

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 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, 2017 : 18 )

Antena adalah 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 dangain. Panjang antena secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya. Antena dipol 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 energielektromagnetik ke udara/ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (penerima energy 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. (Surjati, 2010 : 15)

### 2.1.1 Parameter-parameter Antena

#### a. Return Loss

*Return loss* adalah perbandingan antara gelombang amplitudo yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*miss matched*), besarnya return loss bervariasi tergantung pada frekuensi. (Surjati, 2010 : 15)

$$\Gamma = \frac{V_{0^-}}{V_{0^+}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Dengan : return loss =  $20 \log_{10} |\Gamma|$

Nilai *return loss* yang biasa digunakan adalah di bawah -9,54 dB, untuk menentukan lebar *bandwidth*, sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini digunakan sebagai salah satu acuan apakah antena sudah bekerja pada frekuensi yang sesuai atau tidak.

#### b. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR merupakan 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 koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ). (Surjati, 2010 : 17)

$$\Gamma = \frac{V_{0^-}}{V_{0^+}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Dimana  $Z_L$  adalah impedansi beban (*load*) dan  $Z_0$  adalah impedansi saluran *lossless*.

Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk dari beberapa kasus sederhana, ketika bagian imajiner dari  $\Gamma$  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 dan rangkaian terbuka.

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah :

$$S = \frac{|\bar{V}|_{max}}{|\bar{V}|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ( $S=1$ ) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran berada dalam keadaan *matching* sempurna. Namun pada kenyataannya nilai tersebut sulit didapatkan sehingga nilai dasar VSWR yang digunakan pada antena umumnya  $\leq 2$ .

### c. Impedansi Masukan

Impedansi masukan adalah perbandingan antara tegangan dengan arus. Impedansi masukan suatu antena dapat dilihat sebagai impedansi dari antena tersebut pada terminalnya. Impedansi masukan ( $Z_{in}$ ) terdiri dari bagian real ( $R_{in}$ ) dan imajiner ( $X_{in}$ ) dan dapat dituliskan sebagai berikut : (Surjati, 2010 : 18)

$$Z_{in} = R_{in} + X_{in} \Omega$$

Resistansi masukan ( $R_{in}$ ) mewakili disipasi yang terjadi karena dua hal. Pertama karena daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali lagi (radiasi), yang kedua karena rugi-rugi ohmic yang terkait dengan panas pada struktur antena. Namun pada banyak antena, rugi-rugi ohmic sangat kecil bila dibandingkan dengan rugi-rugi akibat radiasi.

Komponen imajiner ( $X_{in}$ ) mewakili reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena. Kondisi matching harus sedemikian rupa sehingga mendekati  $50+j0 \Omega$ .

#### **d. Bandwidth Antena**

*Bandwidth* antena adalah rentang frekuensi dimana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola radiasi, *bandwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar. Dalam menentukan *bandwidth* antena perlu memspesifikasikan kriteria apa saja yang digunakan karena tidak ada definisi baku dalam menentukan *bandwidth*.

*Bandwidth* merupakan besar rentang frekuensi kerja dari suatu antena. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila

*Bandwidth* antena biasanya ditulis dalam bentuk persentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi dan dirumuskan : (Surjati, 2010 : 18)

$$\mathbf{BW} = \frac{f_h - f_t}{f_c} \times 100 \%$$

Dimana,  $f_h$  : frekuensi tertinggi dalam band (Ghz)

$f_1$  : frekuensi terendah dalam band (Ghz)

$f_c$  : frekuensi tengah dalam band (Ghz)

### e. Penguatan (*Gain*)

Gain (*directive gain*) adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Gain antena juga dapat didefinisikan sebagai ukuran keberarahan sebuah antena dimana gain antena sebagai keluaran daya pada arah tertentu. Gain bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk gain adalah desibel. Gain dari sebuah antena adalah kualitas nyata yang besarnya lebih kecil dari pada penguatan antena tersebut yang dapat dinyatakan dengan persamaan : (Niko Siagian, 2012 : 2).

$$G = k \cdot D_{\max}$$

Dimana :

$k$  = efisiensi antena,  $0 \leq k \leq 1$

Ada 2 jenis parameter 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 antena ( $P_{in}$ ) dibagi dengan  $4\pi$ . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus : (Surjati, 2010 : 21)

$$\text{Gain} = 4\pi \frac{\text{Intensitas radiasi pada arah tertentu}}{\text{Intensitas radiasi yang diterima}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{p_{in}}$$

Sedangkan *relative gain* didefinisikan 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. Akan tetapi, antena referensi merupakan sumber isotropik yang lossless ( $P_{in}(\text{lossless})$ ), yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Adapun persamaan lain yang digunakan untuk menentukan gain antenna :

$$GAUT = P1 (Rx) - P2 (Tx) + Pr f g$$

Dengan :

GAUT : Gain antenna yang diuji

P1 (Rx) : Level daya saat AUT menjadi penerima

P2 (Tx) : Level daya saat antenna referensi menjadi penerima

Pr f g : Antena referensi yang digunakan

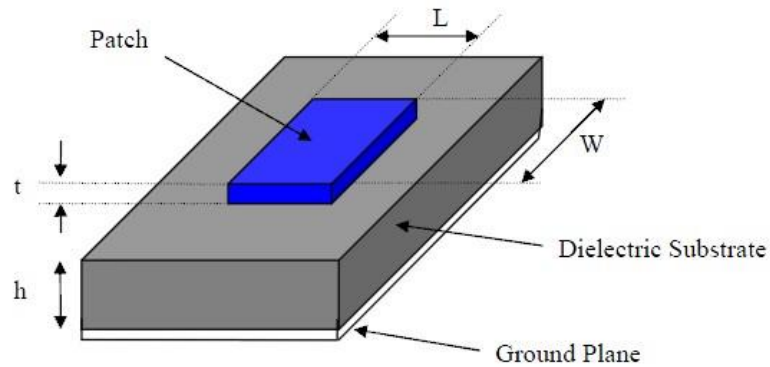
#### f. Pola Radiasi

Pola radiasi adalah fungsi matematika atau representasi grafik dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi ruang. Sifat radiasi tersebut meliputi kerapatan flux, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting adalah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan antenna. (Surjati, 2010 : 23)

### 2.2 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. Antena mikrostrip merupakan antenna yang memiliki massa ringan, mudah untuk dipabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antenna jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antenna mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antenna mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan

yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi rendah. (Darsono, 2008: 89).



Gambar 2.1 Struktur antenna mikrostrip

Pada Gambar 2.12 antenna mikrostrip mempunyai struktur dari tiga lapisan yaitu :

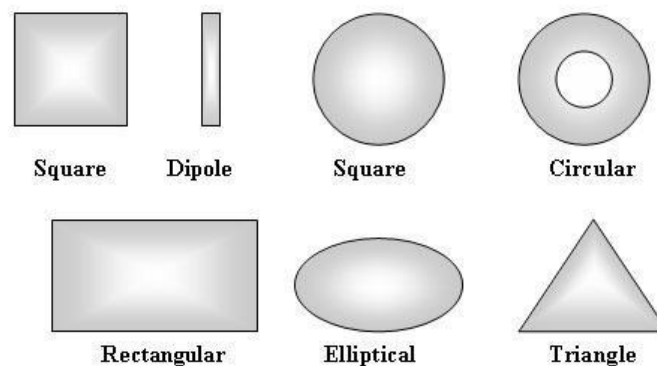
1. *Patch* bagian yang terletak paling atas dari antenna dan terbuat dari bahan konduktor dengan ketebalan ( $t$ ) yang biasanya dibuat sangat tipis, ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik keudara. *Patch* dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang, segitiga dsb. Umumnya *patch* terbuat dari logam konduktor seperti tembaga atau emas dengan bentuk yang bervariasi.
2. Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnet dari sistem pencatuan dengan ketebalan ( $h$ ) antara  $0.003\lambda_0 - 0.05\lambda_0$ . Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antenna. Ketebalan substrat berpengaruh pada *bandwidth* dari antenna.
3. *Groundplane* yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

Teknologi mikrostrip tidak lepas dari perkembangan teknologi substrat itu sendiri. Sebagai material dielektrikum yang digunakan untuk saluran transmisi gelombang mikro tetapi juga antenna. Untuk substrat komersial yang tersedia

umumnya memiliki dua data ukuran propertifisik,yaitu : konstanta dielektrik atau permitivitas( $\epsilon_r$ ) dan *loss tangent* atau faktor disipasi( $\tan\delta$ ). Pada rancang bangun ini jenis substrat yang digunakan FR-lossy dengan ketebalan 1.6mm

### 2.2.1 Antena Mikrostrip Patch

Sebuah antena mikrostrip *patch* terdiri dari sebuah *patch* berbentuk planar ataupun non-planar pada satu sisi substrat dielektrik dan *groundplane* pada sisi lainnya. Ada beberapa model *patch* antena yang dapat digunakan didalam merancang suatu antena mikrostrip dan lebih mudah dianalisa, yaitu bujur sangkar, persegi panjang,lingkaran,segitiga samasisi,lingkaran dan elips. Adapun model-model antena mikrostrip terlihat pada Gambar2.13.(Fitri, 2008 :5)



Gambar 2.2Jenis-jenis antena mikrostrip <sup>[11]</sup>

Bentuk rancangan dari *patch* antena dalam perancangan ini menggunakan model bujur sangkar didasarkan ukuran yang lebih kecil dan fleksibel dalam penempatan posisi. Sebuah peradiasi bujur sangkar terdiri dari empat buah sisi dengan masing-masing memiliki ukuran yang sama.

### 2.3 Teknik Pencatuan

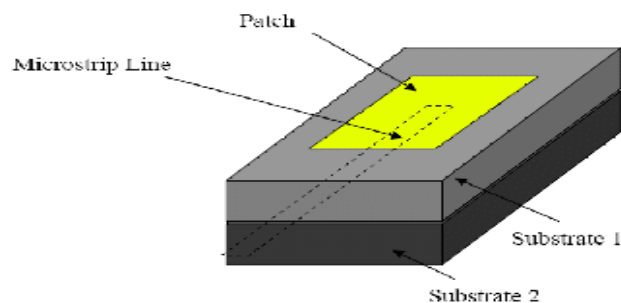
Teknik pencatuan pada antena mikrostrip adalah teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip) dan teknik pencatuan merupakan salah satu hal penting dalam menentukan proses perancangan antena mikrostrip. Masing-



Masing teknik mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing.(Fitri, 2008 : 10)

### 1. *Electromagnetically Coupled (EMC)*

Salah satu kelemahan antenna mikrostrip adalah *bandwidth* yang sempit. Banyak cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan ini, antara lain dengan menggunakan substrat yang tebal, dengan menambahkan parasitic agar mendapat tanggapan resonansi ganda. Kemudian dengan menggunakan saluran mikrostrip yang dikopel secara *proximity* pada *patch* yang terletak pada lapisan di atas saluran. Dengan posisi saluran catu di atas patch, maka saluran tersebut dapat dibawa ke bagian bawah antenna, sehingga ada dua substrat yang digunakan pada teknik ini yang berada diatas bidang petanahan , dengan menghilangkan bidang pentanahan pada substrat yang berada di atas. Geometri antenna mikrostrip menggunakan saluran mikrostrip yang dikopel secara *proximity* .



Gambar 2.3 *Electromagnetically coupled*

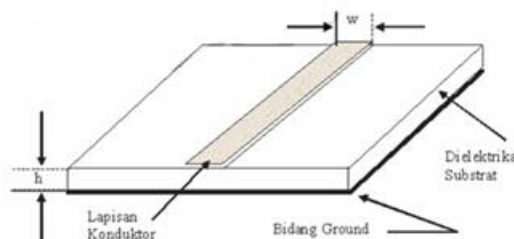
Dua substrat dielektrik akan digunakan jika teknik pencatutan ini diterapkan. Saluran pencatut terletak diantara dua substrat tersebut dan elemen peradiasi tereletak pada substrat bagian atas. Keuntungan utama dari teknik pencatutan ini adalah dapat mengeliminasi radiasi pada elemen pencatut (*spurious feed radiation*) dan mampu menghasilkan *bandwidth* yang tinggi (13%), karena meningkatkan ketebalan pada *patch* antenna. Pada teknik ini dapat digunakan dua substrat dielektrik yang

berbeda (ketebalan dan konstanta dielektrik substrat), satu untuk elemen peradiasi dan satu substrat lainnya untuk saluran pencatu.

Substrat bagian atas (*upper substrate*) yaitu substrat dimana antenna membutuhkan substrat yang relatif lebih tebal dengan nilai konstanta dielektrik yang relatif kecil. Hal tersebut meningkatkan bandwidth dan performa radiasi dari antena. Substrat bagian bawah yaitu substrat dengan saluran pencatu membutuhkan substrat yang tipis dengan konstanta dielektrik yang relatif lebih tinggi dari substrat pada bagian atas. (Fitri, 2008 : 11)

## 2. Microstrip Feeding

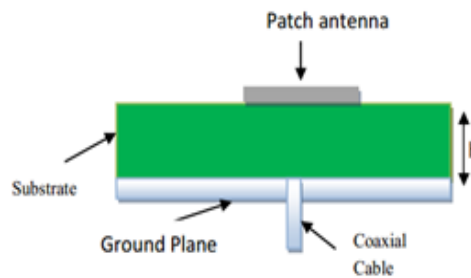
Saluran transmisi mikrostrip tersusun dari dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dengan lebar  $w$  dan bidang pentanahan, keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitivitas relatif  $\epsilon_r$  dengan tinggi  $h$ . Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya  $Z_0$ . Impedansi karakteristik  $Z_0$  dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar strip ( $w$ ) dan tinggi substrat ( $h$ ). (Fitri, 2008 : 12)



Gambar 2.4 Saluran Mikrostrip

## 3. Coaxial Feeding

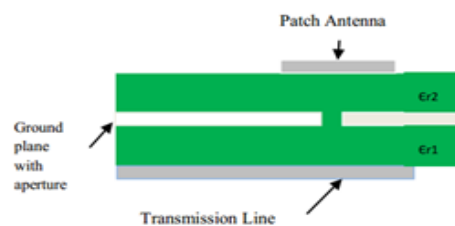
Coaxial feeding merupakan salah satu teknik pencatuan yang mana konduktor dalam coaxialnya disematkan pada elemen peradiasi yang konduktor luarnya terhubung dengan ground plane. Keuntungan menggunakan coaxial feeding adalah pembuatan yang mudah, mudah dimatchingkan, dan kerugiannya bandwidthnya sempit serta sulit dimodelkan ketika substratnya sempit. (Fitri, 2008 : 12)



Gambar 2.5 Coaxial Feeding

#### 4. Aperture Feeding

Dalam teknik ini, Saluran transmisi dipisahkan dari antena menggunakan sebuah plat konduktor yang mempunyai aperture untuk melewatkan energi ke antena. Substrate yang diatas dapat dibuat dengan permitivitas yang lebih rendah dari yang dibawah untuk menghasilkan radiasi yang lebih baik. Kerugiannya adalah sulit untuk disusun/dibuat. (Fitri, 2008 : 12)



Gambar 2.6 Aperture Feeding

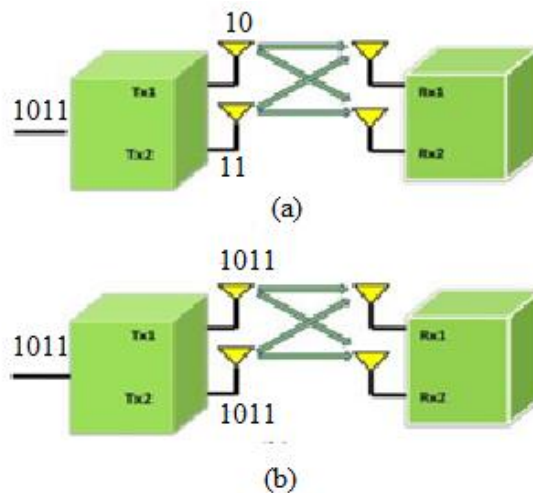
## 2.5 Antena Multiple Input Multiple Output (MIMO)

### 1. Teknologi MIMO

Teknologi ini kali pertama diperkenalkan oleh seorang ahli dari Bell Laboratories pada tahun 1984. MIMO sendiri merupakan salah satu bentuk dari Smart Antenna. MIMO bekerja di dalam sistem komunikasi wireless digital. Pada sistem komunikasi tersebut gelombang yang dihasilkan akan terpantul melalui berbagai jalur atau biasa disebut multipath. Sinyal pantulan dan sinyal yang berjalan

lurus akan bersifat saling menggagalkan saat sampai di sisi penerima. MIMO menggunakan sistem yang berbeda yakni dengan menggunakan antenna lebih dari satu untuk penerima dan pengirimnya (diversity). Tidak seperti sistem antenna konvensional yang sangat rentan dengan multipath, sistem MIMO justru sangat baik untuk meningkatkan data rate dalam range yang lebih besar tanpa membutuhkan bandwidth atau daya yang lebih besar.

Dengan adanya teknologi ini sistem kerja akan lebih baik dibandingkan dengan sistem teknologi SISO (Single Output Single Input). Transmisi dengan teknik MIMO mendukung konfigurasi dua atau empat antenna pengirim dan dua atau empat antenna penerima. Konfigurasi MIMO yang mungkin pada arah downlink adalah MIMO 2x2, MIMO 2x4, MIMO 4x2, dan MIMO 4x4. Akan tetapi UE dengan 4 antenna penerima yang dibutuhkan untuk konfigurasi MIMO 4x4 hingga saat ini masih belum diimplementasikan. Gambar dibawah ini menunjukkan konsep MIMO [11].



**Gambar 2.7 Konfigurasi MIMO. (a) *Spatial Multiplexing*, (b) *Transmit Diversity*<sup>[7]</sup>**

Pada umumnya teknik MIMO terdiri atas teknik *spatial multiplexing* dan *transmit diversity* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Teknik *spatial multiplexing* mengirim dua data yang berbeda pada masing-masing antenna pemancar

seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 (a), sedangkan teknik *transmit diversity* mengirim dua data yang sama pada masing-masing antena pemancar seperti pada Gambar 2.2 (b). Masing-masing teknik ini memiliki keuntungan tersendiri tergantung dari *scenario* yang ada. Misalnya, pada beban jaringan yang tinggi atau pada tepi sel lebih cocok menggunakan teknik *transmit diversity*. Dan pada kondisi sel kecil dengan kondisi SNR tinggi, *special multiplexing* lebih baik digunakan untuk memberikan *bit rate* yang tinggi [7].

Prinsip kerja dari MIMO, sistem radio lama, tidak bisa melakukan apa-apa untuk memerangi inferensi multipath, mengandalkan sinyal utama sebagai kekuatan utama :

1. Sebaliknya MIMO mengambil keuntungan dari propagasi multipath (*direct* dan *reflected* sinyal).
2. MIMO menggunakan beberapa antena untuk mengirimkan beberapa sinyal paralel.
3. Di lingkungan perkotaan, sinyal akan terpental pohon, bangunan tinggi dan mencapai penerima melalui berbagai *patch*
4. MIMO meningkatkan jangkauan, throughput dan keandalan.

Salah satu teknologi mendasar yang diperkenalkan bersamaan saat rilis LTE adalah *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), sistem ini termasuk bagian dari *spatial multiplexing* serta sebagai *pra-coding* dan *transmit diversity*. Prinsip dasar *spatial multiplexing* adalah mengirim sinyal dari dua atau lebih antena yang berbeda dengan aliran data yang berbeda dan dengan pemrosesan sinyal, yang berarti di penerima terjadi proses memisahkan aliran data, sehingga mampu meningkatkan data dengan faktor 2 (konfigurasi 2-by-2 antena) atau faktor 4 (konfigurasi 4-by-4 antena). Dalam *pra-coding* sinyal ditransmisikan dari antena yang berbeda yang dititikberatkan untuk memaksimalkan sinyal yang diterima dibanding noise atau

*Signal to Noise Ratio (SNR)*. *Transmit diversity* mengandalkan mengirimkan sinyal yang sama dari *multiple antenna* dengan beberapa coding untuk mengeksploitasi peningkatan dari *independent fading* antara antena.

Penggunaan MIMO telah dimasukkan sebelumnya dalam spesifikasi WCDMA, namun operasinya sedikit berbeda dengan LTE karena WCDMA menggunakan operasi penyebaran spektrum sehingga tidak efektif. Secara alami OFDMA cocok untuk operasi MIMO. Kesuksesan operasi MIMO membutuhkan SNR yang cukup tinggi, oleh karena itu dengan sistem OFDMA itu bisa mendapatkan keuntungan yaitu SNR tinggi yang dapat dicapai. (Widiyanto dkk 2012).