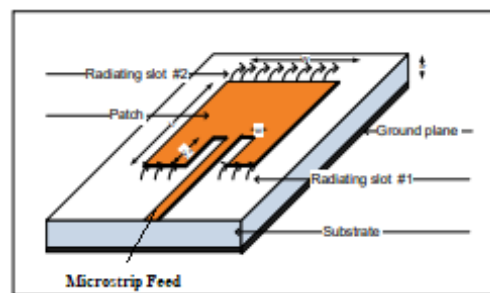


## II.3 Teori Pendukung

Antena merupakan struktur transmisi antara gelombang terbimbing (saluran transmisi) dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya. Sebuah antena merupakan bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara [6]. Berikut beberapa penjelasan mengenai antena mikrostrip, antena mikrostrip *patch* persegi, pencatutan *inset feed* dan mode gelombang.

### II.3.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah salah satu teknologi antena yang dapat dirancang dengan biaya murah, dimensi yang minimalis sehingga dapat diaplikasikan pada perangkat *mobile* [7]. Arah radiasi medan magnetik dari *patch* menuju pada lapisan substrat dengan ketebalan tertentu sampai bidang *groundplane*.



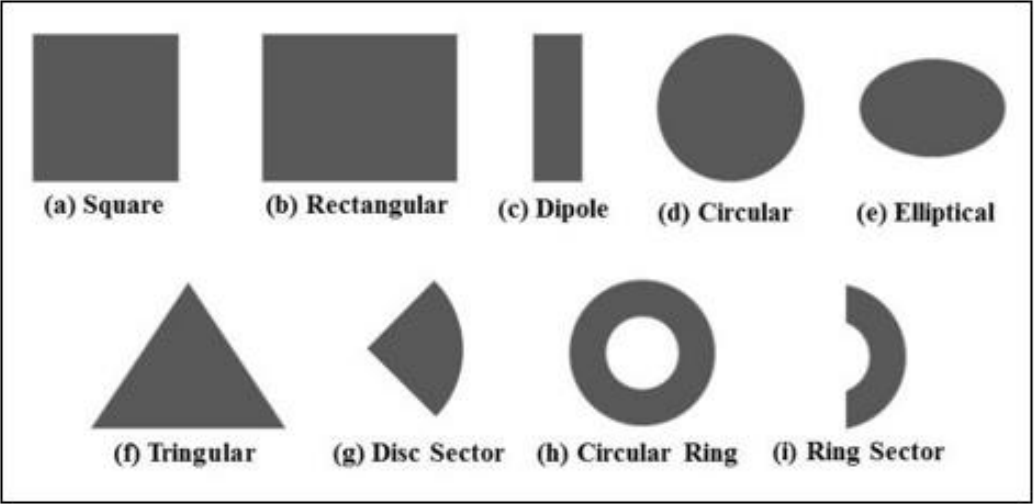
Gambar II-1 Struktur antena mikrostrip

Antena mikrostrip mempunyai kelebihan maupun kekurangan. Kelebihan antena mikrostrip diantaranya mempunyai ukuran yang kecil, ringan, biaya fabrikasi murah, mendukung polarisasi linear maupun sirkular dan dapat bekerja pada dua frekuensi kerja. Adapun kekurangan antena mikrostrip yaitu *bandwidth* yang sempit, efisiensi yang rendah dan timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Terlihat pada Gambar II-1 antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan yaitu *patch*, substrat dielektrik dan *groundplane*. Masing-masing dari lapisan antena mikrostrip ini memiliki fungsi yang berbeda.

#### a) Patch

*Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Material *patch* terbuat dari bahan konduktor seperti emas atau tembaga yang mempunyai berbagai macam bentuk seperti yang terlihat pada Gambar II-2.

Bentuk *patch* sangat berpengaruh pada kinerja dari parameter antenna khususnya pada *bandwidth* suatu antenna. *Patch* biasanya diletakan diatas substrat serta tebal *patch* pun dibuat sangat tipis ( $t \ll \lambda_0$ ; t merupakan ketebalan *patch*).



Gambar II-2 Berbagai macam bentuk *patch*

b) Substrat Dielektrik

Substrat dielektrik terletak pada lapisan antara *ground* dan *patch*. Substrat biasanya mempunyai tinggi (*h*) berkisar antara  $0.002\lambda_0 \leq h \leq 0.005\lambda_0$ . Semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* akan semakin lebar, maka dari itu pemilihan substrat sangat berpengaruh.

Tabel II-3 Bahan Substrat dan permitivitas relatifnya

$\epsilon_r$	Bahan
1.0	<i>Aeroweb (honeycomb)</i>
1.06	<i>Eccofoam PP-4 (flexible low-loss plastic foam sheet)</i>
1.4	<i>Thermoset microwave foam material</i>
2.1	RT Duroid 5880 ( <i>microfiber Teflon glass laminate</i> )
2.32	Polyguide 165 ( <i>polyolefien</i> )

2.52	Fluorglas 6001 1 (PTFE <i>impregnated glass cloth</i> )
2.62	Rexolite 200 ( <i>cross-linked styrene copolymer</i> )
3.20	Schaefer Dielectric Material, PT ( <i>polystyrene with titania filler</i> )
3.5	Kapton film ( <i>copper clad</i> )
3.75	Quartz ( <i>fuzed silica</i> )
4.4	FR-4
6.0	RT Duroid 6006 ( <i>ceramic-loaded PTFE</i> )
9.9	Alumina
10.2	RT Duroid 6010 ( <i>ceramic-loaded PTFE</i> )
11	Sapphire

c) *Groundplane*

*Groundplane* adalah lapisan konduktor yang menutupi seluruh lapisan substrat sehingga medan radiasi akan terpantul keseluruh permukaan substrat dan sebagian menuju ke lapisan udara [9]. Penentuan *groundplane* sangat berpengaruh pada pola radiasi suatu antenna karena dapat mengarahkan dan menutupi *patch* dalam meradiasikan sehingga dimensi *groundplane* sangat perlu diperhatikan saat melakukan desain antenna.

### II.3.2 Parameter Antena

Ada beberapa parameter antenna untuk menggambarkan unjuk kerja suatu antenna, berikut parameter-parameter tersebut :

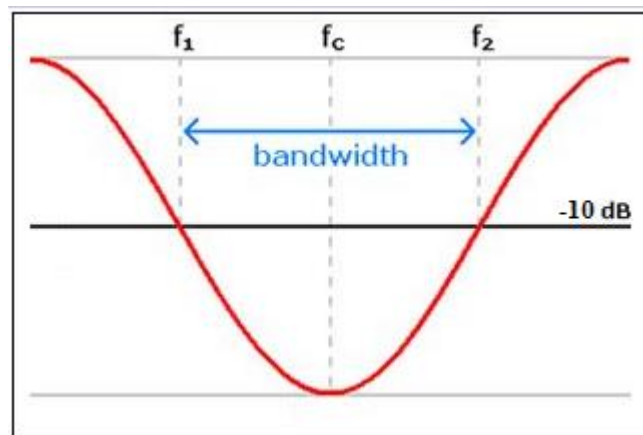
a) *Bandwidth*

*Bandwidth* dapat didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana antenna dapat memancarkan dan menerima energi dengan benar. *Bandwidth* ada beberapa jenis yaitu :

- *Impedance Bandwidth*, merupakan rentang frekuensi yang *patch* antenna nya berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Keadaan ini

terjadi dikarenakan impedansi dari elemen antenna bermacam-macam nilainya tergantung dari besar kecilnya nilai frekuensi.

- *Pattern Bandwidth*, merupakan rentang frekuensi dimana *sidelobe*, *beamwidth* atau *gain* yang bervariasi, agar frekuensi memenuhi nilai tertentu. Penentuan nilai tersebut harus dilakukan sejak awal perancangan antenna agar nilai *bandwidth* dapat dicari.
- *Polarization / axial ratio*, merupakan rentang frekuensi dimana polarisasi (linier atau melingkar).



Gambar II-3 Rentang frekuensi yang menjadi *Bandwidth*

*Bandwidth* dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$Bw = \frac{f_2 + f_1}{f_c} \times 100\% \quad (\text{II-1})$$

Dimana:  $f_2$  = frekuensi tertinggi (MHz)

$f_1$  = frekuensi terendah (MHz)

$f_c$  = frekuensi tengah (MHz)

b) *Return Loss* (RL)

*Return Loss* didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan yang datang atau yang direflesikan dengan tegangan yang keluar[9]. Salah satu parameter ini digunakan untuk mengetahui berapa banyaknya daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Berikut rumus *return loss* :

$$RL (dB) = 10 \log \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (\text{II-2})$$

Atau

$$RL (dB) = -20 \log |\Gamma| \quad (\text{II-3})$$

$$\Gamma = \frac{V(x)_{Pantul}}{V(x)_{Terima}} = \frac{V_-}{V_+} \quad (\text{II-4})$$

Dimana:  $P_{out}$  = Daya output (Watt)

$P_{in}$  = Daya input (Watt)

$\Gamma$  = Koefisien refleksi

c) VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum dengan minimum. Akan timbul daya refleksi pada saluran yang berinterferensi dengan daya maju jika impedansi saluran transmisi tidak sesuai dengan *transceiver*. Interferensi tersebut menghasilkan gelombang berdiri (*standing wave*) yang besarnya tergantung pada daya refleksi. Ada dua komponen gelombang pada saluran transmisi, yaitu tegangan yang dikirimkan dan tegangan yang direfleksikan. Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan tersebut disebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) [8].

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

Dimana:  $Z_0$  = Impedansi beban (Ohm)

$Z_L$  = Impedansi saluran lossless (Ohm)

VSWR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (\text{II-6})$$

d) *Gain* (Penguatan)

*Gain* merupakan perbandingan antara rapat daya persatuan *unit* antenna terhadap rapat daya antenna referensi dalam arah serta daya masukan yang sama [8]. Ada dua jenis parameter penguatan yaitu *absolute gain* adalah perbandingan intensitas radiasi pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang diterima jika daya yang diterima berasal dari antenna isotropik dan *relative gain* merupakan perbandingan antara daya yang diterima pada sebuah arah

dengan daya yang diterima pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. *Gain* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Gain = \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total daya input (diterima)}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (\text{II-7})$$

e) *Directivity*

Pengarahan atau *directicity* merupakan perbandingan antara rapat daya maksimum pada berkas utama terhadap rapat daya rata-rata yang diradiasikan.

f) Permittivitas bahan

Permittivitas bahan merupakan kemampuan suatu material untuk memperoleh suatu medan listrik, dan nilai permittivitas bahan ditentukan oleh kemampuan bahan untuk terpolarisasi sebagai respons dari medan tersebut [23].

g) Impedansi Input

Impedansi input merupakan sebuah perbandingan impedansi pada bagian yang masuk ke terminal antenna dalam kondisi keadaan seimbang dengan impedansi karakteristik dari saluran transmisi. Persamaan impedansi dinyatakan sebagai berikut :

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (\text{II-8})$$

Dimana:  $Z_{in}$  = Input impedansi (Ohm)

$Z_0$  = Impedansi karakteristik (Ohm)

$\Gamma$  = Koefisien refleksi

h) Pola Radiasi

Merupakan pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Ada dua jenis pola radiasi diantaranya : pola radiasi antenna *omnidirectional* dan pola radiasi antenna *unidirectional*.

i) Polarisasi

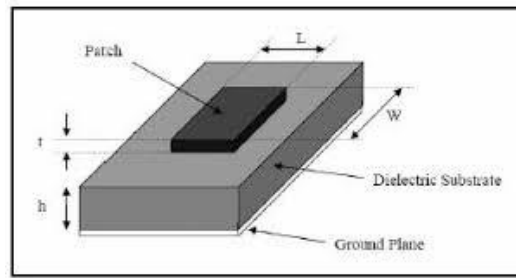
Polarisasi adalah gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu atau dapat juga didefinisikan sebagai arah medan listrik yang diradiasikan oleh antenna. Jika sebelumnya arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah penguatan maksimum.

Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (lingkaran) atau *elliptical* (elips)

### II.3.3 Antena Mikrostrip *patch* persegi panjang

Sebuah *patch* terletak pada permukaan substrat dielektrik. Salah satu bentuk *patch* yang sering digunakan selain lingkaran (*circular*) dan segi tiga (*triangular*) adalah persegi panjang (*rectangle*). Yang terlihat pada Gambar II-3 merupakan struktur sebuah *patch* persegi panjang yang terletak pada permukaan substrat dielektrik. Dengan dimensi ukuran lebar (W), panjang (L) serta ketebalan (t). Dan yang terletak pada lapisan bawah substrat dielektrik merupakan ground. Lebar (W) *patch* persegi panjang dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (\text{II-9})$$



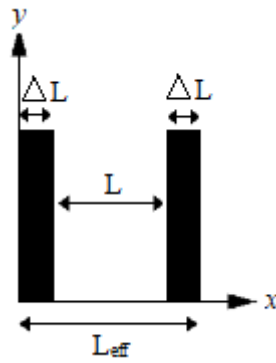
Gambar II-4 Struktur dan patch antena mikrostrip [12]

Pada Gambar II-4 memperlihatkan pertimbangan untuk *fringing effect* disamping tepi peradiasi diperluas dengan menambahkan L. Besarnya  $\Delta L$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta L = 0.412h \left[ \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (\text{II-10})$$

Dimana :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right) \quad (\text{II-11})$$



Gambar II-5 *Fringing effect patch radiator*

Karena panjang antenna bertambah  $2\Delta L$  maka panjang (L) patch persegi panjang diperoleh melalui persamaan sebagai berikut :

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (\text{II-12})$$

Dimana :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (\text{II-13})$$

Keterangan :  $\epsilon_r$  = konstanta dielektrik

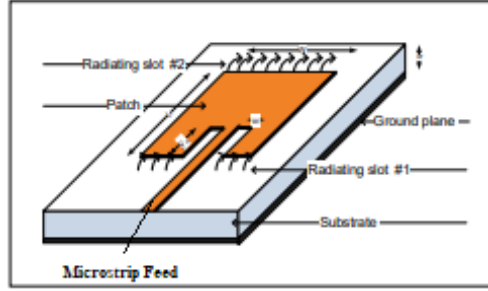
$f_r$  = frekuensi resonansi (Hertz)

$c$  = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s )1

### II.3.4 Pencatuan *inset feed*

Teknik pencatuan merupakan teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antenna mikrostrip. Teknik pencatuan dapat digunakan untuk menghasilkan radiasi. Terdapat dua jenis pencatuan, yaitu metode kontak langsung dan metode tidak langsung. Metode ini dapat menghubungkan langsung antara strip konduktor dengan *patch* maka dari itu metode ini merupakan metode yang paling mudah. Hal ini mudah dimodelkan dan mudah dimodelkan dan mudah di-*matching* dengan mengontrol posisi *inset*. Metode ini juga mempunyai kekurangan yaitu terletak pada substrat, jika ketebalan substrat bertambah maka gelombang permukaan dan radiasi catuan spurious juga bertambah yang mengakibatkan *bandwidth* yang menyempit.





Gambar II-6 Pencatuan *inset feed*

Terlihat pada Gambar II-3 dan Gambar II-4 bahwa pencatuan inset feed terletak pada permukaan substrat dengan lebar  $W_m$  dan panjang  $L_m$ . Tujuan dari pemotongan *patch* membentuk pencatuan *inset* agar menyamakan impedansi *feed line* dengan *patch* [21]. Dengan substrat yang memiliki permitivitas relative  $\epsilon_r$  dan tinggi  $h$ . Salah satu parameter utama yang penting pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya  $Z_0$ . Impedansi karakteristik tersebut ditentukan oleh lebar strip  $W_m$  dan tinggi substrat  $h$ . Lebar strip dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{W}{h} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A}-2} & W/h < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left( \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] & W/h > 2 \end{cases}$$

Dimana :

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \sqrt{\frac{\epsilon_r - 1}{2}} \left( 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

Lebar strip menggunakan persamaan :

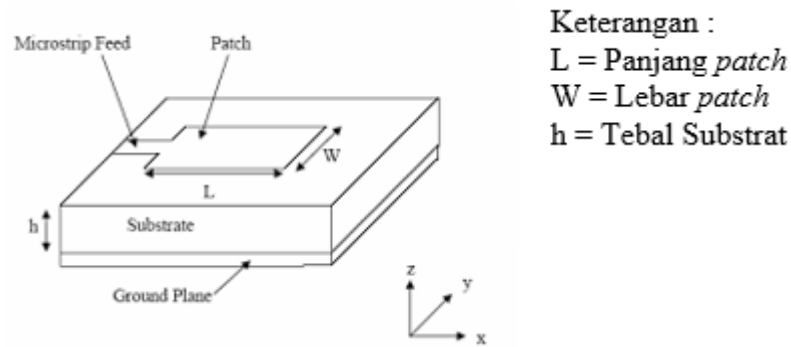
$$W_m = \frac{2h}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left( \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right]$$

**Error! No text of specified style in document.-1 )**

Panjang saluran transformator yang digunakan :

$$L_f = \frac{1}{4} \lambda_g \quad (II-15)$$

$$\text{Dimana : } \lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} ; \quad \lambda_0 = \frac{c}{f}$$



Gambar II-7 Dimensi antenna

Resistansi masukan pada *microstrip line* dapat diubah dengan menambahkan *inset feed*, sebuah celah menjorok dari *microstrip line* ke dalam *patch* [1]. Resistansi masukan ( $R_{in}$ ) mewakili disipasi yang terjadi karena daya yang meninggalkan antenna dan tidak kembali lagi (radiasi) serta karena rugi-rugi ohmic yang terkait dengan panas pada struktur antenna. Akan tetapi pada banyak antenna, rugi ohmic sangat kecil bila dibandingkan dengan rugi-rugi akibat radiasi [9].

Berikut merupakan persamaan resistansi masukan dari *inset feed* :

$$R_{in} = \frac{1}{2(G_1 + G_{12})} \left[ \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) \frac{G_1^2 + B_1^2}{Y_c^2} \sin^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) \frac{B_1}{Y_c} \sin \left( \frac{2\pi}{L} y_0 \right) \right] \quad (\text{II-16})$$

Jika :  $W \leq \lambda_0$       Maka :  $G_1 = \frac{1}{90} \left( \frac{W}{\lambda_0} \right)^2$

$W \geq \lambda_0$        $G_1 = \frac{1}{120} \left( \frac{W}{\lambda_0} \right)^2$

### II.3.5 Persamaan Substrat dan *Ground Plane*

Bentuk Substrat maupun *ground plane* yang dipakai pada tugas akhir ini merupakan persegi. Nilai panjang dan lebar substrat serta *ground plane* ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Panjang Substrat dan *Ground Plane*

$$L_g = 6h + L \quad (\text{II-17})$$

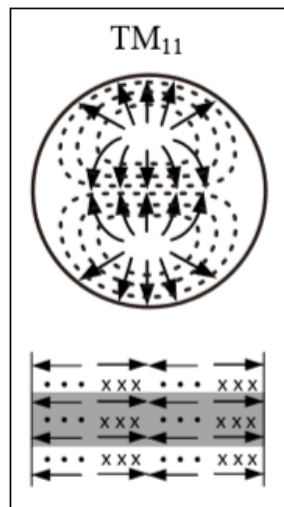
2. Lebar Substrat dan *Ground Plane*

$$W_g = 6h + W \quad (\text{II-18})$$

### II.3.6 Mode Gelombang *Transverse Magnetik* (TM)

Gelombang elektromagnetik yang menajalar dalam bumbung gelombang adalah mode TE (*Transverse Electric*) dan mode TM (*Transverse Magnetik*). Mode Transverse magnetik (TM) adalah tidak ada medan magnet dalam arah perambatan. Seluruh medan magnetik transversal terhadap arah jalur , berarti  $H_z$  berharga nol. Pada praktiknya, dirancang supaya hanya satu mode gelombang yang menjalar. Mode yang tidak menjalar disebut mode *cutoff* dan mode yang diredam disebut mode *evanescent*. Pada kedua mode tersebut, daya gelombang tidak hilang, tapi disimpan di sekitar diskontinuitas dalam bentuk energi listrik dan energi magnetik [13].

Pada penulisan karya ilmiah ini penulis menggunakan  $TM_{11}$  sebagai mode gelombang. Karena mode gelombang ini tidak terlalu rumit dalam pengaplikasian nya, terdapat dua arah polarisasi dari medan listrik maksimum yang dapat mempengaruhi nilai permitivitas *host* material [23].



Gambar II-8 Mode Gelombang Transverse Magnetik  $TM_{11}$

### II.3.7 MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

MIMO atau (*multiple input multiple output*) sesuai dengan namanya, untuk membantu meningkatkan kemampuan komunikasi antenna ini menggunakan multiple antenna pada transmitter (Tx) dan receiver (Rx). Antena MIMO ini mampu meningkatkan *throughput* data dan jangkauan komunikasi tanpa *bandwidth* frekuensi dan daya pancar yang lebih besar. Antena penerima akan menerima sinyal

yang dikirimkan oleh antena pengirim setelah sinyal tersebut dikalikan dengan suatu matriks kanal [14].

### **II.3.8 Aplikasi LTE (*Long Term Evolution*)**

Aplikasi LTE ini merupakan sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. *Long term evolution* menggunakan OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) untuk mentransmisikan data melalui banyak operator spektrum radio yang masing-masingnya sebesar 180 kHz. Transmisi data pada LTE baik dalam arah uplink/downlink dikontrol oleh jaringan [15].

Teknologi LTE (*Long Term Evolution*) menggunakan teknik MIMO karena teknologi ini membutuhkan antena tambahan pada pancaran pangkalan jaringan untuk transmisi data. Akibatnya jika terjadi pembaharuan jaringan maka pengguna perlu membeli mobile device baru guna menggunakan infrastruktur jaringan yang baru.