kelebihan dan kekurangan antena mikrostrip

Struktur antena mikrostrip yang sederhana, menjadikan antena ini memiliki beberapa keunggulannya dibandingkan antena lain, diantaranya : memiliki massa yang cenderung lebih ringan dibanding yang lain, sangat *low profile*, dan konformal [6]. Keuntungan tersebut juga membuat pemasangan untuk antena mikrostrip di suatu sistem menjadi jauh lebih mudah dengan tidak diperlukannya penopang yang kokoh. Selain tidak perlu memiliki penopang yang kokoh antena

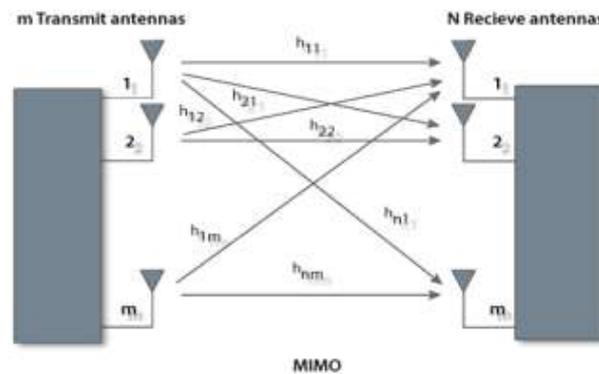
ini juga mudah diaplikasikan dengan cukup ditempelkan pada suatu permukaan saja [6].

Adanya kelebihan suatu benda atau perangkat pastinya tak akan terlepas dari yang namanya dari kelemahan atau kekurangan. Begitu juga dengan antena mikrostrip ini, berikut ini beberapa kelemahan antena mikrostrip : antena ini memiliki kemampuan meradiasikan daya gelombang elektromagnetik yang rendah. Hal ini karena antena mikrostrip memiliki ukuran elemen peradiasi yang kecil. Kemudian kelemahan yang lain yaitu antena ini memiliki *bandwidth* yang lumayan sempit sekitar 1-3% dari frekuensi kerja antena [5].

2.3 Antena MIMO (Multiple Input and Multiple Output)

MIMO merupakan suatu sistem yang memanfaatkan antena lebih dari satu baik di sisi pemancar maupun di sisi penerima. Sistem ini menggunakan sejumlah M antena pemancar dan sejumlah N antena penerima [4]. Sehingga sering ditulis dengan sistem penulisan MIMO M x N. Dengan demikian MIMO 4x4 menyatakan bahwa jumlah antena pada sisi pemancar dan sisi penerima sama-sama berjumlah empat buah.

Sistem Antena mimo ini memiliki keunggulannya tersendiri, dimana sistem antena MIMO pada komunikasi wireless berkecepatan tinggi mampu mengatasi *multipath fading*. Penyebab utama dari *multipath fading* sendiri adalah mobilitas pengguna yang tidak menentu membuat lintasan sinyal yang berbeda- beda dari base station ke handset user. Multipath fading sendiri menyebabkan sinyal yang diterima di sisi user menjadi lemah, cacat, atau terjadi interferensi [4]. Di bawah ini merupakan gambar sistem antena MIMO.



Gambar 2.8 Sistem Antena MIMO [4]

Antena mikrostrip MIMO 4x4 disusun menggunakan antena mikrostrip sebanyak 4 buah. Bentuk susunan antena tergantung pada perancangan, apakah akan disusun secara memanjang atau dengan susunan lainnya. Antena yang disusun dapat menjadi transmitter ataupun receiver. Susunan antar antena pun diatur berdasarkan suatu jarak yang dapat diinisialisasikan sebagai jarak d .

Adapun perumusan guna mendapat nilai dari jarak antar antena yaitu sebagai berikut :

$$d = \lambda g / 2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

λg = panjang gelombang pada bahan substrat

d = jarak antar antena

2.4 Substrat dielektrik *Artificial*

Dielektrik artifisial atau substrat termodifikasi adalah sebuah penyisipan pada substrat antena mikrostrip berupa bahan-bahan yang memiliki sifat material elektromagnetik yang tersedia di alam untuk meningkatkan nilai dari permitivitas pada bahan substrat [17]. Dielektrik artifisial pertama kali dikenalkan oleh Kock pada tahun 1946 [18]. Walaupun penelitian Kock memakan cukup banyak waktu dan hanya mencakup penelitian melalui pendekatan teoritis, dan tanpa menggunakan simulasi serta eksperimentasi. Namun penelitian ini banyak digunakan untuk referensi utama dalam penelitian material dielektrik artifisial.

Dimana material dielektrik artifisial Kock tersusun dari piringan-piringan konduktor tipis yang ditanamkan pada material dielektrik natural seperti lensa dengan masa yang sangat ringan.

Sifat-sifat dielektrik dapat dibangkitkan oleh piringan-piringan konduktor tipis yang bertujuan untuk mengontrol harga indeks bias lensa, sehingga menciptakan indeks bias yang beragam. Namun, metoda ini memunculkan kerugian berupa harga indeks bias lensa yang sensitif terhadap frekuensi. Hal ini mengakibatkan keterbatasan *bandwidth*. Solusi yang Kock berikan adalah dengan mengganti material lensa dengan material dielektrik natural jenis yang lain, seperti busa-busa polystyrene [19].

2.4.1 Metode Pembuatan

Proses pembuatan substrat dielektrik artifisial dibuat tidak dengan proses kimiawi yang merupakan komposit dari beberapa material elektromagnetik. Dimana proses tersebut melalui pelelehan dengan pemanasan maupun pembekuan. Akan tetapi maksud material dielektrik artifisial disini merupakan sifat-sifat dielektrik baru dibangkitkan melalui proses elektromagnetisasi. Material dielektrik dikenal memiliki sifat mengikat muatan-muatan listrik sedangkan konduktor dikenal memiliki sifat menggerakkan muatan-muatan listrik dengan bebas mengikuti arah kedatangan medan listrik.

Material dielektrik dapat dibuat dengan menggunakan host material berupa acrylic dengan ketebalan 10 mm. Sifat-sifat dielektrik kemudian dibangkitkan dengan cara pemasangan kawat-kawat konduktor tipis dengan diameter 1mm dan tinggi 10 mm, kawat-kawat tersebut diperlihatkan pada bagian kanan bawah dan atas. Pemasangan kawat-kawat konduktor tipis mengacu kepada distribusi medan listrik pada mode TM_{11} [6].

2.5 Teknik Array

Antena mikrostrip array merupakan sistem antena yang terdiri dari dua atau lebih antena yang identik, diaman selanjutnya digabungkan pada suatu sumber atau beban yang telah disusun berdasarkan konfigurasi geometris dan listrik tertentu guna memperoleh suatu pola radiasi yang direktif [20]. Pada antena

mikrostrip, bagian yang disusun secara susun/array adalah keseluruhan bagian antenna, mulai dari *patch*, substrat serta *ground plane*. Medan total antenna array ditentukan oleh penjumlahan vector. Dimana vector tersebut dihasilkan dari medan yang diradiasikan oleh antenna single element.

Dalam membentuk sebuah pola radiasi dari antenna array dengan arah tertentu dibutuhkan medan dari setiap elemen array yang berinterferensi secara konstruktif ke arah yang ditentukan dan berinterferensi secara destruktif ke arah yang lainnya. Terdapat beberapa yang perlu diperhatikan dalam merancang antenna array, yaitu :

1. Bentuk geometri (linier, melingkar, rectangular dll.)
2. Jarak antar element antenna
3. Amplitudo eksitasi pada setiap element antenna
4. Fase Eksitasi setiap antenna
5. Pola radiasi pada single element

2.6 Parameter-Parameter teknis antenna

2.6.1 Impedansi terminal

Impedansi terminal adalah impedansi yang ditunjukkan oleh antenna pada terminalnya atau nilai antara tegangan dan arus pada terminal antenna atau nilai perbandingan antara komponen medan listrik dan medan magnet pada suatu titik [19]. Setiap impedansi antenna (Z_L) yang dihubungkan dengan saluran transmisi akan menghasilkan gelombang pantul dengan koefisien pantulan ρ dan perbandingan tegangan gelombang berdiri (VSWR) sebagai berikut [21] :

$$\rho = \frac{|tegang\ an\ pantul|}{|tegang\ an\ tan\ g|} = \frac{|V_r|}{|V_i|} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.6.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan amplitudo tegangan antara gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V|_{max}$) dan minimum ($|V|_{min}$) [6]. Secara khusus, VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan : [6]

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma(z)|}{1 - |\Gamma(z)|} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

V_{\max} = Tegangan tertinggi

V_{\min} = Tegangan terendah

Γ = Koefisien Pantul

Γ sendiri merupakan koefisien refleksi tegangan yang memiliki nilai kompleks dan merepresentasikan besarnya magnitude dan fasa refleksi. Refleksi tegangan terjadi akibat tidak sesuainya impedansi saluran transmisi dan impedansi beban terminasi yang dinyatakan sebagai :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana Z_L adalah impedansi beban (load) dan Z_0 adalah impedansi karakteristik saluran. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka :

$\Gamma = -1$: refleksi negatif 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 yang paling baik adalah ketika tidak ada refleksi gelombang tegangan yang berarti bahwa saluran dalam keadaan sesuai sempurna (perfect match) sehingga VSWR bernilai 1.

2.6.3 Return Loss

Return loss merupakan koefisien refleksi dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan daya yang hilang karena beban dan saluran transmisi tidak matching [6]. Return loss dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara impedansi saluran transmisi dengan impedansi masukan beban. Sehingga tidak semua daya

dapat diradiasikan dan terdapat daya yang dipantulkan balik. Return loss dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Return Loss} = 20 \log_{10}|\Gamma| \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.6.4 Gain

Gain antenna merupakan besaran yang memperhitungkan efisiensi antenna dan kemampuan direksionalnya. Gain suatu antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antenna terhadap intensitas radiasi antenna referensi [6]. Besarnya gain dalam suatu antenna tergantung pada aplikasinya karena setiap aplikasi tertentu memiliki besar gain tertentu. Penguatan merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antenna terhadap intensitas radiasi antenna pembanding/referensi dengan daya maksimum yang sama dengan faktor efisiensi antenna.

Besaran gain akan sama dengan besarnya direktivitas bila antenna mempunyai η sama dengan satu [6]. Hubungan antara gain dan direktivitas dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$G = \eta \cdot D \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

G = Gain antenna

η = faktor efisiensi antenna ($0 \leq \eta \leq 1$).

D = Direktivitas

Gain memiliki dua jenis parameter penguatan yaitu *absolute* gain dan *relative* gain. *Absolute* gain pada sebuah antenna diartikan sebagai sebuah perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh disaat daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Dimana intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara isotropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi dengan 4π . *Absolute* gain ini dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini [24] :

$$Gain = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- Gain = Absolute gain
- π = pi (3,14)
- θ = sudut teta
- \emptyset = Himpunan Kosong
- P_{in} = Daya yang diterima oleh Antena

Selain *absolute* gain, terdapat juga *relative* gain. *Relative* gain dapat diartikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antena referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antena itu [24]. Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut:

$$Gain = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in} (lossless)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- Gain = *Absolute* gain
- π = pi (3,14)
- θ = sudut teta
- \emptyset = Himpunan Kosong
- $P_{in}(lossless)$ = Sumber isotropik yang lossless

Jika arah tidak ditentukan, maka perolehan daya biasanya diperoleh dari arah radiasi maksimum. Gain total antena uji secara sederhana dapat dirumuskan oleh persamaan :

$$G_t \text{ (dB)} = (P_t \text{ (dBm)} - P_s \text{ (dBm)}) + G_s \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- G_t = Gain antena mikrostrip
- P_t = Nilai level sinyal maksimum yang diterima antena mikrostrip
- P_s = Nilai level sinyal maksimum yang diterima GSM
- G_s = Gain GSM

2.6.5 Bandwidth

Bandwidth adalah suatu nilai konsumsi transfer data yang dihitung dalam bit/detik atau yang biasanya disebut dengan bit per second (bps), antara server dan client dalam waktu tertentu [22]. Atau bisa didefinisikan sebagai lebar cakupan frekuensi yang dipakai oleh sinyal dalam medium transmisi [23]. *Bandwidth* dibagi menjadi 2 yaitu :

1. *Bandwidth analog*

Bandwidth analog merupakan perbedaan antara frekuensi terendah dan frekuensi tertinggi dalam sebuah rentang frekuensi yang diukur dalam satuan Hz (hertz) yang dapat menentukan banyaknya informasi yang dapat ditransmisikan dalam suatu saat.

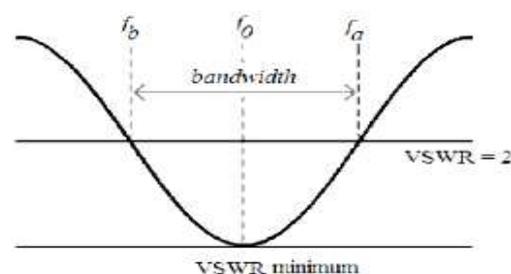
2. *Bandwidth Digital*

Bandwidth digital merupakan jumlah atau volume suatu data (dalam satuan bit per detik/bps) yang dapat dikirimkan melalui sebuah saluran komunikasi tanpa adanya distorsi.

Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas sudah diketahui. Frekuensi bawah (f_b) adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas (f_a) merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna [6]. *Bandwidth* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{Bandwidth = f_a - f_b} \dots \dots \dots (2.10)$$

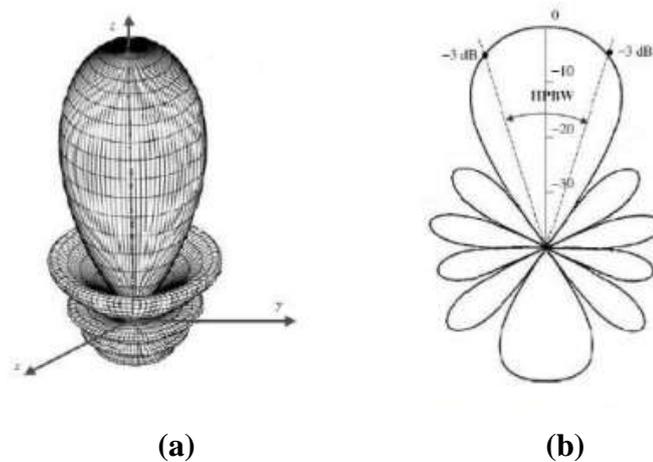
Berikut gambar mengilustrasikan sebuah *bandwidth* yang diperoleh berdasarkan grafik VSWR terhadap frekuensi dari nilai standar VSWR yaitu ≤ 2 .



Gambar 2.9 Rentang Frekuensi Yang Menjadi *Bandwidth* [4]

2.6.6 Pola Radiasi

Pola radiasi (radiation pattern) merupakan sebuah fungsi matematika atau representasi grafik dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi ruang. Sifat radiasi tersebut meliputi kerapatan flux, intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi [6]. Atau juga Pola radiasi adalah penggambaran pancaran energi antenna sebagai fungsi koordinasi ruang [21]. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat dipentingkan adalah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan antenna. Berikut ini gambaran pola radiasi 2 dan 3 dimensi :



Gambar 2.10 (a) Pola Radiasi 3 Dimensi, (b) Pola Radiasi 2 Dimensi [4]

2.6.7 Polarisasi

Polarisasi gelombang didefinisikan sebagai arah dari vektor medan listrik terhadap arah rambatan [21]. Sedangkan Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum [6]. Polarisasi dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu :

1. linier (linear)

Polarisasi linear sejatinya terbagi lagi menjadi 2, yaitu polarisasi vertical dan horizontal. gelombang radio yang terdiri dari medan listrik dan magnet yang saling tegak lurus. Saat komponen listrik horizontal maka gelombang dikatakan terpolarisasi horizontal, maka gelombang akan teradiasi pada kutub-kutub horizontal. Sebagai acuan dapat dilihat pada

permukaan bumi. Jika medan listrik yang terjadi vertikal maka kutub-kutub vertikal akan mempolarisasi gelombang secara vertikal pula [21].

2. circular (melingkar)

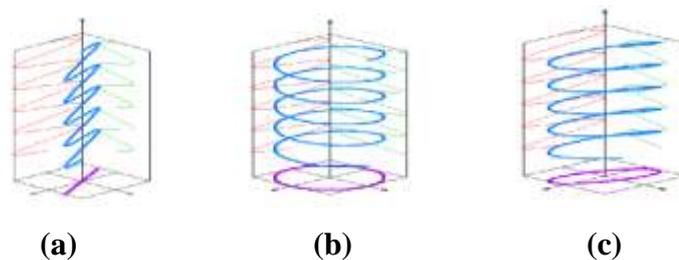
Disaat dua gelombang yang sama diantaranya saling mendahului 90 derajat maka medan listrik tersebut akan berputar dengan kecepatan sebesar frekuensi pembawanya dan akan terpolarisasi melingkar [21].

3. elliptical (elips).

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang [6]. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah :

- Medan harus mempunyai dua komponen linier orthogonal.
- Kedua komponen tersebut harus berada pada magnitudo yang sama atau berbeda.
- Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0^0 atau kelipatan 180^0 (karena akan menjadi linier).

Berikut ini merupakan tampilan macam-macam polarisasi gelombang antenna :



Gambar 2.11 (a) Polarisasi Linier, (b) Polarisasi Melingkar, (c) Polarisasi Elips [4]

2.7 Dimensi Antena

Dimensi antena merupakan sebuah ukuran mikrostrip mulai dari panjang dan lebar patch, ground plane, substrat serta saluran transmisi untuk diketahui, dalam mengetahui seberapa besar ukuran antena yang ingin dibuat, maka sebelumnya harus mencari tahu terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan. seperti tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik (εr), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan.

Dimensi antena harus disesuaikan, karena apabila panjang antena terlalu pendek maka *bandwidth* akan menjadi sempit sedangkan apabila terlalu panjang bandwidth akan menjadi lebih lebar tetapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antena terutama antena mikrostrip (W) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antena microstrip dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

a. Lebar patch

Berikut merupakan rumus mencari lebar patch antena mikrostrip [24] :

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

b. Panjang patch

Berikut merupakan rumus mencari panjang patch antena mikrostrip [24]:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r}{4 \sqrt{1 + \frac{12h}{a}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8 \right)} \right] \dots\dots\dots(2.14)$$

c. Lebar *ground plane* dan substrat

Berikut merupakan rumus mencari Lebar *ground plane* dan substrat antenna mikrostrip [24]:

$$Wg = 6h + W_{patch} \dots\dots\dots(2.15)$$

d. Panjang *ground plane* dan substrat

Berikut merupakan rumus mencari panjang *ground plane* dan substrat antenna mikrostrip [24]:

$$Lg = 6h + lp + lf \dots\dots\dots(2.16)$$

e. Lebar saluran mikrostrip

Berikut merupakan rumus mencari lebar saluran antenna mikrostrip [24]:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \dots\dots(2.17)$$

Dengan :

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.18)$$

f. Panjang saluran mikrostrip

Berikut merupakan rumus mencari panjang saluran antenna mikrostrip [24]:

$$L_f = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{1}{4} \frac{c/f}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots\dots(2.19)$$

g. Matching impedance

Berikut merupakan rumus mencari *Matching impedance* antenna mikrostrip [24]:

1. Impedansi :

$$Z_{0,1} = \sqrt{Z_0 \times Z_l} \dots\dots\dots(2.20)$$

2. Panjang saluran :

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{1}{4} \frac{c/f}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots\dots(2.21)$$

3. Lebar Saluran :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \dots(2.22)$$

Dengan :

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

- h = ketebalan substrat
- ϵ_r = permitivitas dielektrik substrat
- f_r = frekuensi resonansi / frekuensi kerja
- c = konstanta cahaya di ruang bebas
- λ_0 = panjang gelombang di udara
- λ_g = panjang gelombang pada bahan substrat
- W = lebar saluran transmisi
- Lf = panjang saluran transmisi
- Lt = panjang saluran *impedance matching*
- Lg = panjang *groundplane*
- Wg = lebar *groundplane*
- L = panjang patch

2.8 Jaringan 5G (generasi ke-5)

Dalam teknologi telekomunikasi seluler, teknologi 5G bukan merupakan standar yang merevolusi teknologi generasi sebelumnya. Standar-standar terkait teknologi 5G yang akan muncul nantinya akan mengubah beberapa regulasi telekomunikasi karena regulasi tersebut akan menjadi *obsolete* [25]. Meskipun sampai dengan saat ini key requirements dari teknologi 5G belum disepakati bersama, tetapi dari perkembangan teknologi dan visi dari 5G didapatkan bahwa secara global teknologi ini akan dapat memberikan atau mendukung 1000x

kemampuan kapasitas data yang dimiliki oleh teknologi LTE dengan kecepatan 1 Gbps pada sisi pengguna pada kondisi jaringan yang sangat padat (super dense network).

Teknologi 5G pada penerapannya di Indonesia menggunakan spektrum frekuensi tertentu. Spektrum frekuensi yang dimiliki oleh operator seluler dan dijadikan kandidat terkuat untuk 5G yaitu di frekuensi 2,3 GHz atau 2.300 KHz atau midband [3]. Di Indonesia yang memiliki izin penggunaan frekuensi kerja tersebut sekaligus yang sudah melakukan uji coba adalah telkomsel, yang memiliki bandwidth sebesar 50 MHz [3].

2.9 Aplikasi Software CST Studio Suite 2018

CST STUDIO SUITE 2018 adalah software simulasi antena untuk memudahkan penggunaannya dalam mendesain berbagai macam antena yang beroperasi dalam berbagai frekuensi dengan mudah, salah satunya adalah mendesain antena mikrostrip [4]. CST STUDIO SUITE 2018 menawarkan solusi komputasi yang akurat dan efisien untuk desain dan analisis perangkat elektromagnetik. Berikut adalah tampilan simulasi pada CST STUDIO SUITE 2018 :



Gambar 2.12 Tampilan Software CST Studio Suite 2018 [4]

2.10 Data Parameter Antena Referensi

Antena referensi merupakan antena yang dijadikan sebagai acuan dasar pembuatan modifikasi antena yang akan penulis buat. Berikut ini merupakan data parameter antena referensi yang penulis jadikan acuan [28] :

Tabel 2.1 Data Parameter Antena Referensi

No	Parameter	Hasil Pengukuran
1.	Frekuensi Kerja	2,26 -2,35 GHz
2.	VSWR	1,059
3.	<i>Return Loss</i>	-22,94 dB
4.	Impedansi	52,908 ohm
5.	<i>Gain</i>	3,483 dB
6.	<i>Bandwidth</i>	60 MHz