

BAB II

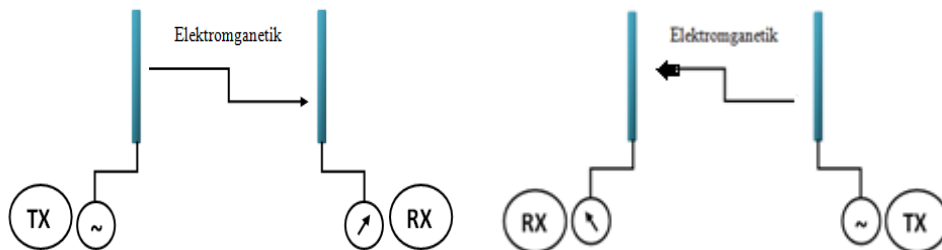
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

2.1.1 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 Propagasi)

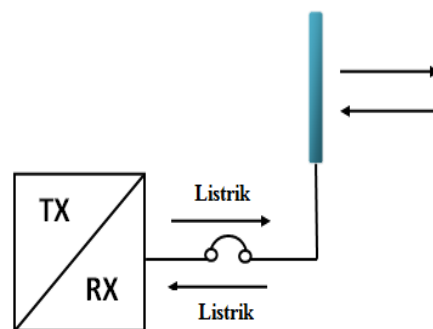
Antena dapat juga didefinisikan sebagai konduktor elektrik atau suatu sistem konduktor elektrik yang digunakan baik untuk meradiasikan energi elektromagnetik atau untuk mengumpulkan energi elektromagnetik (Stalling, 2007:102).

2.1.2 Fungsi Antena

Berdasarkan definisi antena atau berdasarkan cara kerja antena maka antena memiliki 3 fungsi pokok yaitu :

1. Antena berfungsi sebagai Konverter

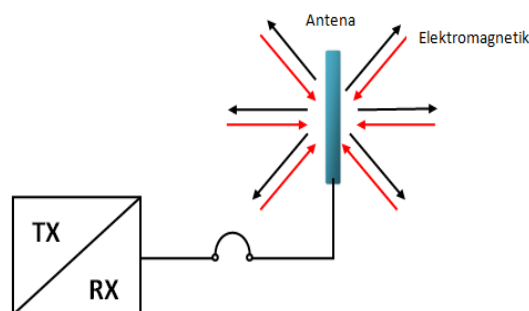
Antena dikatakan sebagai Konverter karena antena berfungsi mengubah bentuk sinyal yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik ataupun sebaliknya.



Gambar 2.2 Antena Sebagai Konverter
(Sumber : Modul Belajar Antena dan Propagasi)

2. Antena berfungsi sebagai Radiator/Re-Radiator

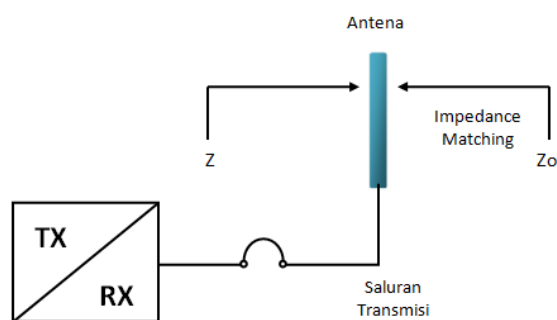
Antena berfungsi sebagai Radiator/Re-Radiator karena berfungsi sebagai peradiasi sinyal dimana sinyal elektromagnetik yang dihasilkan antena akan diradiasikan ke udara bebas sekelilingnya. Sebaliknya jika antenna menerima radiasi elektromagnetik dari udara bebas fungsinya dikatakan Re-Radiator. Jadi antena *transmitter* mempunyai fungsi Radiator sedangkan antena *receiver* mempunyai fungsi Re-Radiator.



Gambar 2.3 Antena Sebagai Radiator/Re-Radiator
(Sumber : Modul Belajar Antena dan Propagasi)

3. Antena berfungsi sebagai *Impedance Matching*

Antena berfungsi sebagai *Impedance Matching* karena pada saat antena tersebut bekerja antena akan selalu menyesuaikan *impedance system*. Sistem yang dimaksud adalah pesawat komunikasi dan udara bebas dimana antena merupakan jembatan antara pesawat komunikasi dengan udara bebas. Adapun impedansi yang disesuaikan tergantung pada jenis pesawat komunikasi, dimana untuk pesawat radio impedansinya 75Ω . Adapun udara bebas mempunyai karakteristik sebesar $120\pi\Omega \approx 377\Omega$.



Gambar 2.4 Antena Sebagai *Impedance Matching*
(Sumber : Modul Belajar Antena dan Propagasi)

- Jika antena berupa antena radio maka antena akan selalu menyesuaikan impedansi radio dengan impedansi udara bebas.
- Jika antena berupa antena TV maka akan selalu menyesuaikan impedansi TV dengan impedansi udara bebas.

2.2 Karakter Antena

Ada beberapa karakter penting antena yang perlu dipertimbangkan dalam memilih jenis antena untuk suatu aplikasi yaitu pola radiasi, direktivitas, *gain*, dan polarisasi. Karakter-karakter ini umumnya sama pada sebuah antena, baik ketika antena tersebut menjadi peradiasi 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 antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna 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 :

$$Gain = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_n} \quad (2-1)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 22)

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 :

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

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 22)

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

Gain total antenna uji secara sederhana dirumuskan oleh persamaan

$$G_t(\text{dB}) = (P_t(\text{dBm}) - P_s(\text{dBm})) + G_s(\text{dB}) \quad (2-3)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 2)

Dimana :

G_t = Gain antenna mikrostrip

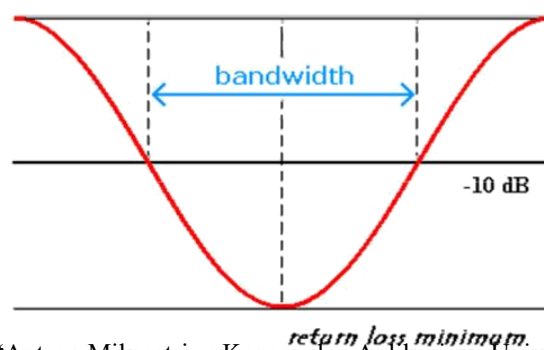
P_t = Nilai level sinyal maksimum yang diterima antenna mikrostrip

P_s = Nilai level sinyal maksimum yang diterima GSM

G_s = Gain GSM

2.2.2 Bandwidth

Bandwidth 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



Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 19)

Gambar 2.5. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth*

Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

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

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 18)

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):

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2-5)$$

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 16)

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 :

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

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 17)

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 $VSWR \leq 2$.

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.

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

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

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 16)

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.

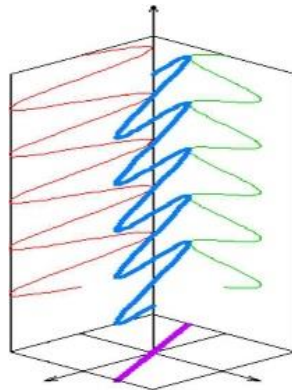
2.2.5 Polarisasi

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
- b. komponen yang saling tegak lurus secara linier yang berada pada perbedaan fasa waktu atau 180° atau kelipatannya



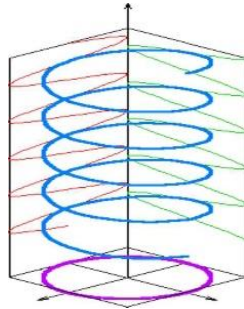
Gambar 2.6 Polarisasi linier

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 25)

Polarisasi melingkar 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 :

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

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 $d = -p / 2$

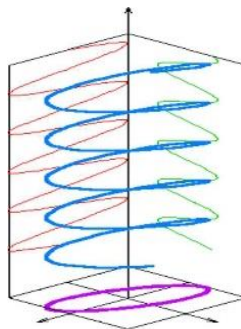


Gambar 2.7 Polarisasi melingkar

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 26)

Polarisasi elips (Gambar 2.4) 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 2.8 Polarisasi Elips

Sumber; Surjati I “Antena Mikrostrip ; Konsep dan Aplikasinya Universitas Trisakti (hal 27)

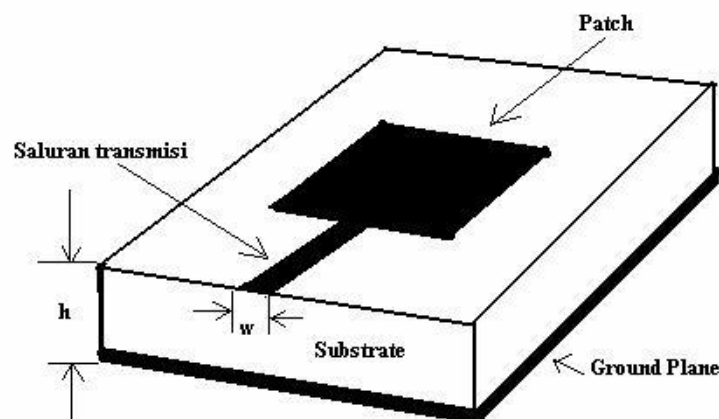
2.3 Antena Mikrostrip

2.3.1 Pengertian Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan *dielektrik*. Secara umum Antena Mikrostrip terdiri atas tiga bagian, yaitu *patch*, *substrat*, dan *ground plane*. Patch terletak diatas substrat sementara *ground plane* terletak pada bagian bawah. (sumber: Darsono, 2008: 89)

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa 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.



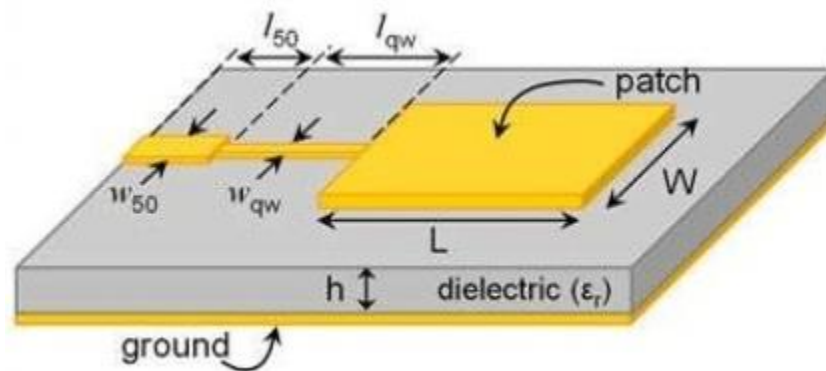
Gambar 2.9 Bentuk umum antena *microstrip*
(sumber: Darsono, 2008: 89)

2.3.2 Fungsi Antena Mikrostrip

Antena ini memiliki fungsi untuk menangkap/menerima sinyal gelombang elektromagnetik termasuk yang berasal dari satelit.

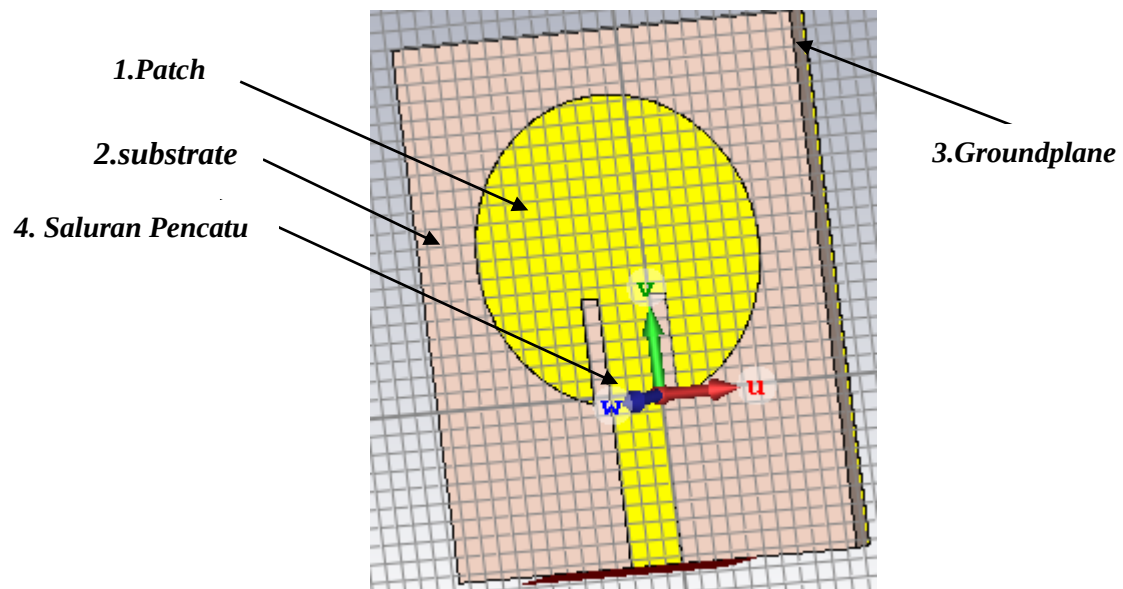
2.3.3 Desain Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip peradiasi persegi panjang (*rectangular patch*) terdiri dari beberapa bagian, yaitu:



Gambar 2.10 Dasar Antena Mikrostrip (PCB double layer)

(sumber: Pramono, 2014: 109)



Gambar 2.11 Desain Antena Mikrostrip

(sumber: Cst studio)

1. *Conducting Patch*

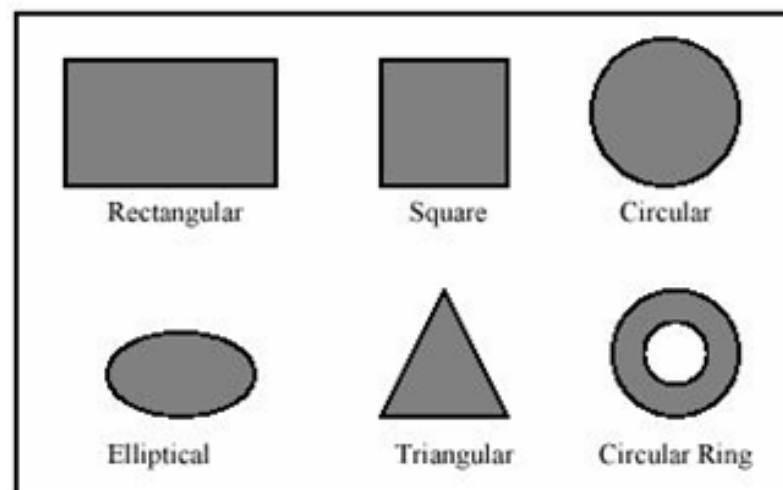
Plat konduktor ini umumnya terbuat dari tembaga. Fungsinya adalah untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Plat ini terletak paling atas dari keseluruhan sistem antenna. *Patch* terbuat dari bahan *rectangular*, segitiga, ataupun bentuk *circular ring*. Bentuk *patch* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.11

2. Substrat 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 antenna mikrostrip bisa terbuat dari bahan konduktor, yang berfungsi sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik.



Gambar 2.12 Bentuk patch antenna

(sumber: Samsul,2015: 8)

a. Triangular

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk, antara lain persegi panjang dan segitiga. Antena mikrostrip patch segitiga mempunyai keunggulan dibandingkan dengan bentuk patch lainnya, terutama persegi panjang, karena luas yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip patch segitiga lebih kecil dibandingkan bentuk patch yang lain. Bentuk segitiga ini terbagi berdasarkan besar ketiga sudutnya yaitu segitiga sama sisi, segitiga siku-siku dan segitiga sama kaki. Bentuk segitiga memiliki keunggulan dibandingkan dengan bentuk segi empat, yaitu untuk menghasilkan karakteristik radiasi yang sama, luas yang dibutuhkan oleh bentuk segitiga lebih kecil dibandingkan dengan luas yang dibutuhkan oleh segi empat. Hal ini sangat menguntungkan dalam fabrikasi antena.

b. Square

Patch segiempat sejauh ini merupakan konfigurasi mikrostrip yang paling banyak digunakan. Patch segiempat lebih mudah dibuat karena bentuknya yang lebih sederhana. Hanya dengan menyisakan metal yang berbentuk segiempat pada proses etching antena ini dapat dibuat. Bentuk dari antena mikrostrip patch segiempat.

c. Rectangular

Salah satu bentuk patch antena microstrip adalah persegi panjang. Bentuk persegi panjang ini juga mempunyai karakteristik panjang serta lebar yang berbeda. Bentuk persegi panjang juga tidak kalah dengan bentuk patch yang lain.

d. Dipole

Sebuah antena persegi panjang dengan bidang yang sempit (lebar bidang biasanya kurang dari $0,05 \lambda_0$) dinamakan mikrostrip dipole, sedangkan antena persegi yang bidangnya lebih luas dinamakan mikrostrip patch. Antena mikrostrip dipole merupakan antena yang populer saat ini dikarenakan bandwidth antena mikrostrip dipole tersebut sangat tinggi dibandingkan dengan antena mikrostrip patch lainnya.

e. Circular

Antena mikrostrip dengan patch circular memiliki performa yang sama dengan antenna mikrostrip patch segiempat. Pada aplikasi tertentu, seperti array, patch circular ini akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan patch yang lainnya. Antena mikrostrip dengan patch circular ini akan lebih mudah dimodifikasi untuk menghasilkan jarak nilai impedansi, pola radiasi, dan frekuensi kerja[6]. Untuk menganalisis antena mikrostrip patch circular ini banyak metode yang diinginkan, termasuk diantaranya dengan menggunakan model rongga (cavity model). Konstruksi antena mikrostrip patch circular ini

f. Circular Ring

Antena mikrostrip circular ring adalah antena dengan bentuk patch lingkaran atau disebut patch circular. Mikrostrip patch circular memiliki performa yang sama dengan antena mikrostrip patch segi empat. Pada aplikasi tertentu, seperti array, patch circular mempunyai keuntungan dibandingkan dengan patch yang lain. Keunggulan mikrostrip circular untuk tinggi substratnya yang kecil

2.4 CST Studio Suite

2.4.1 Pengertian CST Studio Suite

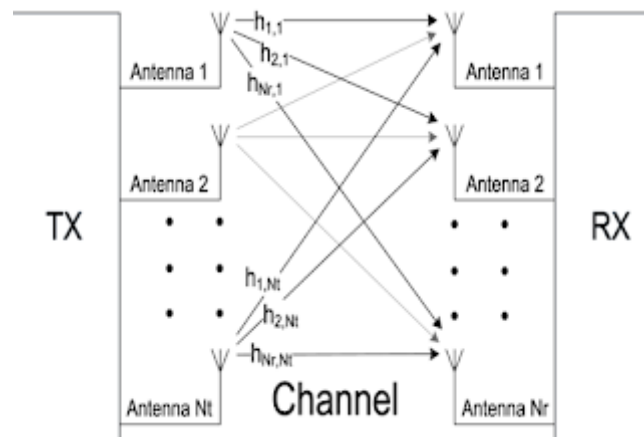
CST STUDIO SUITE adalah paket perangkat lunak yang dapat mensimulasikan dan menyelesaikan semua masalah elektromagnetik mulai dari rekuensi rendah ke microwave dan optik serta termal dan beberapa masalah mekanis. Terdapat 7 menu kerja antara lain:

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. Particle 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.

2.5 Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Multiple Input Multiple Output (MIMO) adalah sistem yang menggunakan multi antenna atau lebih dari satu antenna pada pemancar (*transmitter*) maupun pada penerima (*receiver*) dengan tujuan untuk menjadikan sinyal pantulan sebagai penguat sinyal utama sehingga tidak saling menggagalkan.



Gambar 2.13 Multiple Input Multiple Output

MIMO memungkinkan *transfer rate* yang tinggi karena sinyal dipecah menjadi *multiple lower stream* dan masing-masing aliran (stream) dipancarkan dalam antenna yang berbeda namun tetap dalam satu kanal frekuensi. Teknik transmisi sistem MIMO dapat memanfaatkan keberadaan multipath untuk menciptakan sejumlah kanal ekuivalen yang seolah-olah terpisah satu sama lain, dimana pada kondisi normal keberadaan *multipath*.

Dalam aplikasinya, terdapat dua macam teknik MIMO yang digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel dan bergerak yakni :

2.5.1. Spatial Multiplexing

Teknik pertama yang digunakan dalam sistem MIMO ialah multipleks spasial (*spatial multiplexing*). Pada teknik ini aliran data yang berlaju dengan tinggi dipecah – pecah menjadi sejumlah aliran sesuai dengan jumlah antenna pemancar

masing – masing dengan laju yang lebih rendah dari aliran aslinya. Sebelum aliran data ditransmisikan oleh antena, aliran – aliran data ini dilewatkan pada matriks khusus yang berfungsi menggabungkan sinyal dari semua aliran dengan kombinasi tertentu untuk dipancarkan. Ini merupakan suatu proses multipleks yang berlangsung pada dimensi spasial karena setiap kombinasi data paralel ditujukan ke salah satu antena transmitter. Dengan sistem ini teknik spatial multiplexing memungkinkan mencapai kapasitas kanal yang besar dan juga dapat menambah spectrum efisiensi sehingga menambah kecepatan transmisi data.

2.5.2. *Spatial Diversity*

Jika sebelumnya sinyal data dipecah sesuai dengan jumlah antena di setiap sisinya, lain halnya dengan teknik *spatial diversity*. Pada sistem ini setiap antena pengirim pada sistem MIMO mengirimkan data yang sama secara paralel dengan menggunakan coding yang berbeda pada setiap sinyal yang dikirimkan. Tujuannya ialah untuk mendapatkan kualitas sinyal setinggi mungkin dengan memanfaatkan teknik diversity pada transmitter dan receiver. Peningkatan kualitas sinyal dapat dilihat berdasarkan nilai parameter penguatan diversity (diversity gain), yang nilainya makin meningkat dengan makin besarnya tingkat diversity R , yaitu jumlah antena yang digunakan pada receiver. Penggunaan STC (Space Time Coding) pada sistem MIMO dengan sejumlah T antena transmitter dan R antena receiver menjanjikan tingkat diversity menjadi $T \times R$. Sebagai contoh, dengan 4 antena pada masing – masing sisi, sistem MIMO dengan STC diharapkan mampu menyediakan tingkat diversity yang setara dengan metode konvensional menggunakan 16 antena pada receiver.

2.5.3. Keunggulan MIMO

- Sinyal pantulan (multi path) sebagai penguat sinyal utama sehingga tidak saling menggagalkan.
- Mempercepat koneksi wireless dan memperjauh jarak jangkauan.
- Menghemat penggunaan bandwidth dan peningkatan kapasitas kanal.

2.5.4. Kelemahan MIMO

Selain memiliki banyak kelebihan, MIMO juga memiliki kelemahan, yaitu adanya waktu interval yang menyebabkan adanya sedikit delay pada antena akan mengirimkan sinyal, meskipun pengiriman sinyalnya sendiri lebih cepat. Waktu interval ini terjadi karena adanya proses dimana sistem harus membagi sinyal mengikuti jumlah antena yang dimiliki oleh perangkat MIMO yang jumlahnya lebih dari satu. Secara sederhana MIMO adalah penggunaan multipel antena baik di pemancar (transmitter) dan juga di penerima (receiver) untuk meningkatkan performance telekomunikasi. MIMO sendiri merupakan salah satu bentuk dari Smart Antenna. MIMO digunakan dalam teknologi komunikasi wireless karena mempunyai kemampuan signifikan dalam meningkatkan data throughput tanpa adanya tambahan bandwidth maupun transmit power (daya pemancar).