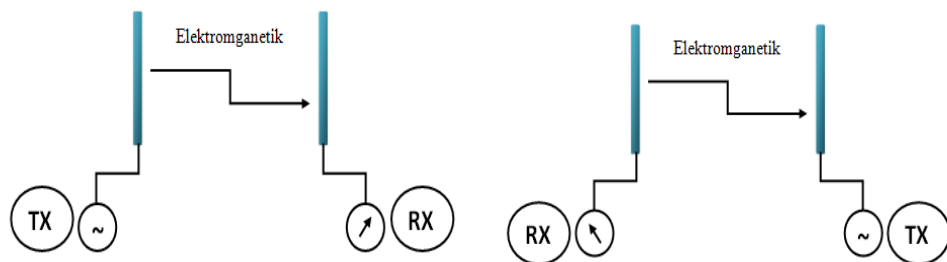


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Antena

Antena merupakan perangkat radio yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik kemudian memancarkannya ke ruang bebas atau sebaliknya, yaitu menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas dan mengubah menjadi sinyal listrik. (Endri, Jon: 2017)

Antena yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik dikatakan transmitter. Antena yang mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik dikatakan antena receiver. Sesuai dengan definisinya dapat dilihat bahwa antena mempunyai sifat kerja bolak-balik. Sifat kerja bolak-balik ini dikatakan sifat reciprocal dari antena. Dimana 1 buah antena dapat dioperasikan sebagai antena transmitter dan sekaligus sebagai antena receiver.



Gambar 2.1 Gambaran Sifat Reciprocal Antena

(Sumber: Modul Belajar Antena dan Propogasi)

Antena dapat juga didefinisikan sebagai konduktor elektrik atau suatu sistem konduktor elektrik yang digunakan baik untuk meradiasikan energi elektromagnetik atau untuk mengumpulkan energi elektromagnetik.

Antena merupakan salah satu elemen penting yang harus ada pada sebuah teleskop radio, TV, radar, dan semua alat komunikasi nirkabel lainnya. Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain. Panjang antena secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang

dipancarkannya. Antena dipole setengah gelombang adalah sangat populer karena mudah dibuat dan mampu memancarkan gelombang radio secara efektif.

Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (pelepasan energi elektromagnetik ke udara/ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (penerima energi elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi (peradiasi dan penerima) sekaligus. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja.

Dalam perancangan suatu antena, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Bentuk dan arah radiasi yang diinginkan
2. Polarisasi yang dimiliki
3. Frekuensi kerja
4. Lebar band (*bandwidth*), dan
5. Impedansi input yang dimiliki.

2.2. Parameter – Parameter Antena Mikrostrip

Ada beberapa karakter penting antena yang perlu dipertimbangkan dalam memilih jenis antena untuk suatu aplikasi (termasuk untuk digunakan pada sebuah teleskop radio), yaitu pola radiasi, direktivitas, *gain*, dan polarisasi. Karakter-karakter ini umumnya sama pada sebuah antena, baik ketika antena tersebut menjadi pengirim atau menjadi penerima, untuk suatu frekuensi, polarisasi, dan bidang irisan tertentu.

2.2.1 Penguatan (*Gain*)

Ada dua jenis parameter penguatan (*Gain*) yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* pada sebuah antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara isotropik. 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 rumus :

$$Gain = \frac{4\pi U(\theta, \varnothing)}{P_{in}} \quad (2-1)$$

Dimana :

Gain = *Absolute gain*

π = pi (3,14)

θ = sudut teta

\varnothing = Himpunan Kosong

P_{in} = Daya yang diterima oleh Antena

Selain *absolute gain* juga ada *relative gain*. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless* ($P_{in(lossless)}$). Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut :

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \varnothing)}{P_{in(lossless)}} \quad (2-2)$$

Dimana :

Gain = *Absolute gain*

π = pi (3,14)

θ = sudut teta

\varnothing = Himpunan Kosong

$P_{in(lossless)}$ = Sumber isotropik yang *lossless*

Jika arah tidak ditentukan, maka perolehan daya biasanya diperoleh dari arah radiasi maksimum.

Gain total antenna uji secara sederhana dirumuskan oleh persamaan

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

Dimana : (2-3)

G_t = Gain antenna mikrostrip

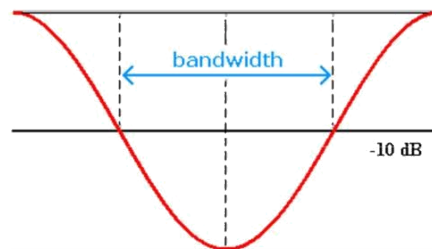
P_t = Nilai level sinyal maksimum yang diterima antenna mikrostrip

P_s = Nilai level sinyal maksimum yang diterima GSM

G_s = Gain GSM

2.2.2. Bandwidth

Bandwidth (Gambar 2.2) suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar.



Gambar 2.2. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth*

Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini (Sumber: Surjati I, 2010)

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \quad (2-4)$$

Dimana :

f_2 = frekuensi tertinggi

f_1 = frekuensi terendah

f_c = frekuensi tengah

Ada beberapa jenis *bandwidth* di antaranya:

- a. *Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *patch* antenna berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena

impedansi dari elemen antenna bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Pada umumnya nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik masing-masing adalah kurang dari -9,54 dB dan 2.

- b. *Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi di mana *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain*, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antenna agar nilai *bandwidth* dapat dicari.
- c. *Polarization* atau *axial ratio bandwidth* adalah rentang frekuensi di mana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

2.2.3. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ):

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

(2-5)

Dimana:

Z_L = adalah impedansi beban (*load*) dan

Z_0 = adalah impedansi saluran *lossless*.

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka :

- a. $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat,

- b. $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna,
- c. $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah;

$$S = \frac{|\tilde{V}|_{max}}{|\tilde{V}|_{min}} = \frac{1+|\tau|}{1-|\tau|} \quad (2-6)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap masih baik adalah $VSWR \leq 2$. (Sumber : Surjati I, 2010)

2.2.4. *Return Loss*

Return Loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan [9]. *Return Loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan (V_0^-) dibanding dengan gelombang yang dikirim (V_0^+). *Return Loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi.

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-7)$$

$$\text{Return loss} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2-8)$$

(Sumber: Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti)

Dengan menggunakan nilai $VSWR \leq 2$ maka diperoleh nilai *return loss* yang dibutuhkan adalah di bawah -9,5 dB. Dengan nilai ini, dapat dikatakan bahwa nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi

sudah dapat dianggap *matching*. Nilai parameter ini dapat menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah mampu bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

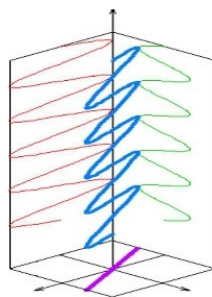
2.2.5. Polarisasi

Polarisasi antenna adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah *gain* maksimum. Pada praktiknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu.

Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips). Polarisasi linier (Gambar 2.2) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu. Hal ini dapat terjadi jika vektor (elektrik maupun magnet) memenuhi :

- a. hanya ada satu komponen, atau
- b. komponen yang saling tegak lurus secara linier yang berada pada perbedaan fasa waktu atau 180^0 atau kelipatannya



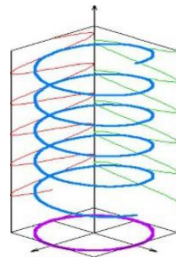
Gambar 2.3 Polarisasi Linier

(Sumber: Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti.)

Polarisasi melingkar (Gambar 2.4) terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah :

- Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama
- Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90^0 .

Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization (LHCP)* dan *Right Hand Circular Polarization (RHCP)*. *LHCP* terjadi ketika $d = +p / 2$, sebaliknya *RHCP* terjadi ketika $d = -p / 2$



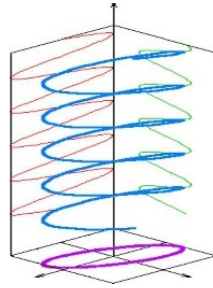
Gambar 2.4 Polarisasi melingkar

(Sumber: Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti.)

Polarisasi elips (Gambar 2.5) terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah :

- Medan harus mempunyai dua komponen linier ortogonal
- 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). Jika kedua komponen

berada pada magnitudo yang sama maka perbedaan fasa di antara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari 90^0 (karena akan menjadi lingkaran).



Gambar 2.5 Polarisasi Elips

(Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti.)

2.2.6 *Input Impedance*

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

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \dots\dots\dots$$

(2.9)

Dimana : Z_i = Impedansi input terminal (Ω)

Z_0 = Impedansi karakteristik dari antena (Ω)

Γ = Koefisien refleksi

Impedansi masukan (Z_{in}) terdiri dari bagian real (R_{in}) dan imajiner (X_{in}) dapat dinyatakan :

$$Z_{in} = (R_{in} + jX_{in}) \Omega \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana : Z_{in} = Impedansi Input

R_{in} = Resistansi Input

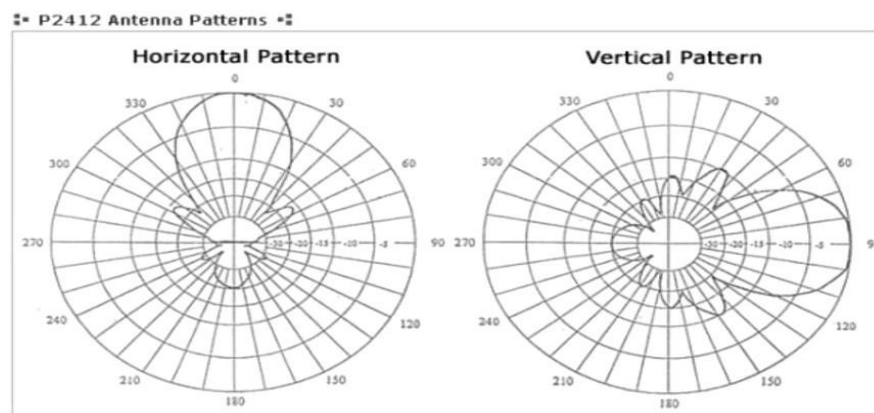
Daya real (R_{in}) merupakan komponen yang diharapkan, yakni menggambarkan banyaknya daya yang hilang melalui radiasi, sementara komponen imajiner (X_{in}) menunjukkan reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena.

2.2.7 Pola Radiasi

Pola radiasi atau pola antena didefinisikan sebagai fungsi matematik atau representasi grafik dari sifat radiasi antena sebagai fungsi dari koordinat. Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila yang digambarkan adalah kuat medan dan disebut pola daya (*power pattern*) apabila yang digambarkan *pointing vector*. Di sebagian besar kasus, pola radiasi ditentukan di luasan wilayah dan direpresentasikan sebagai fungsi dari koordinat directional. Pola radiasi antena adalah plot 3-dimensi distribusi sinyal yang dipancarkan oleh sebuah antena, atau plot 3-dimensi tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh sebuah antena. Pola radiasi antena menjelaskan bagaimana antena meradiasikan energi ke ruang bebas atau bagaimana antena menerima energi.

a. Pola Radiasi Antena *Unidirectional*

Antena *unidirectional* mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang *relative*. Gambar 2.6 merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena *unidirectional*.



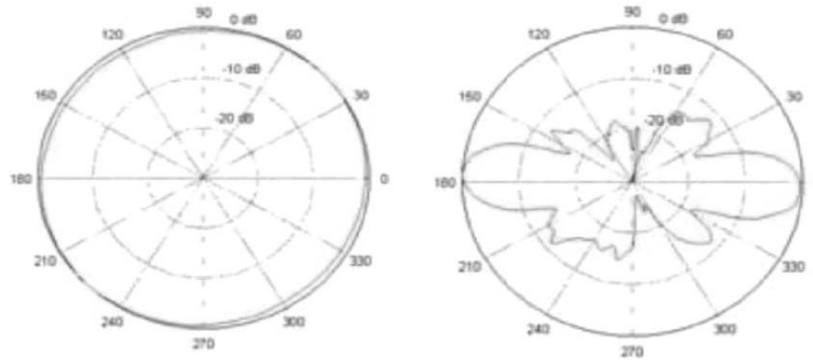
Gambar 2.6 Bentuk Pola Radiasi Antena *Unidirectional*

(Sumber : Surjati I, 2010)

b. Pola Radiasi Antena Omnidirectional

Antena omnidirectional mempunyai pola radiasi yang digambarkan seperti bentuk kue donat (*doughnut*) dengan pusat berimpit. Antena

omnidirectional pada umumnya mempunyai pola radiasi 360^0 jika dilihat pada bidang medan magnetnya. Gambar 2.7 merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna omnidirectional.



Gambar 2.7 Bentuk Pola Radiasi Antena Omnidirectional

(Sumber : Surjati I, 2010)

2.2.8. Pengukuran Medan Jauh

Setiap pengukuran yang dilakukan untuk parameter luar menggunakan metode pengukuran dengan jarak medan jauh atau jarak fraunhofer. Untuk menentukan jarak medan jauh dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

R = Jarak antenna pemancar dan antenna penerima (m)

D = Ukuran terpanjang dimensi antenna (m)

λ = Panjang Gelombang frekuensi (m)

2.2.9. Dimensi Antena

Pada antenna mikrostrip terdapat ukuran dimensi antenna sebagai berikut;

a. Patch

Pada bagian *Patch* dicari nilai dimensi *patch* (*a*) dari antenna tersebut, karena bentuk patch antenna yang akan kita buat ini berbentuk segitiga maka rumus yang kita gunakan adalah

$$a = \frac{2c}{3f_r \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2- 12)$$

Sumber; Balanis AC “antenna theory analysis and design”

Dimana nilai;

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{\rho}}} \right] \quad (2-13)$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai panjang *patch* menggunakan pendekatan persamaan berikut;

$$L_{eff} = \frac{C}{2f_{10} \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2-14)$$

Dimana;

$$\Delta L = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2-15)$$

maka didapat hasil untuk panjang *patch*

$$L_p = \frac{\Delta L}{2}$$

b. Groundplane

Untuk mendapatkan nilai lebar dan panjang *groundplane* menggunakan pendekatan persamaan berikut;

$$L_g = 6h + L_p \quad (2-16)$$

$$W_g = 6h + W_p \quad (2-17)$$

c. Microstripline

Untuk mendapatkan nilai *feedline* menggunakan pendekatan persamaan berikut;

$$L_f = \frac{\rho}{2} \quad (2-18)$$

Dimana nilai;

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-19)$$

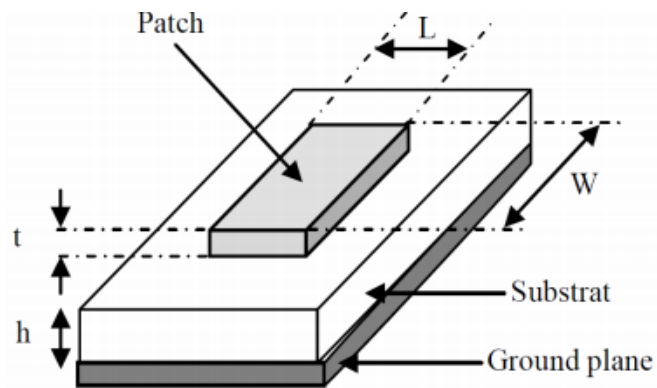
untuk nilai panjang catuannya sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 & B-1 \\
 & (\zeta)+0.39-\frac{0.61}{\epsilon r} \\
 & \ln \zeta \\
 & (2B-1)+\frac{\epsilon r-1}{2\epsilon r}[\zeta \zeta] \quad (2-20) \\
 & B+1-\ln \zeta \\
 & Wf=\frac{2(h)}{\pi} \zeta
 \end{aligned}$$

2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950, dan perkembangannya dilakukan secara serius pada tahun 1970. Melalui beberapa dekade penelitian, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip diatur oleh bentuknya. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang paling populer saat ini. Hal ini disebabkan karena antena mikrostrip sangat cocok digunakan untuk perangkat telekomunikasi yang sekarang ini memperhatikan bentuk dan ukuran.

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan antena jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi yang rendah. (Darsono, 2008: 8)



Gambar 2.8 Struktur Antena Mikrostrip

(Darsono, 2008: 89)

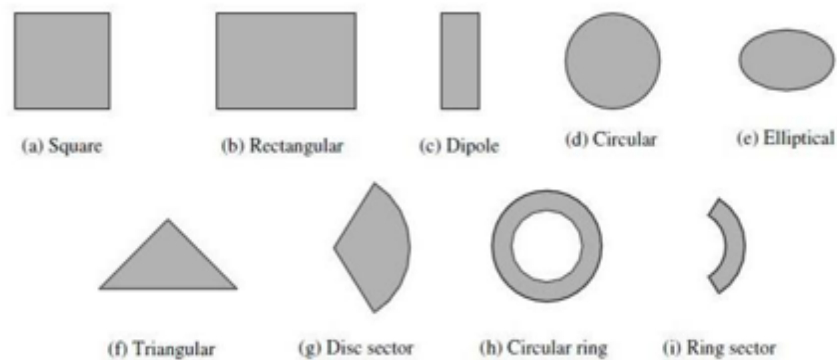
Antena mikrostrip memiliki fungsi untuk menangkap/menerima sinyal gelombang elektromagnetik termasuk yang berasal dari satelit. Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah *Conducting patch*, *substrate* dielektrik, dan *ground plane*. Masing–masing lapisan ini memiliki fungsi yang berbeda

1. *Conducting Patch*

Plat konduktor ini umumnya terbuat dari tembaga. Fungsinya adalah untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Plat ini terletak paling atas dari keseluruhan sistem antena. *Patch* terbuat dari bahan *rectangular*, segitiga, ataupun bentuk *circular ring*.

Berdasarkan bentuk patch-nya antena mikrostrip terbagi menjadi :

- a. Antena mikrostrip *patch* persegi panjang (*rectangular*)
- b. Antena mikrostrip *patch* persegi (*square*)
- c. Antena mikrostrip *patch* lingkaran (*circular*)
- d. Antena mikrostrip *patch* elips (*elliptical*)
- e. Antena mikrostrip *patch* segitiga (*triangular*)
- f. Antena mikrostrip *patch circular ring*



Gambar 2.9 Jenis Patch Antena Mikrostrip

(Sumber: <https://antenapropogasi.blogspot.com>)

2. Substrate dielektrik.

Substrat dielektrik berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antenna. Pada antenna mikrostrip, semakin tinggi besar permitivitas relatif, ukuran *conducting patch* akan semakin kecil dan sebagai akibatnya memperkecil daerah radiasi. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antenna adalah pada *bandwidth*. Penambahan ketebalan substrat akan memperbesar *bandwidth* tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*)

3. Ground plane.

Ground plane yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan (Teguh, dkk, 2015), *Groundplane* pada antenna berpengaruh pada nilai parameter antenna yaitu *Return Loss*, *VSWR*, dan *Gain*. Semakin baik bentuk *groundplane* pada antenna maka akan semakin baik pula hasil parameter pada antenna.

Ground plane antenna mikrostrip bisa terbuat dari bahan konduktor, yang berfungsi sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik. Ukurannya selebar dan sepanjang substrat. Bentuk konduktor bisa bermacam-macam tetapi yang pada umumnya digunakan adalah berbentuk persegi empat dan lingkaran karena bisa lebih mudah dianalisis.

4. Saluran Pencatuan

Untuk menghubungkan antara elemen peradiasi antenna dengan saluran transmisi, diperlukan sebuah saluran catu yang terintegrasi pada dimensi antenna sehingga

impedansi antara elemen peradiasi dan saluran transmisi saling matching. Pemilihan feeding untuk antena mikrostrip didasarkan pada beberapa faktor. Pertimbangan yang utama adalah transfer daya yang efisien antara struktur peradiasi dengan struktur feeding sehingga tercapai matching impedance yang baik diantara keduanya. Selain itu, kemudahan dalam mendesain dan fabrikasi juga sangat penting.

Untuk catuan ke *patch*, digunakan metode *inset microstripfeed*. Metode *inset feed* umumnya dipilih pada perancangan antena larik karena lebih sesuai untuk diterapkan dibandingkan metode *coaxial feed* yang harus melubangi *patch* dan sulit dalam pembagian daya. Metode *inset feed* juga mampu memberikan *gain* dan lebar-pita yang lebih besar dibanding *coaxial feed*.

2.4. Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip

Beberapa keuntungan antena mikrostrip adalah sebagai berikut :

- a. Mempunyai bobot yang ringan dan ukuran yang kecil
- b. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya
- c. Biaya pabrikan 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 mempunyai beberapa kelemahan, yaitu :

- 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*)

2.5. Teknologi Jaringan 4G

4G adalah singkatan dari istilah dalam bahasa Inggris: *fourth-generation technology*. Istilah ini umumnya digunakan mengacu kepada standar generasi keempat dari teknologi telepon seluler. 4G merupakan pengembangan dari teknologi 3G dan 2G. Sistem 4G menyediakan jaringan pita lebar ultra untuk berbagai perlengkapan elektronik, contohnya telepon pintar dan laptop menggunakan modem USB. Sistem 4G menyediakan solusi IP yang komprehensif di mana suara, data, dan arus multimedia dapat sampai kepada pengguna kapan saja dan di mana saja, pada rata-rata data lebih tinggi dari generasi sebelumnya. Bagaimanapun, terdapat beberapa pendapat yang ditujukan untuk 4G, yakni: 4G merupakan sistem berbasis IP terintegrasi penuh. Ini akan dicapai setelah teknologi kabel dan nirkabel dapat dikonversikan dan mampu menghasilkan kecepatan 100Mb/detik dan 1Gb/detik baik dalam maupun luar ruang dengan kualitas premium dan keamanan tinggi. 4G akan menawarkan segala jenis layanan dengan harga yang terjangkau. Setiap handset 4G akan langsung mempunyai nomor IP v6 dilengkapi dengan kemampuan untuk berinteraksi internet telephony yang berbasis *Session Initiation Protocol* (SIP). Semua jenis radio transmisi seperti GSM, TDMA, EDGE, CDMA 2G, 2.5G akan dapat digunakan, dan dapat berintegrasi dengan mudah dengan radio yang dioperasikan tanpa lisensi seperti IEEE 802.11 di frekuensi 2.4 GHz & 5-5.8Ghz, *bluetooth*, dan seluler. Integrasi *voice* dan data dalam channel yang sama. Integrasi *voice* dan data aplikasi SIP-enabled.

Dalam dunia teknologi generasi keempat (4G), ada dua yang bersaing dalam standar 4G: *Wireless Interoperability Microwave Access* atau (WiMAX) (Korea Selatan sejak 2010) dan *Long-Term Evolution* atau (LTE) (Swedia sejak 2009) . Kedua standar ini sangat mirip sehingga banyak membuat profesional dan ahli kebingungan. Salah satu perbedaan antara LTE dan WiMAX adalah bahwa mereka berfungsi pada frekuensi yang berbeda, membuat penyebaran mereka sedikit berbeda.

2.5.1. Wireless Interoperability Microwave Access atau (WiMAX)

WiMAX dibuat untuk bekerja dengan penyebaran baru, sementara LTE dibuat untuk penyebaran *mobile* dan *broadband* yang ada. Antara keduanya, LTE adalah sedikit lebih cepat dan WiMAX sedikit lebih mudah untuk diukur. Jumlah pengguna simultan mempengaruhi operator, karena lebih banyak pengguna membutuhkan lebih banyak *bandwidth*; LTE sedikit lebih dipengaruhi oleh jumlah pengguna daripada WiMAX. Setiap teknologi berbasis gelombang, seperti LTE dan WiMAX, perlu dijalankan pada frekuensi tertentu untuk digunakan. Frekuensi ini tidak mempengaruhi kecepatan, fungsi atau ketergantungan, tapi itu tidak mengubah bagaimana sistem akan diatur dan dikerahkan. LTE dibuat untuk bekerja pada frekuensi 700 megahertz (MHz), WiMAX dibuat untuk bekerja pada 2,3 gigahertz (GHz) dan 3,5 GHz, dan keduanya dapat bekerja pada frekuensi 2,1 GHz dan 2,5 GHz. Jangkauan maksimal WiMAX lebih jauh dibandingkan dengan WiFi. WiMAX mampu menjangkau hingga 50 km dan mampu mengantarkan dengan transfer rate tinggi meski dalam jarak yang jauh. Sedangkan WiFi hanya dapat mencakup jaringan lokal yang kecil yaitu 50 meter. Teknologi WiMAX dapat melayani para pengguna, baik yang berada dalam posisi *Line of Sight* (LOS) maupun N-LOS (Non / *Near Line of Sight*).

Dalam menjalankan fungsinya, WiMAX berperan sebagai :

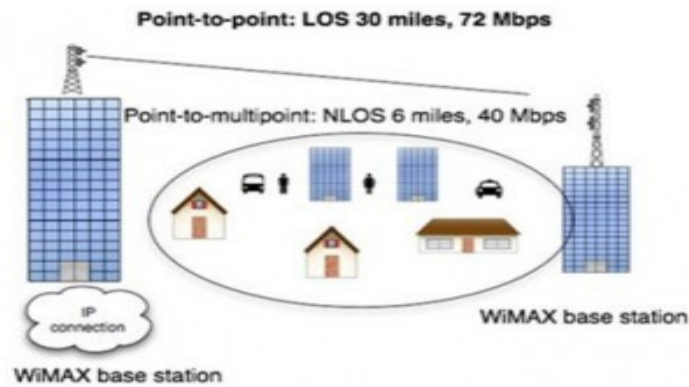
1. Penghubung antara hotspot WiFi yang satu dan yang lain, serta penghubung dengan bagian (jaringan) dari internet.
2. Sebagai teknologi alternatif untuk *broadband* jarak jauh.
3. Pengganti kabel coaxial pada line telepon di perusahaan maupun personal.
4. Pengganti kabel dalam menangkap siaran televisi melalui satelit maupun terrestrial.
5. Mendukung layanan *mobile* data bekecepatan tinggi dan layanan telekomunikasi.

2.5.2 Jenis – Jenis WiMAX

Jenis WiMAX ada dua, yaitu sebagai berikut :

1. *Fixed* WiMAX

WiMAX dirancang untuk dapat memberikan layanan *Point to Multipoint* (PMP) maupun *Point to Point* (PTP). *Fixed* WiMAX digunakan untuk jaringan tetap. *Fixed* WiMAX mampu mencapai kecepatan transfer data hingga 75 Mbps dengan jangkauan sampai 50 km. *Fixed* WiMAX : *Band* 5 GHz dan 5.8 GHz.



Gambar 2.10 Fixed WiMAX

(Amalina,Ahya. 2016)

2. Mobile WiMAX

Mobile WiMAX digunakan untuk jaringan bergerak. Pada *mobile* WiMAX terdapat pada konfigurasi sistem yang jauh lebih sederhana serta kemampuan data yang lebih tinggi. *Mobile* WiMAX mampu mencapai kecepatan transfer data hingga 15 Mbps dengan jangkauan 20 – 50 km. *Mobile* WiMAX : *Band* 3 GHz, 2.5 GHz, 3.3GHz, dan 3.5 GHz.



Gambar 2.11 Mobile WiMAX

(Amalina,Ahya. 2016)

2.5.3 Penerapan WiMAX di Indonesia

Perkembangan WiMAX di Indonesia sangat tergantung pada pemerintah. Salah satunya yaitu permasalahan frekuensi. Pada WiMAX forum, frekuensi yang disepakati ada tiga frekuensi yang digunakan untuk menjamin bandwidth yang besar. Frekuensi yang dipergunakan tersebut berkisar antara 2 GHz sampai 11 GHz. Dalam pemilihan frekuensi tersebut, dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu penggunaan frekuensi untuk komunikasi seluler, *microwave link* dan sistem komunikasi satelit. Dari pertimbangan tersebut, maka alokasi spektrum WiMAX khususnya di Indonesia adalah sebagai berikut :

1. Spektrum Frekuensi 2,5 GHz

Pada pita frekuensi 2500 – 2690 MHz digunakan untuk *microwave link* yang diterapkan di beberapa lokasi tertentu sejak tahun 1980-an. Pita frekuensi 2520 – 2670 MHz digunakan untuk sistem telekomunikasi satelit Indovision sejak tahun 1997. Tahun 2001 telah dialokasikan untuk beberapa penyelenggaraan *Broadband Wireless Access* (BWA) di pita frekuensi 2500 – 2520 MHz dan 2670 – 2690 MHz. *Bandwidth* yang dialokasikan sebesar 2×20 MHz dengan lebar kanal 6 MHz.

2. Spektrum Frekuensi 3,5 GHz

Pada tahun 2000 spektrum ini ditetapkan untuk layanan BWA dan sharing frekuensi dengan satelit. Sejumlah penyelenggara BWA diberikan izin di beberapa lokasi dengan pita frekuensi 3410 – 3497.5 MHz dan 3510 – 3597.5 MHz. Namun karena adanya keluhan gangguan dari operator satelit seperti Telkom, PSN dan AceS maka spektrum frekuensi tersebut hanya dapat menggunakan 5 kanal, dimana sebelumnya yang bisa dipergunakan adalah 25 kanal.

3. Spektrum Frekuensi 5,8 GHz

Pita frekuensi 5725 – 5825 MHz di beberapa negara digunakan untuk komunikasi WiFi (Licensed Frequency), namun pada tahun 2001 oleh Dirjen Postel diberikan 5 kanal kepada operator BWA.

Pada tahun 2009, Pemerintah Indonesia menetapkan pemenang tender lisensi WiMAX untuk 15 zona secara nasional. Namun pada tahun 2010, hanya 5 operator yang masih memegang lisensi tersebut diantaranya Telkom, Indosat, Berca, Jasnita dan First Media. Dari lima operator tersebut hanya First Media dan Berca yang menggelar WiMAX secara komersial. Sedangkan Telkom, Indosat, dan Jasnita tampak ragu – ragu untuk melangkah.

Namun, perkembangan teknologi WiMAX ini tidak populer di Indonesia. Hal ini dikarenakan tiga alasan penting yaitu :

1. Kebijakan lisensi adalah untuk *Fixed* WiMAX . Padahal saat itu *Mobile* WiMAX telah diterbitkan dan siap di komersilkan. Sehingga pemegang lisensi tampak ragu-ragu dalam menggelar *Fixed* WiMAX, khawatir layanannya tidak mampu bersaing dengan *Mobile* WiMAX yang tentunya lebih digemari masyarakat. Meskipun akhirnya pemerintah melunak dan mengizinkan pemegang lisensi tender untuk menggelar *Mobile* WiMAX namun respon tersebut dianggap terlambat.
2. Kebijakan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN). Pemerintah mensyaratkan TKDN minimal 30 persen untuk perangkat dan 40 persen untuk *base station*. Maksud dari kebijakan tersebut baik yaitu untuk membangkitkan industri lokal dan transfer teknologi. Sehingga munculah produsen perangkat lokal seperti TRD dan HARIFF serta pembuat chipser XIRKA. Namun konsekuensinya, harga perangkat menjadi relatif lebih mahal karena skala ekonomi yang terbatas.
3. Bayang-bayang LTE. Operator GSM sudah pasti akan menggelar LTE ketika lisensinya telah ditenderkan oleh pemerintah. Dengan jumlah pelanggan seluler yang telah mencapai 245 juta, penetrasi LTE akan meluas. Sehingga WiMAX menjadi semakin sulit bersaing melawan LTE.

Perkembangan WiMAX di Indonesia sempat digelar di wilayah Medan, Balikpapan, Batam, Denpasar, Makassar, Pekanbaru, Palembang, dan Pontianak oleh Berca dan Jabodetabek oleh First Media dengan merek dagang Sitra. Meskipun teknologi WiMAX di Indonesia sudah mulai ditinggalkan, tetapi oleh TNI AD masih dipergunakan untuk *Battlefield Management System (BMS)*. BMS ini memerlukan jaringan yang aman dan mandiri dalam pengoperasiannya agar data yang dimiliki oleh TNI tidak diketahui pihak lawan. Mengingat medan operasi di Indonesia berbeda dengan Timur Tengah, maka WiMAX sangat cocok digunakan karena WiMAX menyediakan jalur komunikasi dengan kondisi N-LOS. Contoh saja, ketika menghadapi kontur medan yang berbukit. WiMAX di 2 MHz masih dapat mendukung komunikasi data dan voice secara optimal. Pemilihan penggunaan teknologi WiMAX oleh pihak TNI, karena pemerintah belum menyediakan jalur telekomunikasi yang aman untuk militer baik pada satelit maupun fiber optic. Penggunaan teknologi WiMAX ini dirasa aman karena tidak bercampur dengan kegunaan komersial seperti pada operator seluler.

2.6. Pengertian CST Studio Suite

CST STUDIO SUITE adalah paket perangkat lunak yang dapat mensimulasikan dan menyelesaikan semua masalah elektromagnetik mulai dari frekuensi rendah ke microwave dan optik serta termal dan beberapa masalah mekanis. Terdapat 7 menu kerja antara lain:

1. Microwave Studio: untuk masalah RF dan Microwave seperti desain antena
2. EM Studio: untuk masalah dengan frekuensi rendah seperti RFID, elektrostatik, magnetostatik, dll.
3. Desain Studio: alur kerja skematik untuk merancang sirkuit bercahaya dan juga bergabung dengan hasil studio lain untuk merancang sistem perakitan
4. Studio: untuk partikel dan simulasi pancaran seperti e-Gun, tabung microwave, dll.
5. MPHYSISCS Studio: untuk beberapa simulasi mekanik dan termal
6. Cable Studio: untuk desain dan simulasi kabel dalam bundel, harness, dll.
7. PCB Studio: untuk simulasi PI dan SI pada PCB berlapis-lapis.

