

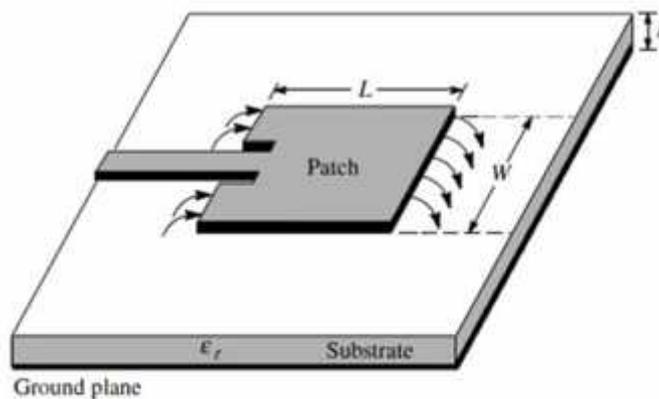
## BAB II

### TEORI DASAR ANTENA MIKROSTRIP

#### 2.1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik seperti yang terlihat pada Gambar.2.1. 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. [7]



Gambar 2.1. Struktur Antena *Microstrip* [1]

Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah *conducting patch*, substrat dielektrik, dan *groundplane*. Masing-masing dari bagian ini memiliki fungsi yang berbeda.

a. *Conducting patch,*

*Patch* ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara, terletak paling atas dari keseluruhan sistem antenna. *Patch* terbuat dari bahan konduktor, misal tembaga. Bentuk *patch* bisa bermacam-macam, lingkaran, *rectangular*, segitiga, ataupun bentuk *circular ring*. Bentuk *patch* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.

b. 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*).

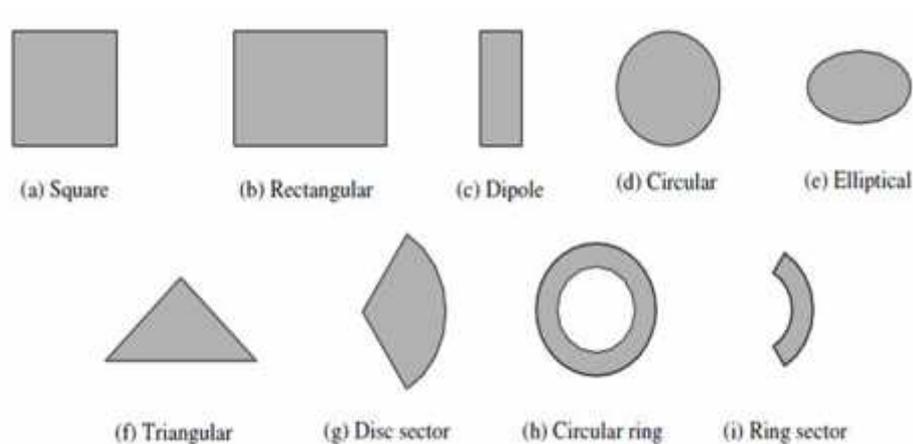
c. *Ground plane.*

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

Bentuk konduktor bisa bermacam-macam tetapi yang pada umumnya digunakan adalah berbentuk persegi empat dan lingkaran karena bisa lebih mudah dianalisis. Adapun jenis-jenis antenna mikrostrip terlihat pada Gambar 2.2.

Antena mikrostrip adalah salah satu jenis antena *wireless* yang paling populer digunakan saat ini. Ada beberapa alasan kenapa antena mikrostrip sangat terkenal[3]:

- 1) Sangat mudah difabrikasi,
- 2) Selaras dengan permukaan *nonplanar*,
- 3) Sangat murah karena hanya dengan menggunakan papan cetak sirkuit,
- 4) Fleksibel sehingga menghasilkan berbagai macam pola dan polarisasi yang berbeda,
- 5) Strukturnya sangat kuat.



Gambar 2.2. Jenis - jenis Antena *Microstrip* [1]

## 2.2 Elemen Peradiasi Antena

Peradiasi atau *patch* radiator merupakan komponen utama dari suatu antena mikrostrip, dimana pola propagasi gelombang elektromagnetik akan dipancarkan pada ruang bebas atau udara. Ada beberapa model *patch* antena yang dapat digunakan pada ruang bebas. Secara keseluruhan dari beberapa bentuk elemen radiator antena mikrostrip dapat dikategorikan menjadi empat bagian, yaitu mikrostrip

*patch* antena, mikrostrip *dipole*, *printed slot* antena, dan mikrostrip *traveling-wave* antena [4].

### **2.2.1 Microstrip Patch Antena**

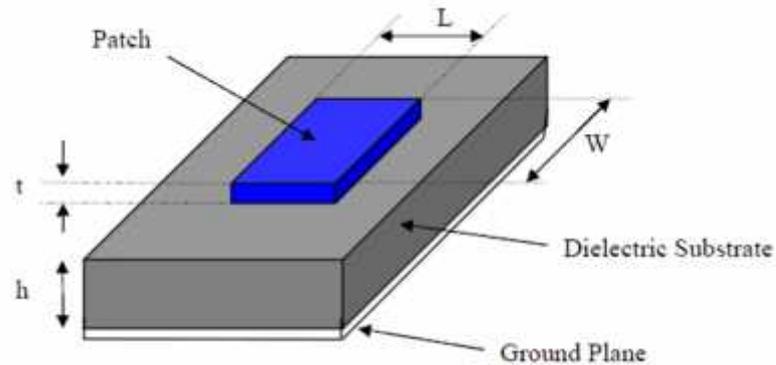
Sebuah *patch* antena mikrostrip terdiri dari sebuah *patch* dengan bentuk geometri planar pada satu sisi substrat dielektrik, serta bagian pentanahan (*grounding*) pada sisi yang lain. Terdapat banyak pola *patch* untuk antena mikrostrip, namun pada dasarnya bentuk konfigurasi *patch* yang dapat digunakan di dalam merancang suatu antena mikrostrip seperti bujur sangkar, persegi empat, ring dan *ellips*.

#### **2.2.1.1 Patch Persegi Panjang**

Perancangan sebuah *patch* peradiasi dari sebuah antena mikrostrip dibuat pada sisi permukaan lapisan atas dari dielektrik *substrate*. Salah satu bentuk umum dari *patch* peradiasi adalah persegi panjang, disamping bentuk lingkaran (*circular*) dan segi tiga (*triangular*).

Gambar 2.3 memperlihatkan struktur sebuah *patch* dari antena mikrostrip pada lapisan permukaan dielektrik *substrate* dengan ketebalan ( $h$ ), dimana *patch* persegi panjang dengan dimensi ukuran panjang ( $L$ ) dan lebar ( $W$ ) dengan ketebalan ( $t$ ) konduktor *patch*. Pada sisi lapisan bawah konduktor dijadikan sebagai bidang *ground*.

Bentuk struktur dari *patch* persegi panjang terhadap frekuensi resonansi ( $f_r$ ) dipengaruhi oleh mode dominan propagasi gelombang *transverse magnetic* (TM)  $mn$ , dimana  $m$  dan  $n$  mode orde. Sehingga dimensi *patch* persegi panjang diperoleh melalui persamaan:



Gambar 2.3. Struktur dan *patch* antena mikrostrip

$$f_r = \frac{c}{2\sqrt{v_r}} \left[ \left( \frac{m}{L} \right)^2 + \left( \frac{n}{W} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana  $f_r$  adalah frekuensi resonansi dalam Hertz,  $v_r$  adalah konstanta dielektrik efektif dan  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s). Untuk mode dominan  $TM_{10}$ , maka panjang sisi ( $L$ ) *patch* persegi panjang diperoleh melalui persamaan:

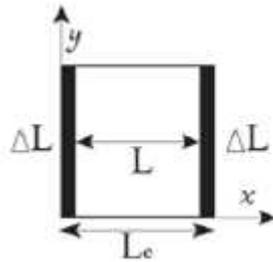
$$L_{10} = \frac{c}{2f_r\sqrt{v_r}} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk sisi panjang efektif *patch* bujur sangkar dengan pertimbangan terhadap efek *fringing* pada sisi tepi peradiasi diperluas dengan menambahkan  $L$  seperti yang terlihat pada gambar 4. Besarnya  $L$  dapat diperhitungkan dengan persamaan:

$$\Delta L = 0,412h \left[ \frac{(v_{eff} + 0,3) \left( \frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(v_{eff} - 0,258) \left( \frac{w}{h} + 0,8 \right)} \right] \dots\dots\dots (3)$$

Dimana

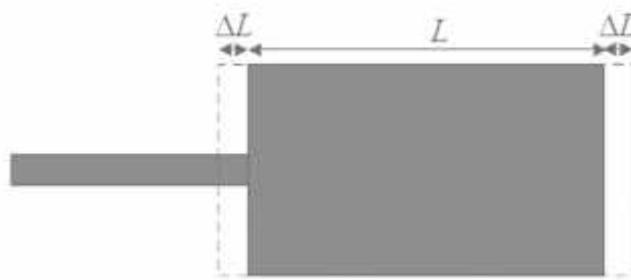
$$v_{eff} = \frac{v_r + 1}{2} + \frac{v_r - 1}{2} \left( \frac{1 + 12h}{W} \right)^{-1/2} \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 2.4. Efek *fringing patch radiator*

Sehingga panjang efektif untuk sisi *patch* bujur sangkar diperoleh melalui persamaan:

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \dots\dots\dots (5)$$



Gambar 2.5. *Patch* bujur sangkar

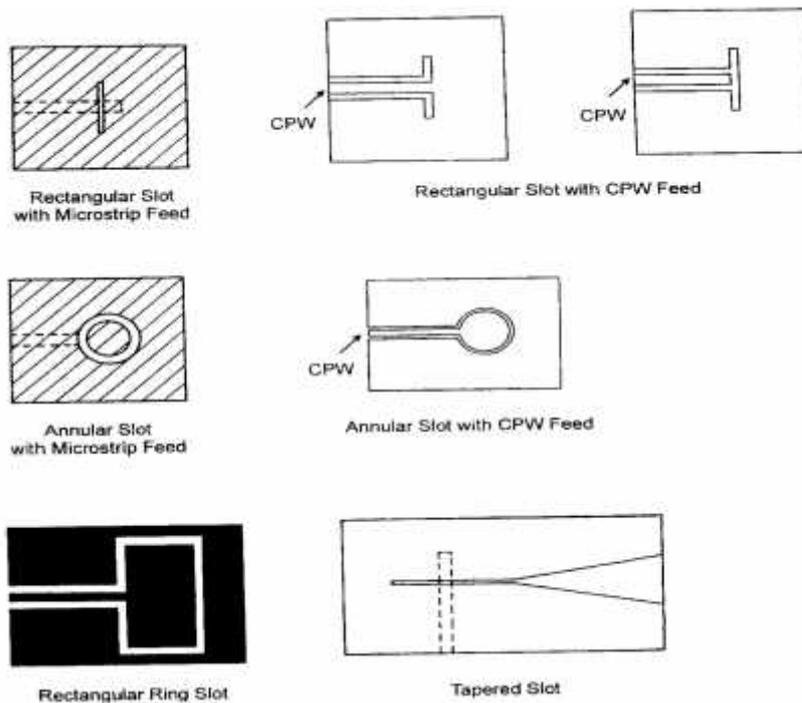
### 2.2.2 *Microstrip Dipole Antena*

*Microstrip dipole* memiliki geometris yang berbeda dari *patch* antena persegi panjang pada ukuran dimensinya. Lebar antena dipol biasanya kurang dari  $0.05 \lambda_0$ . Antena tipe ini sangat cocok untuk frekuensi yang lebih tinggi dengan substrat elektrik yang tebal sehingga dapat mencapai *bandwidth* besar, penentuan pemilihan mekanisme pencatuan juga bagian yang sangat penting sebagai bagian analisis.

### 2.2.3 *Printed Slot Antena*

Antena ini merupakan bentuk modifikasi dari geometri dasar *microstrip patch antena*, secara teoritis, sebagian besar bentuk *microstrip patch* dapat

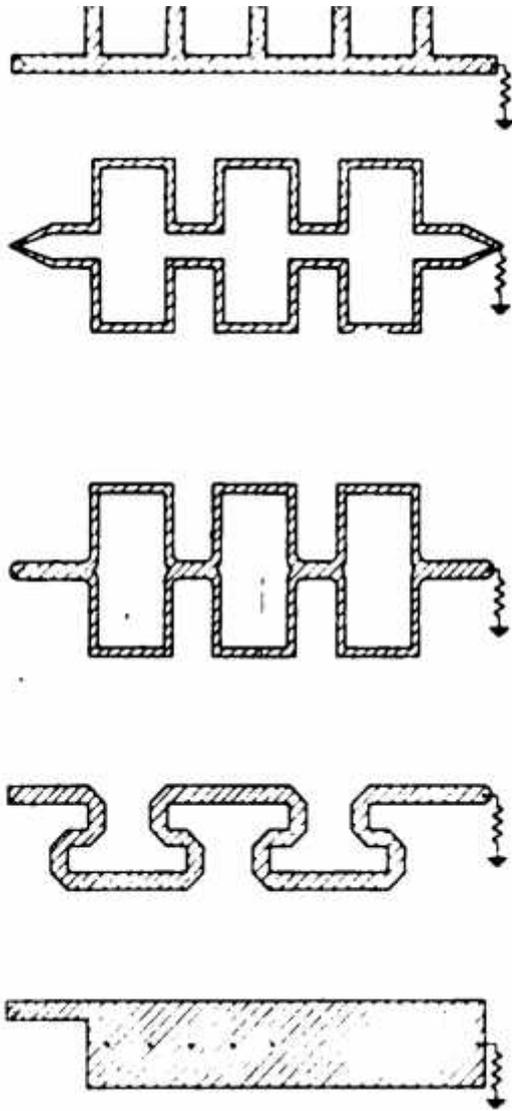
direalisasikan dalam bentuk *slot*. Seperti halnya patch antenna mikrostrip, antenna slot dapat diberikan pencatuan baik oleh saluran *microstrip* atau *coplanar waveguide*. Beberapa bentuk dasar antenna slot dapat dilihat seperti pada gambar 2.5 dibawah berikut ini.



Gambar 2.6. Bentuk dasar antenna slot

#### 2.2.4 *Microstrip Travelling Wave Antenna*

Sebuah antenna *microstrip travelling-wave (MTA)* dapat terdiri dari bentuk susunan patch konduktor atau garis mikrostrip yang cukup panjang untuk mendukung mode *transverse electric TE*. Ujung lain dari antenna *traveling-wave* diakhiri dalam beban resistif, teknik ini digunakan untuk menghindari gelombang berdiri pada antenna. MTA dapat dibentuk sedemikian rupa dengan bentuk susunan *patch* di segala arah, contoh bentuk antenna ini seperti terlihat dalam gambar 2.6.



Gambar 2.7. Contoh Bentuk *Microstrip Traveling-Wave Antena*

## 2.3 Teknik Pencatuan Saluran Transmisi Mikrostrip

Teknik pencatuan digunakan untuk menghasilkan radiasi baik dengan kontak langsung maupun tidak langsung[7] adalah salah satu metode yang paling mudah untuk dibuat karena hanya menghubungkan *strip* konduktor kepada *patch* dan oleh karena itu dapat dianggap sebagai *patch* tambahan[12].

Hal ini mudah dimodelkan dan mudah di-*matching* dengan mengontrol posisi *inset*. Bagaimana kerugian metode ini adalah dengan bertambahnya ketebalan substrat, gelombang permukaan dan radiasi catuan spurious juga bertambah yang mengakibatkan *bandwidth* nya juga menyempit.

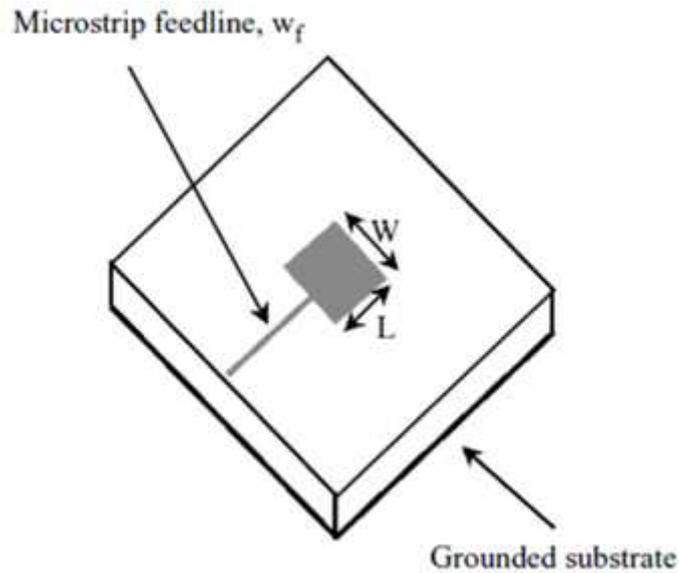
Antena *patch* mikrostrip dapat diberikan saluran dengan berbagai metode. Metode ini dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori yaitu kontak langsung dan tidak kontak langsung. Dalam kategori kontak langsung, daya RF disalurkan langsung ke *patch* menggunakan elemen penyambung seperti mikrostrip *line*.

Dalam skema saluran yang tidak kontak langsung yaitu pengkoplingan medan elektromagnetik dilakukan untuk men-*transfer* daya antara mikrostrip *line* dan *patch* yang diradiasi.

Empat teknik yang paling populer digunakan adalah mikrostrip *line*, probe koaksial (untuk dua kategori metode saluran), kopling *aperture* dan kedekatan pengkoplingan (untuk dua kategori yang tidak kontak langsung).

### 2.3.1 *Microstrip Feed line*

Pada jenis saluran ini, sebuah garis langsung terhubung ke tepi dari *patch* mikrostrip seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Saluran strip tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran *patch* dan dalam hal ini saluran dapat dibuat satu sket dengan substrate yang sama dan teknik ini disebut struktur planar.



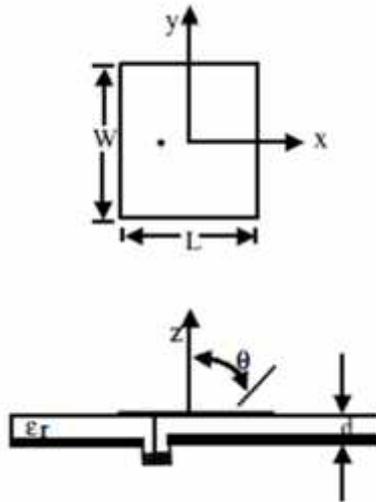
Gambar 2.8. Skema pencatuan *microstrip line*

Tujuan dari penyisipan cut-in dalam patch ini adalah untuk mencocokkan impedansi dari saluran terhadap patch tanpa memerlukan penambahan elemen matching lainnya. Hal ini dapat dicapai dengan benar dengan melakukan kontrol yang tepat pada posisi penyisipan.

Maka hal ini merupakan skema pembuatan saluran yang mudah, karena memberikan kemudahan fabrikasi dan kesederhanaan dalam pemodelan serta pencocokkan impedansi. Namun dengan ketebalan dielektrik substrat yang digunakan, gelombang permukaan dan penyebaran radiasi saluran juga meningkat, yang dapat menghambat bandwidth dari antenna. Radiasi saluran juga menghasilkan radiasi terpolarisasi yang tidak diinginkan.

### 2.3.2 Coaxial Feed

*Feed Coaxial* atau saluran *probe* adalah teknik yang sangat umum digunakan untuk saluran mikrostrip patch antenna. Seperti yang terlihat dari Gambar 8, bagian dalam konduktor dari suatu konektor koaksial melewati bagian dielektrik *substrat* dan di solder ke *patch* radiasi, sedangkan bagian luar konduktor terhubung ke *groundplane*.



Gambar 2.9. Skema pencatuan *probe coaxial*

Keuntungan utama dari jenis saluran ini adalah saluran dapat ditempatkan pada lokasi sesuai kebutuhan di dalam *patch* agar sesuai dengan impedansi input. Saluran ini adalah metode yang mudah untuk dibuat dan memiliki sebaran radiasi yang rendah.

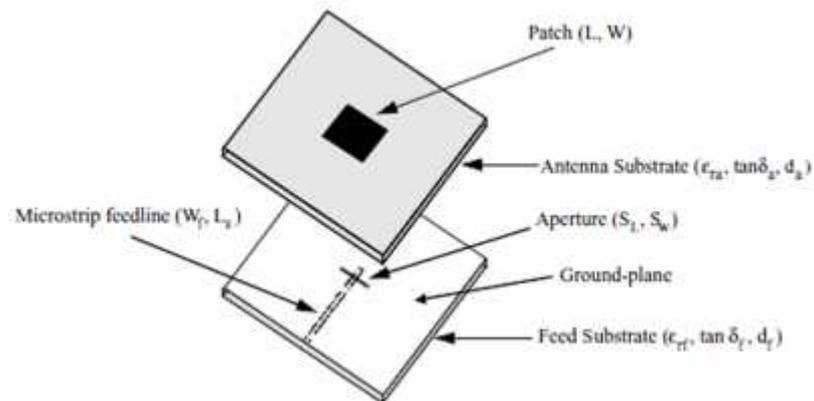
Namun faktor utama kelemahannya adalah bahwa saluran ini bekerja pada *bandwidth* yang sempit dan cukup sulit dalam fabrikasi karena lubang harus dibor pada substrat dan konektor yang menonjol pada bagian luar *ground*, sehingga tidak membuat sepenuhnya planar untuk ketebalan substrat ( $h > 0.02 \lambda_0$ ).

Juga untuk *substrat* yang lebih tebal, peningkatan panjang probe akan membuat impedansi masukan yang lebih induktif, menjadi masalah utama dalam *matching impedansi*.

Hal ini terlihat di atas bahwa untuk substrat dielektrik tebal, yang menyediakan *broadband bandwidth*, saluran mikrostrip dan saluran koaksial mempunyai berbagai kelemahan. Maka untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, solusi selanjutnya akan dibahas pada teknik pencatuan tidak langsung.

### 2.3.3 Aperture Coupled Feed

Dalam jenis teknik saluran ini, radiasi patch dan saluran mikrostrip dipisahkan oleh *groundplane* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Penghubung antara *patch* dan saluran dilakukan melalui *slot* atau *aperture* pada *ground*.



Gambar 2.10. Skema pencatutan *aperture couple*

Celah kopling biasanya berpusat di bawah patch, yang mengarah lebih rendah dengan konfigurasi simetris pola menyilang. Jumlah kopling dari saluran untuk patch ditentukan oleh bentuk, ukuran dan lokasi celah. Karena *ground plane* memisahkan *patch* dan saluran, maka radiasi yang tersebar dapat diminimalkan.

Secara umum, bahan dielektrik yang tinggi digunakan untuk substrat dasar dan lebih tebal, untuk material yang memiliki konstanta dielektrik yang rendah digunakan untuk substrat atas agar mengoptimalkan radiasi dari patch.

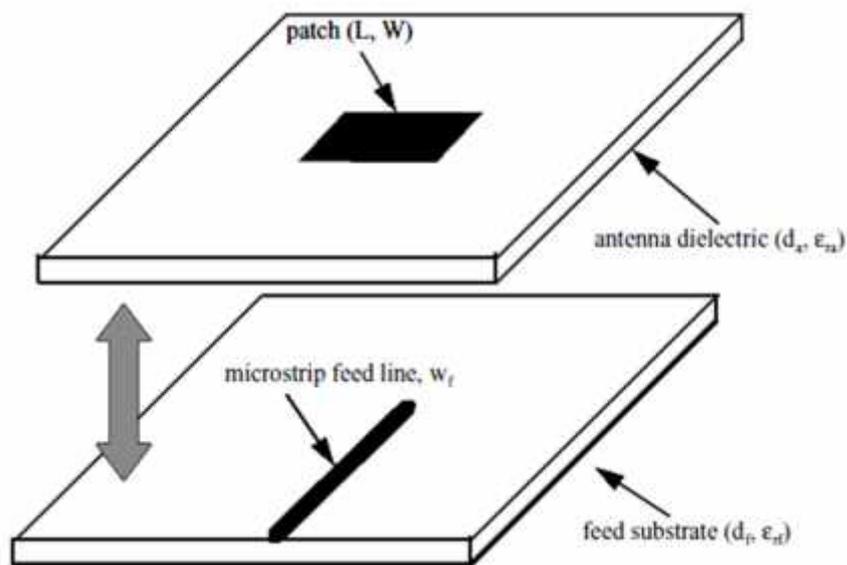
Kerugian utama dari teknik saluran ini adalah sulit untuk di fabrikasi karena terdiri dari *multiple layer*, yang juga dapat meningkatkan ketebalan antenna. Skema saluran ini juga menyediakan *bandwidth* yang sempit.

### 2.3.4 Proximity Coupled Feed

Jenis teknik saluran ini juga disebut sebagai skema kopling elektromagnetik. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.4, digunakan dua substrat

dielektrik dan garis saluran diantara kedua substrat tersebut dan radiasi *patch* berada pada bagian atas pada substrat teratas.

Keuntungan utama dari teknik ini adalah bahwa saluran dapat menghilangkan sebaran radiasi serta dapat menyediakan *bandwidth* yang sangat tinggi, dikarenakan oleh kenaikan keseluruhan ketebalan mikrostrip antenna *patch*. Skema ini juga menyediakan pilihan antara dua bahan media dielektrik yang berbeda, satu untuk *patch* dan satu untuk saluran untuk mengoptimalkan performa individu.



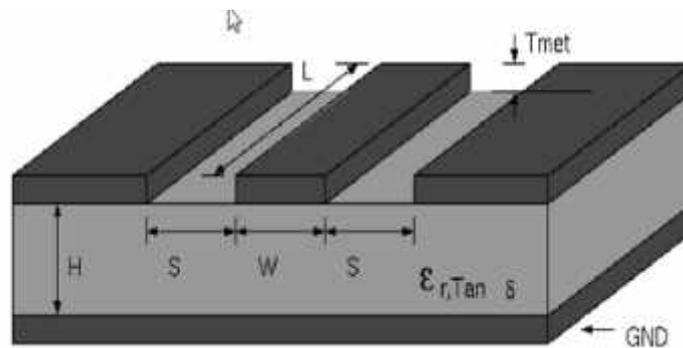
Gambar 2.11. Skema pencatuan *proximity couple*

*Matching* dapat dicapai dengan mengontrol panjang garis saluran dan lebar ke garis rasio *patch*. Kerugian utama dari skema saluran ini adalah sulit untuk fabrikasi, karena penggabungan dua layer *substrate* yang berbeda dielektrik perlu penggabungan yang akurat. Juga ada peningkatan ketebalan dari keseluruhan antenna.

### 2.3.5 Coplanar Feedline

*Patch* mikrostrip secara elektromagnetis dapat digabungkan dengan saluran kopleng, teknik ini cenderung dapat memancarkan

gelombang radio lebih banyak karena dicetak pada sisi yang sama dengan konduktor, teknik saluran kopling ini digunakan untuk mendapatkan efisiensi radiasi yang tinggi.



Gambar 2.12. Skema Pencatuan *Coplanar Feedline*

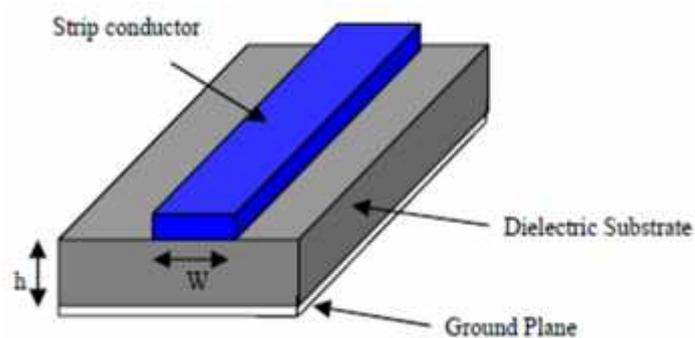
## 2.4 Metode Analisa [3][7]

### 2.4.1 *Transmission Line Model*

Saluran transmisi merupakan suatu media rambatan bagi gelombang yang dikirimkan dari sumber ke beban. Bagian dari sistem antenna adalah saluran transmisi yang dihubungkan dengan patch antenna.

Ada empat model yang dapat digunakan sebagai saluran pencatu patch antenna, yaitu : rangkaian saluran *microstrip planar*, *probe coaxial*, *aperture coupling* dan *proximity coupling*[7].

Karakteristik dan dimensi saluran transmisi mikrostrip ditentukan oleh nilai konstanta dielektrik relative *substrate* dan *loss tangent*.



Gambar 2.13. Saluran transmisi

### 2.4.2 Cavity Model

Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki pita resonansi yang sempit, keadaan ini disebut juga *lossy cavities*. Antena mikrostrip menyerupai lubang-lubang yang dipenuhi oleh bahan dielektrik yang menghasilkan resonansi pada orde yang tinggi.

Nilai medan yang ternormalisasi di dalam *substrate* dielektrik yang dapat dicari dengan lebih akurat dengan mencermati daerah tersebut sebagai lubang (*cavity*) yang diselubungi oleh konduktor pada bagian atas dan bawah, serta pada dinding magnet. Model ini merupakan model pendekatan yang berprinsip pada impedansi masukan reaktif dan tidak meradiasikan daya.

Ketika antena mikrostrip diberikan energi distribusi muatan dibentuk pada bagian atas dan bagian bawah permukaan dari pada *patch* tersebut, dan juga pada bagian pentanahan (*ground*). Distribusi muatan dikendalikan oleh dua mekanisme, yaitu mekanisme *atraktif* dan mekanisme *repulsive*.

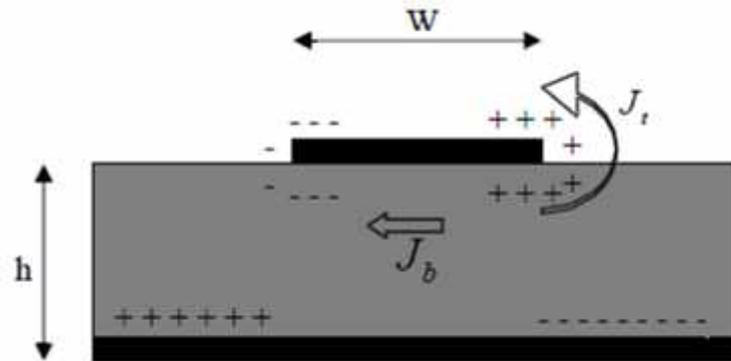
Mekanisme *atraktif* terjadi diantara muatan-muatan yang berlawanan pada bagian bawah *patch* dan bagian *ground* yang cenderung untuk mempertahankan konsentrasi muatan pada bagian bawah *patch*.

Mekanisme *repulsive* terjadi diantara muatan-muatan pada bagian bawah permukaan *patch* yang memiliki kecenderungan untuk mendorong berupa muatan pada bagian bawah *patch* ke bagian atasnya melalui ujung-ujung *patch* tersebut.

Karena kebanyakan antena mikrostrip memiliki nilai *ratio height to width* yang kecil, mekanisme *atraktif* menjadi dominan dan kebanyakan konsentrasi muatan berada pada bagian bawah *patch*. Arus dalam jumlah yang kecil mengalir melalui ujung *patch* ke bagian atas permukaan *patch*.

Aliran arus semakin kecil seiring dengan semakin mengecilnya nilai *ratio height to width*. Kedua jenis mekanisme diperlihatkan pada gambar 3 beserta kerapatan arus ( $J$ ) dapat diasumsikan bahwa besaran arus yang mengalir ke atas permukaan *patch* adalah nol, sehingga tidak menyebabkan adanya medan magnet tangensial ke ujung *patch*.

Hal ini menyebabkan keempat dinding samping menyerupai permukaan medan konduksi yang sempurna sehingga tidak mengganggu medan magnetik menyebabkan distribusi medan elektrik tetap di bawah permukaan *patch*.



Gambar 2.14. Distribusi muatan dan arus yang berbentuk pada *patch* mikrostrip

*Cavity model* merupakan dasar perhitungan yang banyak digunakan untuk analisis suatu *patch* antena mikrostrip. Sedangkan bentuk atau metode persamaan integralnya dinyatakan sebagai *Method of Moment* (MoM) yang dikenal secara umum, dimana dalam penerapannya dilakukan dengan pendekatan komputasi maupun atau dengan cara pendekatan fisik.

Antena mikrostrip mempunyai nilai radiasi yang paling kuat terutama pada daerah samping di antara tepi *patch*. Untuk performa antena yang baik, biasanya substrat dibuat tebal dengan konstanta dielektrik yang rendah.

Hal ini akan menghasilkan efisiensi dan radiasi yang lebih baik serta *bandwidth* yang lebih lebar, namun akan menambah ukuran dari antena itu sendiri.

## 2.5 Parameter Antena Mikrostrip[2]

Untuk dapat melihat kerja dari antena mikrostrip, maka perlu diamati parameter – parameter pada mikrostrip. Beberapa parameter umum dijelaskan sebagai berikut.

### 2.5.1 Return Loss (RL)

*Return Loss* didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan yang datang atau yang direfleksikan dengan tegangan yang keluar. Perbandingan tersebut dinamakan koefisien refleksi tegangan yang dilambangkan dengan  $\Gamma_L$ . Untuk koefisien refleksi dapat juga dinyatakan dengan persamaan:

$$\Gamma_L = \frac{V(x)_{Pantul}}{V(x)_{Terima}} = \frac{V^-}{V^+} \dots\dots\dots (6)$$

Parameter *Return Loss* dapat juga dikatakan sebagai rugi-rugi pada transmisi, dikarenakan tidak seimbangya impedansi karakteristik dengan impedansi beban. Untuk *Return Loss* diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Return Loss (dB)} = 20 \log |\Gamma_L| \dots\dots\dots (7)$$

### 2.5.2 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

Bila impedansi saluran transmisi tidak sesuai dengan *transceiver* maka akan timbul daya refleksi (*reflected power*) pada saluran yang berinterferensi dengan daya maju (*forward power*). Interferensi ini menghasilkan gelombang berdiri (*standing wave*) yang besarnya bergantung pada daya refleksi.

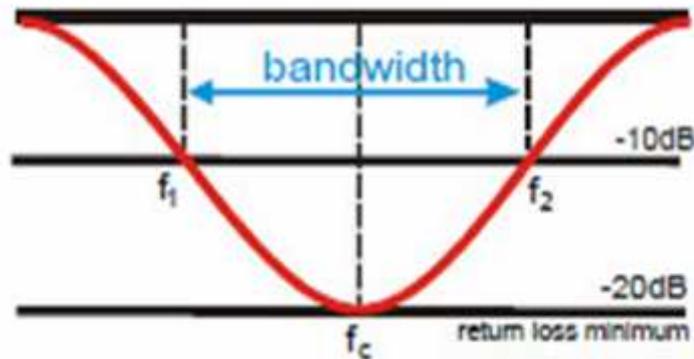
VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum dengan minimum . Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan dan tegangan yang direfleksikan . Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan tersebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( ) [2]:

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + [\Gamma_L]}{1 - [\Gamma_L]} \dots\dots\dots (8)$$

### 2.5.3 Bandwidth

*Bandwidth* suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kerja yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola radiasi, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*, *axial ratio*) memenuhi spesifikasi standard.

Dengan melihat Gambar 2.7 *bandwidth* dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini[12]:



Gambar 2.15. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* [12]

$$B = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana:  $f_2$  = frekuensi tertinggi

$f_1$  = frekuensi terendah

$f_c$  = frekuensi tengah

Ada beberapa jenis *bandwidth* diantaranya:

- Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana *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.

Nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9.54 dB dan 2, secara berurutan.

- b. *Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana *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* adalah rentang frekuensi dimana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

#### 2.5.4 Input Impedance

Sebuah impedansi yang masuk ke terminal antenna yang dikondisikan dalam keadaan seimbang dengan impedansi karakteristik dari saluran transmisi.

Input impedansi dinyatakan dalam persamaan:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \dots\dots\dots (10)$$

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

$Z_0$  = Impedansi karakteristik dari antenna (Ohm)

$\Gamma$  = Refleksi

#### 2.5.5 Pola Radiasi

Pola radiasi adalah representasi grafis sifat-sifat pemancaran antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Dengan menggunakan model *slot* peradiasi diatas, maka berlaku persamaan medan elektrik[2]: untuk

$$E = E_x \bar{x} \quad \text{untuk} \quad |\bar{x}| \leq \frac{R}{2} \quad (11)$$

Ada dua jenis pola radiasi, yaitu:

a) Mutlak

Pola radiasi mutlak ditampilkan dalam satuan-satuan mutlak kekuatan atau daya medan.

b) Relatif

Pola radiasi relatif merujuk pada satuan – satuan relatif kekuatan atau daya medan. Kebanyakan ukuran pola radiasi relatif kepada antenna *isotropic* dan metode transfer *gain* dipergunakan untuk menentukan *gain* mutlak antenna.

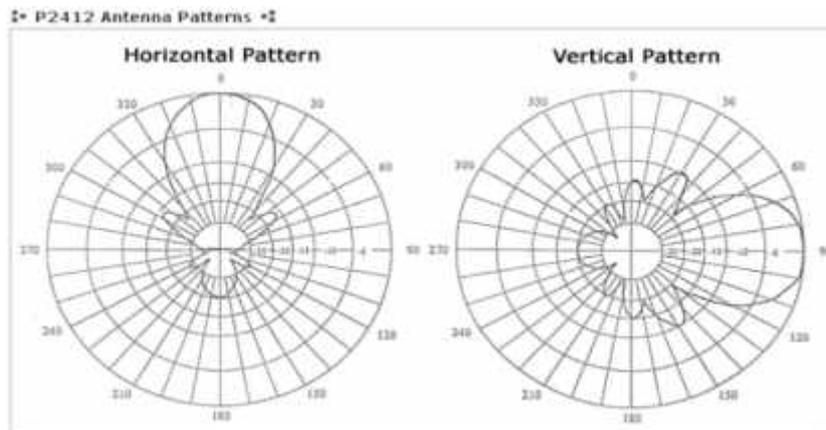
Pola radiasi didaerah dekat antenna tidaklah sama seperti pola radiasi pada jarak jauh. Istilah medan dekat merujuk pada pola medan yang berada dekat antenna, sedangkan istilah medan jauh merujuk pada pola medan yang berada di jarak jauh.

Medan jauh juga disebut sebagai medan radiasi, dan merupakan hal yang diinginkan. Biasanya, daya yang dipancarkan adalah yang kita inginkan, dan oleh karena itu pola antenna biasanya diukur di daerah medan jauh.

Untuk pengukuran pola sangatlah penting untuk memiliki jarak yang cukup besar untuk berada di medan jauh diluar medan dekat. jarak dekat minimum yang diperbolehkan bergantung pada dimensi antenna berkaitan dengan panjang gelombang.

#### **2.5.5.1 Pola Radiasi Antena *Unidirectional***

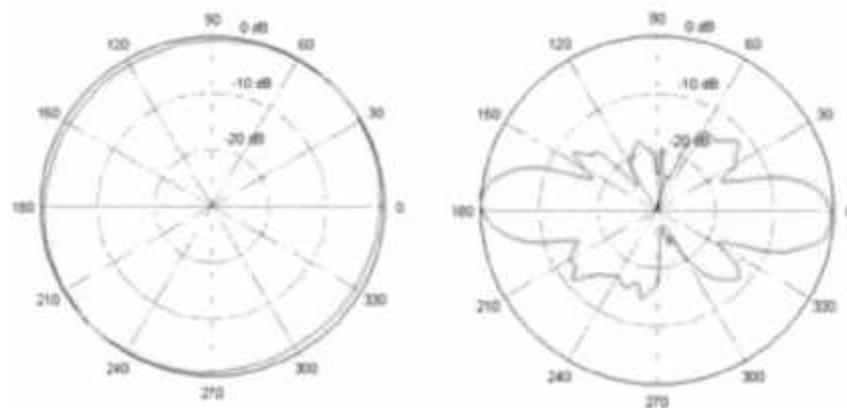
Antena *unidirectional* mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang *relative*. Gambar 2.8. merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna *unidirectional*.



Gambar 2.16. Bentuk Pola Radiasi Antena *Unidirectional*

### 2.5.5.2. Pola Radiasi Antena *Omnidirectional*

Antena *omnidirectional* mempunyai pola radiasi yang digambarkan seperti bentuk kue donat dengan pusat berimpit. Antena *omnidirectional* pada umumnya mempunyai pola radiasi  $360^{\circ}$  jika dilihat pada bidang medan magnetnya. Gambar 2.16. merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena *omnidirectional*.



Gambar 2.17. Bentuk Pola Radiasi Antena *Omnidirectional*

### 2.5.6 Polarisasi

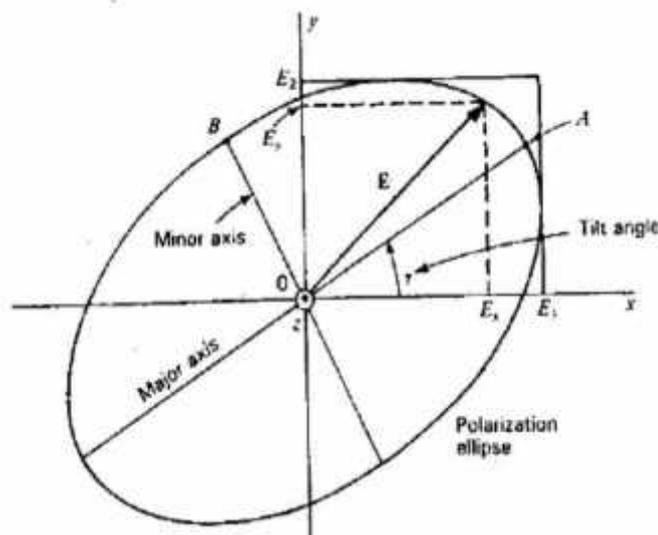
Polarisasi antena adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antena. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Pada prakteknya, polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antena.

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

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.
- b. Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama.
- c. Kedua komponen tersebut harus mempunyai perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil  $90^0$ .

Polarisasi melingkar terbagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization (LHCP)*, *Right Hand Circular Polarization (RHCP)*. LHCP terjadi ketika  $\delta = + \pi/2$ , sebaliknya RHCP terjadi ketika  $\delta = - \pi/2$ .



Gambar 2.18. Polarisasi ellip dengan sudut  $\gamma$  yang dibentuk  $E_x$  dan  $E_y$  dengan *amplitude*  $E_1$  dan  $E_2$ .

Pada gambar diatas bentuk polarisasi *elips* dengan bagian sumbu pendek OB dan bagian panjang OA membentuk sudut lancip  $\alpha$ , maka *axial ratio* dapat diperoleh dengan persamaan:

$$AR = \frac{OA}{OB} = \frac{E_x}{E_y} \quad (1 \leq AR \leq \infty) \dots\dots\dots (9)$$

### 2.5.7 Gain

*Gain* adalah perbandingan antara rapat daya persatuan *unit* antenna terhadap rapat daya antenna referensi dalam arah dan daya masukan yang sama. *Gain* suatu antenna berlainan dengan *gain* kutub empat, *gain* diperhatikan daya masukan ke terminal antenna. *Gain* didapat dengan menggunakan persamaan[2]:

$$G = \eta \times D \quad (13)$$

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 tropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna ( $P_{in}$ ) dibagi 4  $\pi$ . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan rumus[2]:

$$G = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (14)$$

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 diantara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless* ( $P_{in}(lossless)$ ). Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut[2]:

$$G = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (15)$$

### 2.5.8 Beamwidth

*Beamwidth* adalah besarnya sudut berkas pancaran gelombang frekuensi radio utama (*main lobe*) yang dihitung pada titik 3 dB menurun dari puncak *lobe* utama. Besarnya *beamwidth* adalah sebagai berikut:

$$B = \frac{21,1}{f \times d} \quad (16)$$

Dimana  $B = 3 \text{ dB beamwidth (degree)}$

$f = \text{frekuensi (Hz)}$

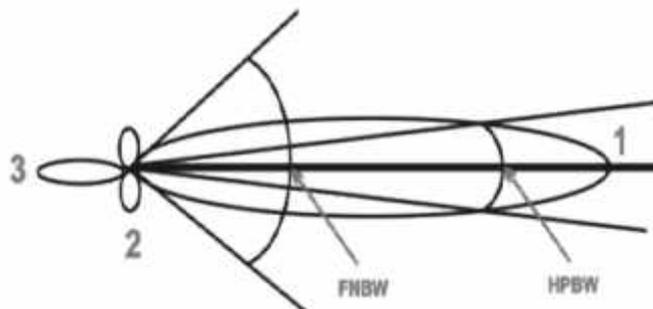
$d = \text{diameter antena (degree)}$

Apabila *beamwidth* mengacu kepada perolehan pola radiasi, maka *beamwidth* dapat dirumuskan sebagai:

$$S = \theta_2 - \theta_1 \quad (17)$$

Gambar 2.10. menunjukkan tiga daerah pancaran yaitu lobe utama (*main lobe*, nomor 1), lobe sisi samping (*side lobe*, nomor 2) dan lobe sisi belakang (*back lobe*, nomor 3).

*Half Power Beamwidth (HPBW)* adalah daerah sudut yang dibatasi oleh titik-titik  $\frac{1}{2}$  daya atau -3 dB atau 0,707 dari medan maksimum pada lobe utama. *First null beamwidth (FNBW)* adalah besar sudut bidang diantara dua arah pada *main lobe* yang intensitas radiasinya nol.



Gambar 2.19. *Beamwidth* antena

### 2.5.9 Directivity

Pengarahan (*directivity*) adalah sebagai perbandingan antara rapat daya maksimum pada berkas utama terhadap rapat daya rata – rata yang diradiasikan[2]

$$D = \frac{U}{U_0} \quad (18)$$

Intensitas radiasi rata – rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antena dibagi dengan  $4\pi$ . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud. *Directivity* ini dapat dirumuskan sebagai berikut[2]:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi}{P} \quad (19)$$

Dimana:

$D$  = Keterarahan (*Directivity*)

$D_0$  = Keterarahan maksimum

$U$  = Intensitas radiasi

$U_{\max}$  = Intensitas radiasi maksimum

$U_0$  = Intensitas radiasi pada sumber isotropik

$P_{\text{rad}}$  = Daya total radiasi

### 2.5.10 Impedansi Karakteristik Saluran Mikrostrip

Pada prinsipnya antena mikrostrip mempunyai kesamaan dengan saluran mikrostrip. Dengan memperhatikan adanya kesamaan sifat yang dimiliki sebagai komponen pasif, maka dalam menentukan impedansi karakteristik antena dapat dilakukan dengan menggunakan analisis saluran transmisi dalam bentuk mikrostrip.

Tujuan penentuan impedansi karakteristik antena adalah untuk menentukan lebar saluran atau elemen radiasinya. Secara matematik besarnya

nilai impedansi karakteristik untuk saluran antenna mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[3]:

$$Z_0 = \frac{300}{\sqrt{\epsilon_r} W} (\Omega) \quad (20)$$

Dimana:  $Z_0$  = impedansi karakteristik (  $\Omega$  )

$\epsilon_r$  = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

$W$  = lebar elemen radiasi (mm)

$h$  = tinggi bahan substrat (mm)

Impedansi karakteristik merupakan salah satu parameter yang penting dalam merancang antenna mikrostrip, karena apabila impedansi saluran yang tidak *matching* dengan impedansi masukan antenna akan menyebabkan beberapa masalah, antara lain timbulnya sinyal pantul, distorsi dan interferensi antar alur rangkaian.

## 2.6 Modifikasi Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip telah lama dan banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi komunikasi *wireless*, mengikuti tren perangkat telekomunikasi dengan bentuk sederhana dan minimalis, menuntut rancangan antenna yang kompak dan kompatibel untuk dapat diintegrasikan pada perangkat telekomunikasi masa kini.

Mengacu pada pola dasar antenna mikrostrip, banyak dieksperimentasikan berbagai modifikasi untuk merancang antenna mikrostrip dengan menjaga geometris yang kecil, namun memungkinkan untuk penggunaan multi aplikasi.

Pada sub bab ini dijelaskan bermacam teknik yang telah dilakukan dalam merealisasikan antenna mikrostrip, dengan kriteria penggunaan untuk kebutuhan komunikasi *multiband*, *broadband* dan *ultrawideband*.

Secara umum terdapat beberapa konfigurasi modifikasi antenna

mikrostrip diantaranya, *Microstrip Array*, *Microstrip Slotted*, *Planar Monopole*, serta konfigurasi lain dengan bermacam modifikasi, baik pada *patch* ataupun pada *groundplane*.

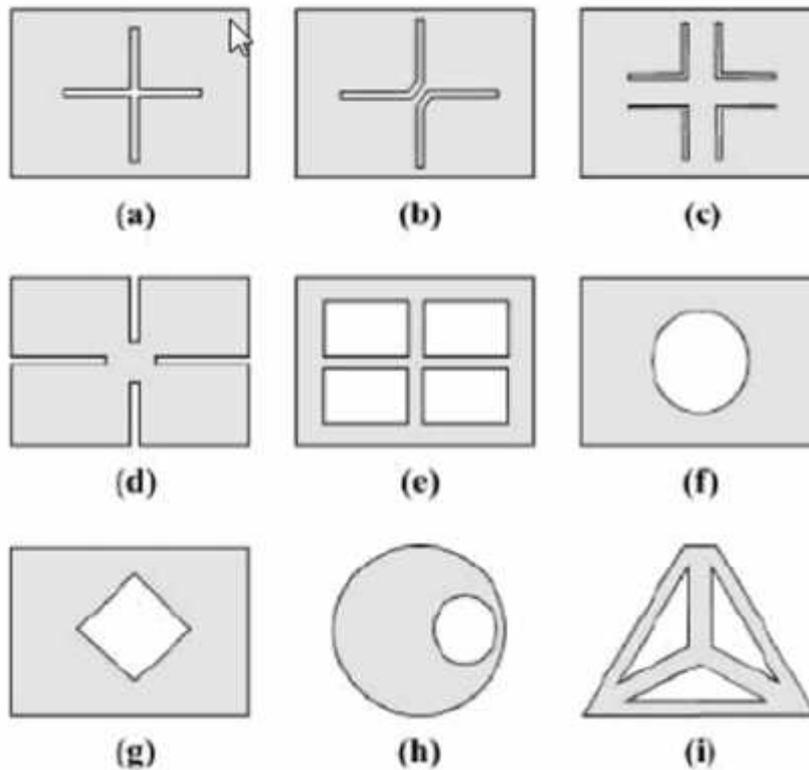
Penggunaan celah antena pun beragam seperti celah L, celah U, celah Y, celah lingkaran dan persegi, celah loop melingkar dan kotak, potongan, dan lain sebagainya. Pada sub bab selanjutnya akan dibahas teknik-teknik modifikasi antena mikrostrip yang berkaitan dengan konfigurasi tersebut di atas untuk mendukung teori dan teknik yang digunakan dalam penelitian ini.

### **2.6.1 Antena Microstrip Broadband Multiband[6]**

Dalam sebuah buku referensi yang disusun oleh *K.L Wong* [6] telah diteliti bermacam konfigurasi antena mikrostrip dengan struktur kompak.

Untuk memperkecil ukuran antena dengan perolehan impedansi *bandwidth* yang lebar dapat dilakukan dengan menambahkan celah pada *patch* atau disebut dengan istilah *slot loading technique*, celah pada *groundplane* dapat ditambahkan juga untuk memperlebar *bandwidth* dan perolehan *gain*.

Untuk operasi *multi band* dapat dilakukan dengan menambah celah atau cuakan tipis pada tepi antena, dalam risetnya bentuk celah V didemonstrasikan untuk membentuk dual frekuensi pada *patch* berbentuk segitiga. Secara umum beberapa pola lain yang diperkenalkan juga oleh *Wong* dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.21



Gambar 2.20. Macam-macam bentuk celah untuk rancangan kompak

*Wakabayashi T et al* pada tahun 2007 [18], melaporkan hasil rancangan antenna menggunakan celah e pada patch persegi panjang dan menggunakan saluran transmisi mikrostrip yang dikopel dilapisan bawah, hasil rancangan tersebut diperoleh kinerja antenna *dual band* pada 2.4-2.52 GHz dan 4.82-6.32 GHz, perolehan impedansi *bandwidth* tersebut dilakukan dengan pengaturan lebar celah dan pengaturan posisi celah terhadap saluran.

*PN Misra* pada tahun 2011 [19] memperoleh hasil rancangan antenna planar *dual band* untuk resonansi 1.8 GHz dan 2.4 GHz, antenna yang dirancang diperoleh dengan beberapa metoda, menggunakan celah U, celah V, dan cuak tipis pada *patch* persegi panjang, substrat yang digunakan berjenis RT Duroid 5880 dengan dimensi  $W \times L$  sebesar 65.88 x 55.45 mm.

Dalam risetnya tersebut disebutkan pula untuk membentuk *dual band* memungkinkan diperoleh dengan melakukan pengaturan posisi saluran.

Struktur antenna *Couplanar Feedline* dengan menghilangkan *groundplane* dilaporkan *Wen-Chung Liu* dan *Ping-Chi Kao* [20], radiator antenna monopol dibentuk dengan dua saluran berlipat melalui saluran transmisi CPW, impedansi *bandwidth* yang diperoleh mencapai 450 MHz pada resonansi 5.8 GHz.

Antena tersebut dirancang untuk aplikasi RFID, bahkan disebutkan pula dengan perolehan *bandwidth* yang lebar tersebut memungkinkan antenna dapat diaplikasikan pula untuk WLAN.

Pada 2010 *D. Parkash*, dan *R. Khanna* [23] merancang antenna CPW dengan patch persegi panjang yang ditambah dengan beberapa celah panjang saling menyambung, antenna dicetak pada media substrat FR4 dan dengan teknik tersebut diperoleh impedansi *bandwidth* yang lebar dengan *range* dari 3.424 GHz sampai 6.274 GHz yang dapat diaplikasikan untuk WLAN dan WiMax.

*Wang E, et al* [21] melaporkan rancangan antenna kompak persegi untuk dual frekuensi yang beresonansi pada 2.4 GHz dan 5 GHz, perolehan *dual band* tersebut didapat dengan menambahkan dua celah L berhadapan simetris pada tengah *patch*.

*Byrareddy C.R et al* [22] merancang antenna kompak mikrostrip planar dengan *patch* persegi panjang menggunakan saluran transmisi mikrostrip. Antena membentuk dual frekuensi resonansi 2.4 GHz dan 2.8 GHz untuk aplikasi WLAN dan WiMax, dual operasi tersebut diperoleh dengan menggunakan 3 bentuk *patch* persegi panjang, dengan salah satu *patch* dicatu dan 2 *patch* dipisahkan dengan celah tipis yang memanjang.

*M. Maidurrahman S, et al* pada tahun 2012 [24] mendemonstrasikan antenna kompak *multi band*, teknik yang digunakan adalah dengan menambahkan dua celah T dari luar sisi kiri dan kanan *patch* persegi panjang.

Dengan penambahan dua celah tersebut dapat mengurangi ukuran

antena sampai sekitar 60%, antenna tersebut beresonansi pada 3.35 GHz, 5.29 GHz dan 7.65 GHz yang diaplikasikan untuk *WiMax*, *WLAN*, dan aplikasi *Microwave C Band*.

### **2.6.2 Antena Mikrostrip *Ultrawideband***

*Ultrawideband (UWB)* merupakan istilah yang tren dalam komunikasi *wireless* semenjak disepakatinya alokasi penggunaan frekuensi bebas lisensi oleh sebuah lembaga di USA bernama *Federal Communication Commission (FCC)* pada 14 Februari 2002 [16].

FCC memberikan konsep komunikasi nirkabel jarak pendek, dengan kecepatan yang tinggi menggunakan alokasi *wide bandwidth* mencapai 7.5 GHz, dengan jangkauan mulai dari 3.1 - 10.6 GHz. Teknologi UWB tersebut dapat diaplikasikan untuk *imaging system*, *radar system*, *medical imaging*, *indoor communication* dan lain sebagainya.

Antena UWB setidaknya harus memiliki karakteristik *bandwidth* yang sangat lebar untuk mendukung penggunaan pulsa pendek yang memerlukan *bandwidth* sekitar 500 MHz. Dalam sebuah rancangan antenna banyak bentuk serta konfigurasi untuk mencapai karakteristik UWB tersebut, disamping penggunaan *array antenna*, *printed slot antenna*, bentuk *planar monopole* banyak didemonstrasikan sebagai struktur umum mengingat bentuk, ukuran, serta disain yang sederhana.

Antena *monopole* UWB biasanya dibentuk dalam struktur planar, dengan penggunaan *groundplane* sebagian dan ukuran *patch* sekitar seperempat panjang gelombang dari frekuensi osilasi antenna [9]. Bentuk *patch* yang digunakan dapat berbentuk persegi panjang, persegi, elips, lingkaran, atau modifikasi dari bentuk dasar tersebut. Pemilihan struktur planar ini menjadi tren terutama untuk diintegrasikan pada perangkat-perangkat *mobile* yang memiliki disain kompak dan minimalis.

*Eng Gee, et al* [27] mempresentasikan perkembangan antenna mikrostrip UWB yang dibentuk dalam *printed circuit board (PCB)*, dalam risetnya tersebut ditampilkan beberapa konfigurasi antenna UWB, ciri

umum antenna diperlihatkan dengan *groundplane* sebagian.

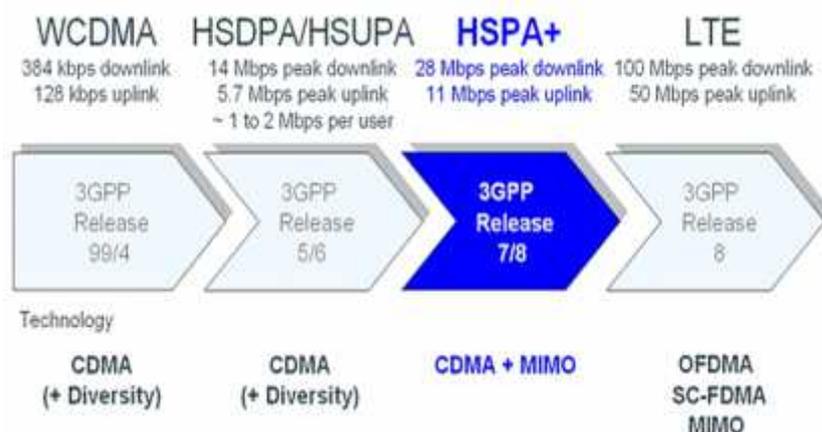
Antena palanr UWB dicetak dalam *single layer* PCB dengan 3 struktur, lapisan atas sebagai lapisan konduktor, lapisan tengah sebagai bahan dielektrik, dan lapisan bawah merupakan lapisan *groundplane* yang di *etching* sebagian.

Lapisan konduktor dapat berupa *patch* lingkaran, segitiga, ataupun persegi panjang. Beberapa modifikasi ditunjukkan dalam memperlebar *bandwidth*, seperti penggunaan *slot*, potongan pada *patch*, potongan pada *groundplane*, potongan bertingkat pada *groundplane*, penggunaan struktur CPW, dan lain sebagainya seperti ditunjukkan pada gambar 2.22.

Untuk beberapa kondisi penempatan *patch* dengan *ground plane* tidak pada kondisi seimbang untuk mendapat impedansi *bandwidth* yang lebar. Diperlihatkan juga beberapa konfigurasi antenna UWB dengan modifikasi untuk memfilter frekuensi tertentu.

## 2.7 Perkembangan Teknologi LTE

### Sekilas tentang LTE



Gambar 2.21. Evolusi Perubahan Teknologi Telekomunikasi[28]

LTE sudah mulai dikembangkan oleh 3GPP sejak tahun 2004. Faktor-faktor yang menyebabkan 3GPP mengembangkan teknologi LTE antara lain adalah permintaan dari para pengguna untuk peningkatan kecepatan akses data

dan kualitas servis serta memastikan berlanjutnya daya saing sistem 3G pada masa depan.

3GPP LTE mewakili kemajuan besar didalam teknologi selular. LTE dirancang untuk memenuhi kebutuhan operator akan akses data dan media angkut yang berkecepatan tinggi serta menyokong kapasitas teknologi suara untuk beberapa dekade mendatang.

LTE meliputi data berkecepatan tinggi, multimedia unicast dan servis penyiaran multimedia. Selain itu LTE diperkirakan dapat membawa komunikasi pada tahap yang lebih tinggi, tidak hanya menghubungkan manusia saja tetapi dapat juga menyambungkan mesin.

#### **Teknologi LTE dan layanannya [29]**

- Teknologi LTE secara teoritis menawarkan kecepatan *downlink* hingga 300 Mbps dan *uplink* 75 Mbps.
- LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) yang mentransmisikan data melalui banyak operator spektrum radio yang masing-masing sebesar 180 KHz. OFDM melakukan transmisi dengan cara membagi aliran data menjadi banyak aliran-aliran yang lebih lambat yang kemudian ditransmisikan secara serentak. Dengan menggunakan OFDM memperkecil kemungkinan terjadinya efek *multi path*.
- Meningkatkan kecepatan transmisi secara keseluruhan, kanal transmisi yang digunakan LTE diperbesar dengan cara meningkatkan kuantitas jumlah operator spectrum radio tanpa mengganti parameter *channel spectrum* radio itu sendiri. LTE harus bisa beradaptasi sesuai jumlah bandwidth yang tersedia.
- LTE mengadopsi pendekatan all-IP. Menggunakan arsitektur jaringan all-IP ini menyederhanakan rancangan dan implementasi dari antar muka LTE, jaringan radio dan jaringan inti, hingga memungkinkan industri wireless untuk beroperasi layaknya *fixed-line network*.

- Agar menjadi *universal*, perangkat *mobile* yang berbasis LTE harus juga mampu menyokong GSM, GPRS, EDGE dan UMTS. Jika dilihat dari sisi jaringan, antar muka dan protocol di tempatkan di tempat yang memungkinkan terjadinya perpindahan data selancar mungkin jika pengguna berpindah tempat ke daerah yang memiliki teknologi antar muka yang berbeda.

### **Kecepatan LTE**

Kecepatan maksimum LTE bisa mencapai 299.6 Mbps untuk mengunduh dan 75.4 Mbps untuk mengunggah. Namun, operator seluler yang telah menyediakan jaringan ini, masih membatasi kapasitas dan kecepatan untuk pelanggannya. Pemerintahan di suatu negara juga punya cara yang berbeda mengatur pengalokasian rentang pita frekuensi.

### **Arsitektur Jaringan dan Antarmuka dari Teknologi LTE**

Secara keseluruhan jaringan arsitektur LTE sama dengan teknologi GSM dan UMTS. Secara mendasar, jaringan di bagi menjadi bagian jaringan radio dan bagian jaringan inti. Walaupun begitu, jumlah bagian jaringan logis dikurangi untuk melangsingkan arsitektur secara keseluruhan dan mengurangi biaya serta latensi di dalam jaringan.

### **Pengaturan teknologi LTE**

Transmisi data dalam LTE baik dalam arah uplink maupun downlink dikontrol oleh jaringan. Proses ini sama seperti teknologi GSM maupun UMTS. Di dalam sistem LTE, pengaturan sepenuhnya dikontrol oleh *eNode-B*.

### **Pengaturan *Downlink***

Pada arah *downlink*, *eNode-B* bertanggung jawab untuk menyampaikan data yang diterima dari jaringan kepada para pengguna, melalui antar muka udara.

## **Pengaturan Uplink**

Untuk mendapatkan informasi, perangkat *mobile* harus mengirimkan permintaan penugasan kepada *eNode-B*.

## **Prosedur Dasar**

Perangkat LTE yang cenderung lebih data sentris akan memulai pencarian jaringan yang sesuai terdahulu. Jika perangkat tidak menemukan *cell* LTE maka perangkat akan menggunakan teknologi *cell* UMTS dan GSM.

Setelah perangkat mobile informasi untuk bisa mengakses jaringan terpenuhi, maka perangkat akan melakukan prosedur *attach*. Prosedur *attach* memberikan alamat IP dan perangkat mobile mulai bisa mengirim dan menerima data dari jaringan.

Pada teknologi GSM dan UMTS perangkat bisa tersambung dengan jaringan tanpa alamat IP, namun pada teknologi LTE perangkat harus memiliki alamat IP agar tersambung dengan jaringan.

## **Jaringan telepon**

Seperti yang sudah diungkapkan sebelumnya LTE menggunakan jaringan all-IP. Sedangkan telepon pada GSM dan UMTS menggunakan *circuit switching*. Dengan pengadopsian teknologi LTE, maka para operator harus merencanakan ulang jaringan telepon mereka. Munculah tiga pendekatan yang dapat digunakan:

- CSFB (*Circuit Switched Fallback*): Pada pendekatan ini, LTE hanya menyediakan servis data dan ketika telepon dilakukan atau diterima maka akan kembali menggunakan *circuit switching*. Kerugian yang didapatkan adalah pengaturan telepon mengambil waktu yang lebih lama.
- SVLTE (*Simultaneous Voice and LTE*): Pada pendekatan ini ponsel bekerja sebagai LTE dan *circuit switching* secara bersamaan. Kekurangan

pada pendekatan ini adalah ponsel cenderung memiliki harga mahal dan menggunakan konsumsi tenaga yang tinggi.

- VoLTE (*Voice over LTE*): Pendekatan ini berbasis pada IP multimedia subsistem, yang bertujuan menyokong akses telepon dan multimedia melalui terminal nirkabel.

Selain ketiga pendekatan diatas, terdapat alternatif lain yang tidak diinisiasikan oleh operator yaitu , *over-the-top-content servis* , menggunakan aplikasi seperti *skype* dan *google talk* untuk menyediakan servis telepon bagi LTE. Walaupun begitu sekarang dan beberapa masa kedepan, servis telepon masih menjadi pemasukan utama bagi operator *mobile*. Maka menggantungkan servis telepon LTE sepenuhnya pada OTT, merupakan suatu tindakan yang tidak akan menerima banyak dukungan dari industri telekomunikasi.

### **Hak cipta LTE**

Menurut *database* milik *European Telecommunications Standart Institute (ETSI)*, terdapat 50 perusahaan yang memiliki hak paten dari LTE.

### **Kekurangan Teknologi LTE**

Kekurangan yang dimiliki oleh teknologi LTE antara lain adalah biaya untuk infrastruktur jaringan baru relatif mahal. Selain itu jika jaringan harus diperbaharui maka peralatan baru harus diinstal.

Selain itu teknologi LTE menggunakan *MIMO (Multiple Input Multiple Output)*, teknologi yang memerlukan antena tambahan pada pancaran pangakalan jaringan untuk transmisi data.

Sebagai akibatnya jika terjadi pembaharuan jaringan maka pengguna perlu membeli *mobile device* baru guna menggunakan infrastruktur jaringan yang baru.

### 2.7.1 Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)

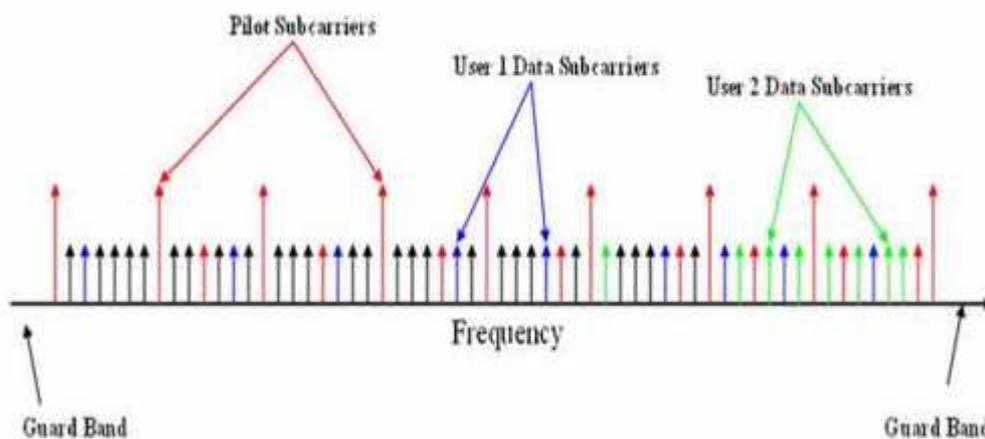
Teknologi LTE Menggunakan OFDM-based pada suatu *air interface* yang sepenuhnya baru yang merupakan suatu langkah yang radikal dari 3GPP. Merupakan pendekatan evolusiner berdasar pada peningkatan *advance* dari WCDMA.

Teknologi OFDM-based dapat mencapai data *rates* yang tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah dan efisiensi konsumsi energi pada perangkat kerasnya.

Data *rates* jaringan WCDMA dibatasi pada lebar saluran 5 MHz. LTE menerobos batasan lebar saluran dengan mengembangkan *bandwidth* yang mencapai 20 MHz. Sedangkan nilai capaian antenna pada *bandwidth* di bawah 10 MHz, HSPA+ dan LTE memiliki performa yang sama.

LTE menghilangkan keterbatasan WCDMA dengan mengembangkan teknologi OFDM yang memisah kanal 20 MHz ke dalam beberap *narrow* sub kanal. Masing-

Masing *narrow* sub kanal dapat mencapai kemampuan maksimumnya dan sesudah itu sub kanal mengkombinasikan untuk menghasilkan total data keluarannya.



Gambar 2.22. Orthogonal Frequency Division Multiple Access [7]

Gambar 2.22. merupakan modulasi OFDMA yang menghindari permasalahan yang disebabkan oleh pemantulan *multipath* dengan mengirimkan pesan per bits secara perlahan. Beribu-ribu subkanal *narrow* menyebar untuk mengirimkan banyak pesan dengan kecepatan yang rendah secara serempak kemudian mengkombinasikan pada penerima kemudian tersusun menjadi satu pesan yang dikirim dengan kecepatan tinggi. Metode ini menghindari distorsi yang disebabkan oleh *multipath*.

Subkanal *narrow* pada OFDMA dialokasikan pada basis *burst by burst* menggunakan suatu algoritma yang memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi RF (*Radio Frequency*) seperti kualitas saluran, *loading* dan interferensi.

LTE menggunakan OFDMA pada *downlink* dan *single carrier – Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) pada uplink nya. SC-FDMA secara teknis serupa dengan OFDMA tetapi lebih cocok diaplikasikan pada *device handheld* karena lebih sedikit dalam konsumsi *battery*.

### **2.7.2 Multiple Input Multiple Output (MIMO)**

LTE mendukung teknik MIMO untuk mengirimkan data pada sinyal *path* secara terpisah yang menduduki bandwidth RF yang sama pada waktu yang sama, sehingga dapat mendorong pada peningkatan data *rates* dan *throughput*. Sistem antenna MIMO merupakan metode pada suatu layanan broadband sistem *wireless* memiliki kapasitas lebih tinggi serta memiliki performa dan keandalan yang lebih baik.

MIMO adalah salah satu contoh teknologi dengan kualitas yang baik dari LTE pada kecenderungan teknologi yang berkembang saat ini. Saat ini fokus adalah untuk menciptakan frekuensi yang dapat lebih efisien.

Teknologi seperti MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar terpisah kepada sejumlah penerima, sehingga mengurangi informasi yang hilang dibanding bila menggunakan system transmisi tunggal.

Pendekatan lain yang akan dicapai pada system MIMO adalah teknologi *beam forming* yaitu mengurangi gangguan interferensi dengan cara mengarahkan *radio links* pada penggunaan secara spesifik.

Fleksibilitas di dalam penggunaan spektrum adalah suatu corak utama pada teknologi LTE, tidak hanya bersifat tahan terhadap interferensi antar sel tetapi juga penyebaran transmisi yang efisien pada spektrum yang tersedia. Hasilnya adalah peningkatan jumlah pengguna per sel bila dibandingkan dengan WCDMA.

LTE dirancang untuk mampu ditempatkan di berbagai *band* frekuensi dengan sedikit perubahan antarmuka radio. Juga dapat digunakan di bandwidth 1.4, 1.6, 3, 3.2, 5, 10, 15 dan 20 MHz.

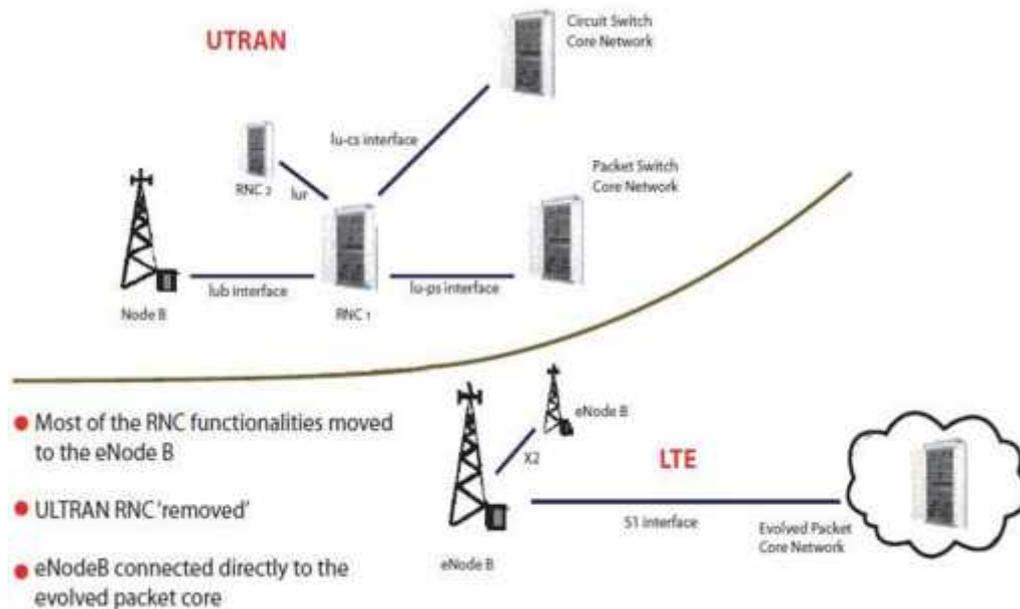
### **2.7.3 Teknologi Evolved Packet Core (EPC)**

*Evolved Packet Core* pada LTE adalah arsitektur jaringan yang telah disederhanakan, dirancang untuk *seamless* integrasi dengan komunikasi berbasis jaringan IP. Tujuan utamanya adalah untuk menangani rangkaian dan panggilan multimedia melalui konvergensi pada inti IMS.

EPC memberikan sebuah jaringan *all-IP* yang memungkinkan untuk konektivitas dan peralihan ke lain akses teknologi, termasuk semua teknologi 3GPP dan 3GPP2 serta WiFi dan *fixed line broadband* seperti DSL dan GPON.

Jaringan E-UTRAN adalah jaringan yang jauh lebih sederhana daripada jaringan sebelumnya pada jaringan 3GPP. Semua masalah pemrosesan paket IP dikelola pada *core* EPC, memungkinkan waktu respons yang lebih cepat untuk penjadwalan dan re-transmisi dan juga meningkatkan *latency* dan *throughput*.

RNC (*Radio Network Controller*) telah sepenuhnya dihapus dan sebagian besar dari fungsionalitas RNC pindah ke eNodeB yang terhubung langsung ke *evolved packet core*.



Gambar 2.23. Evolved packet core dalam arsitektur jaringan LTE

Pada gambar 2.22. Evolved packet core dalam arsitektur jaringan LTE memungkinkan terhubung langsung atau melakukan perluasan jaringan ke jaringan nirkabel lainnya. Sehingga operator dapat mengatur fungsi kritis seperti mobilitas, *handover*, *billing*, otentikasi dan keamanan dalam jaringan selular.

IP dikembangkan pada *wired networks data link* dimana *endpoint* dan terkait kapasitas (*bandwidth*) statis. Masalah arus trafik pada jaringan tetap, akan muncul apabila *link* kelebihan beban atau rusak. Kelebihan beban dapat dikelola dengan mengontrol *volume* trafik yaitu dengan membatasi jumlah pengguna terhubung ke sebuah hub dan *bandwidth* yang ditawarkan.

Jaringan EPC meningkatkan performa secara paket tidak perlu lagi diproses oleh beberapa node dalam jaringan. LTE menggunakan teknologi retransmisi di eNodeB, untuk mengelola beragam laju data yang sangat cepat.

Hal tersebut memerlukan *buffering* dan mekanisme kontrol aliran ke *eNodeB* dari jaringan inti untuk mencegah *overflow* data atau *loss* bila tiba-tiba sinyal menghilang yang dipicu oleh retransmission tingkat tinggi.

#### 2.7.4 Perbandingan Karakteristik LTE dengan UMTS/HSPA

Karakteristik Kunci LTE dengan perbandingan jaringan UMTS/ HSPA yang ada saat ini, antara lain:

- a. Peningkatan *Air interface* memungkinkan peningkatan kecepatan data:  
LTE dibangun pada *all-new* jaringan akses radio didasarkan pada teknologi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Ditetapkan dalam 3GPP Release 8, *Air interface* untuk LTE menggabungkan OFDMA-based dan skema akses *multiple* untuk *downlink*, dan SC-FDMA (*Single Carrier FDMA*) untuk *uplink*.  
Hasil dari fitur Air interface ini adalah peningkatan kinerja radio secara signifikan, dapat menghasilkan sampai lima kali rata-rata throughput HSPA. Kecepatan data puncak pada *downlink* diperluas hingga maksimum secara teoretis 300 Mbit/s per 20 MHz dari spektrum. Demikian juga, tingkat uplink LTE teoretis dapat mencapai 75 Mbit/s per 20 MHz dari *spectrum*.
- b. Efisiensi spektrum yang tinggi: efisiensi spektrum LTE yang lebih besar memungkinkan operator untuk mendukung peningkatan jumlah pelanggan di dalam alokasi existing dan spektrum alokasi yang akan datang, dengan suatu pengurangan biaya pengiriman per bit nya.
- c. Perencanaan radio yang fleksibel: jangkauan *cell* LTE dapat mencapai performa yang optimum hingga 5 km. Hal tersebut, masih mampu untuk mengirimkan hingga capaian efektif di dalam ukuran sel hingga radius 30 km, dengan capaian maksimal batasan sel hingga radius 100 km.
- d. Mengurangi *Latency*: Dengan mengurangi waktu *round-trip* ke 10ms atau bahkan lebih (dibandingkan dengan 40–50ms untuk HSPA), LTE dapat memberikan kepada *user* sesuatu yang lebih responsif. Hal ini memungkinkan , layanan secara *real-time* seperti *high-quality* konferensi audio/video dan permainan *multi-player*.
- e. Lingkungan All-IP : salah satu fitur yang paling signifikan adalah transisi

LTE menuju 'flat', jaringan inti berbasis all-IP dengan arsitektur yang disederhanakan dan *open interface*.

### 2.7.5 Layanan-Layanan LTE

Melalui kombinasi *downlink* dan kecepatan transmisi (*uplink*) yang sangat tinggi, lebih fleksibel, efisien dalam penggunaan spektrum dan dapat mengurangi paket latensi, LTE menjanjikan untuk peningkatan pada layanan *mobile broadband* serta menambahkan layanan *value-added* baru yang menarik.

Manfaat besar bagi pengguna antara lain *streaming* skala besar, *download* dan berbagi video, musik dan konten multimedia yang semakin lengkap. Untuk pelanggan bisnis LTE dapat memberikan transfer file besar dengan kecepatan tinggi, *video conference* berkualitas tinggi dan *nomadic access* yang aman ke jaringan korporat.

Semua layanan ini memerlukan *throughput* yang signifikan lebih besar untuk dapat memberikan *quality of service*. Tabel 2.2. berikut menggambarkan beberapa layanan dan aplikasi LTE:

Tabel 2.2. Klasifikasi layanan *mobile* pada LTE [29]

KATEGORI LAYANAN	SAAT INI	LTE
<b>Layanan Suara</b>	<i>Real-time</i> audio	VoIP, konferensi video berkualitas tinggi
<b>Pesan P2F</b>	SMS, MMS, e-mail prioritas rendah	Pesan foto, IM, <i>mobile e-mail</i> , Pesan video
<b>Browsing</b>	Akses ke layanan informasi online dimana pengguna membayar tarif jaringan standar. Saat ini terbatas untuk browsing WAP	Browsing super-cepat, mengupload konten ke social situs jaringan
<b>Informasi pembayaran</b>	Informasi berbasis teks	<i>E-newspapers</i> , streaming audio berkualitas tinggi

<b>Personalisasi</b>	Didominasi ringtones, termasuk screensaver dan	<i>Realtones</i> (asli artis rekaman), situs Web mobile pribadi
<b>Games</b>	Didownload dan <i>online game</i>	Permainan game online secara konsisten pada jaringan <i>fixed</i> maupun <i>mobile</i>
<b>TV/ video on demand</b>	<i>Video streaming</i> dan konten video hasil download	Layanan siaran televisi, <i>true on-demand television</i> , <i>streaming video</i> kualitas tinggi
<b>Musik</b>	<i>Full track downloads</i> , layanan radio analog	Download musik berkualitas tinggi
<b>Konten pesan dan lintas media</b>	Pesan <i>peer-to-peer</i> serta interaksi dengan media lainnya	Distribusi klip video, layanan karaoke, video berbasis iklan <i>mobile</i> dengan skala yang luas

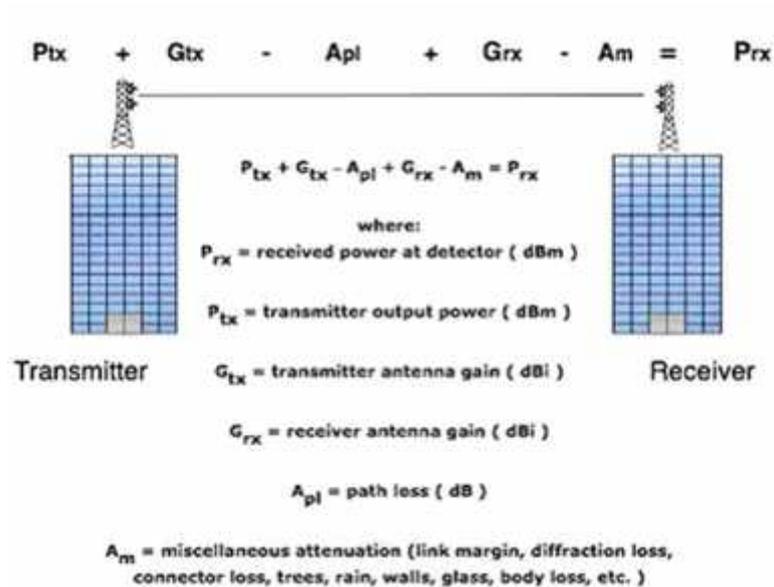
KATEGORI LAYANAN	SAAT INI	LTE
<b>M-commerce</b>	fasilitas pembayaran dilakukan melalui jaringan selular	<i>Mobile</i> handset sebagai alat pembayaran, rincian pembayaran dibawa melalui jaringan kecepatan tinggi untuk memungkinkan penyelesaian transaksi secara cepat
<b>Mobile data networking</b>	Akses ke intranet perusahaan dan database	transfer file P2P, aplikasi bisnis, <i>application sharing</i> , komunikasi M2M, <i>mobile</i> intranet / ekstranet

### 2.7.6 LTE Link Budget

*Link budget* adalah perhitungan dari semua gain dari pemancar dan terima setelah melalui redaman di berbagai media transmisi hingga akhirnya diterima oleh *receiver* di dalam sebuah sistem telekomunikasi.

*Link budget* akan memperhitungkan besarnya redaman dari sinyal termasuk di dalamnya berbagai macam redaman propagasi yang dipancarkan selama proses propagasi berlangsung. Ilustrasi link budget dan gambaran tentang alur propagasi sinyal mulai dari sisi pengirim hingga

ke sisi penerima. Ada pada gambar 2.23 berikut



Gambar 2.24. Ilustrasi *Link Budget* LTE

Dimana :

$P_{tx}$  = Sinyal pancar yang dikeluarkan oleh pengirim

$G_{tx}$  = *Gain* atau penguatan yang ada di sisi pengirim

$A_{pl}$  = Besarnya redaman yang terjadi selama proses propagasi

$P_{rx}$  = Sinyal pancar yang sampai di penerima

$G_{rx}$  = Gain atau penguatan sinyal di sisi penerima setelah melalui proses propagasi.

Secara umum dari ilustrasi gambar 2.4 maka *link budget* bisa dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu kelompok perangkat pengirim dan penerima serta kelompok media propagasi.

*Link budget* dari teknologi LTE dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sudah diatas . Besarnya *Down Load* (DL) *link budget* dinyatakan dalam persamaan 2.1 berikut.

(DL) link budget = [(DL Tx power) + (DL Tx Antena Gain) + (Other DL Tx Gain) + (DL RX Antena Gain) + (Other DL RX Gain) + (Urban Correction)–

(Thermal Noise) - ((RX SNR) – (DL RX Noise Figure) – (Implementation Loss) – (Interference Margin) – (Fade Margin)(2.1)

Sedangkan besarnya *Upload (UL) link budget* dinyatakan dan bisa dihitung dengan persamaan 2.2 berikut.

(UL) link budget = [(UL Tx power) + (UL Tx Antena Gain) + (Other DL Tx Gain) + (UL RX Antena Gain) + (Other UL RX Gain) + (Urban Correction) + (UL Subchannelling Gain) - (Thermal Noise) - ((RX SNR) – (UL RX Noise Figure) – (Implementation Loss) – (Interference Margin) – (Fade Margin) (2.2)

### 2.7.7 Perangkat Pengirim LTE

Perangkat pengirim dalam teknologi LTE dikenal sebagai BTS. Berfungsi mengirimkan sinyal dari BTS ke arah perangkat penerima *Costumer Premise Equipment (CPE)*. Sinyal yang dikirim ini disebut sebagai *Down Link (DL)* signal dan menerima sinyal balikan dari perangkat CPE. Sinyal balikan dari CPE ini disebut *Upload (UL)* signal.

Sedangkan perangkat penerima dalam teknologi mobile LTE dikenal dengan istilah CPE. Perangkat ini berfungsi mengirimkan sinyal dari CPE ke arah *Base Station* (UL signal) dan menerima sinyal balikan dari perangkat *Base Station* (DL signal).

Di samping sinyal pengirim dan penerima ada faktor lain dari sisi perangkat yang mempengaruhi besarnya sinyal yang diterima yakni *noise figure, thermal noise, receiver SNR* dan *uplink subchannellization gain*.

- a. *Noise Figure* adalah pengukuran dari degradasi *Signal to Noiser Ratio (SNR)* dikarenakan komponen-komponen yang ada pada *RF signal chain*. Nilai ini biasa didapatkan dari membandingkan sinyal *noise* keluaran dari perangkat.
- b. *Thermal Noise* adalah *noise* yang timbul karena pengaruh suhu atau panas terhadap frekuensi yang digunakan.
- c. *Receiver SNR*. Nilai *receiver SNR* sangat bergantung pada skema modulasi yang digunakan. LTE secara adaptif akan memilih skema penggunaan

bergantung dari kondisi dan jarak dari pengguna terhadap BTS.

d. *Uplink Subchanneling Gain* adalah penguatan yang terjadi di sisi *uplink* dikarenakan adanya pengiriman sinyal data menggunakan semua sinyal *carrier* secara simultan.

### 2.7.8 Media Propagasi

Jarak dan halangan antar BTS dengan CPE menimbulkan berbagai redaman yang timbul karena berbagai faktor. Beberapa parameter lain yang digunakan dalam perhitungan *link budget* adalah :

- a. *Implementation loss* adalah redaman yang muncul karena adanya *error* yang tidak diharapkan saat proses instalasi berlangsung, baik itu muncul dari perangkat atau dari faktor manusia sebagai pelaku implementasi perangkat.
- b. *Interference margin* adalah rugi-rugi akibat adanya interferensi *co-channel* saat pengembangan jaringan dengan frekuensi *re-use*. Sebagai dampaknya pelanggan yang berada di batas sektor akan mengalami penurunan dalam kualitas koneksi.
- c. *Penetration Loss* adalah redaman yang muncul sebagai akibat adanya user yang berada di dalam gedung. Saat perangkat CPE digunakan di dalam gedung maka kualitas sinyal akan berkurang banyak.
- d. *Fade margin* adalah redaman yang muncul saat pengguna melintasi rerimbunan pohon atau berada di daerah pantulan. Hal ini juga akan berpengaruh pada kuat lemah sinyal yang diterima.

### 2.7.9 Path Loss Model

LTE masih masuk dalam range kerja pemodelan Erceg yang berkisar antara  $1.900 \text{ MHz} < f < 3.500 \text{ MHz}$  . Rumus perhitungan *path loss* dari tiap base station dengan erceg model adalah :

$$PL = A + 10 \cdot \log_{10}(d/d_0) + PL_f + PL_h + s \text{ dB} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

hb = tinggi perkiraan base station, rangenya berkisan antara 10 - 80m.

Tiga macam skenario propagasi

Terrain Type A: Kondisi berbukit dengan jumlah pepohonan sedang.

Terrain Type B: Kondisi path-loss menengah

Terrain Type C: Kondisi topografis dengan jumlah pohon sedikit hb = 30 m

Tabel 2.3 Tabel Skenario Propagasi [11]

Model Parameter	Terrain Type A	Terrain Type B	Terrain Type C
a	4,6	4	3,6
b	0,0075	0,0065	0,005
c	12,6	17,1	20

### 2.7.10 Faktor Geografis

Seperti yang telah disebutkan diatas selain pemilihan teknologi, faktor geografis juga memiliki andil dalam menentukan cakupan dari LTE. Dengan luas tertentu maka harus diperhitungkan berapa perangkat yang harus terpasang. Gambar 2.24 merupakan wilayah Jakarta dengan luas wilayah 740,28 km<sup>2</sup>

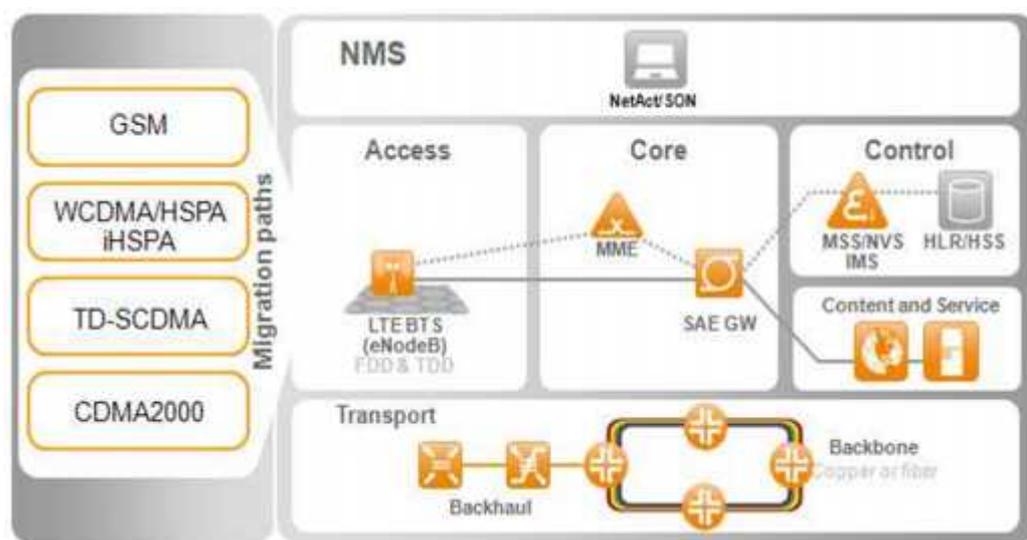


Gambar 2.25. Peta wilayah Jakarta

## 2.8 Solusi NSN (Nokia Siemens Network) Untuk Jaringan LTE

Peran vendor tidak bisa dipisahkan dalam pengembangan teknologi Telekomunikasi. Kondisi saat ini, operator telekomunikasi selular sedang berlomba-lomba untuk membangun infrastruktur yang mendukung permintaan pelanggan tentang bandwidth yang besar.

Solusi jaringan LTE diberikan oleh NSN kepada operator dalam mengembangkan kebutuhan telekomunikasi berpita lebar.



Gambar 2.26. Solusi NSN Untuk Setiap Jalur Migrasi LTE [12]

Pada gambar 2.26 adalah solusi LTE Nokia Siemens pada seluruh jaringan LTE, memungkinkan awal migrasi ke arsitektur *flat network*, dengan menyajikan migrasi teknologi sesuai dengan standar LTE 3GPP, performa tinggi, serta memiliki jaringan *mobile broadband* yang dapat diandalkan.

## 2.9 Produk NSN Untuk Perangkat BTS (Base Transceiver Station) LTE

NSN memimpin dalam pengembangan teknologi LTE di industri telekomunikasi dan memberikan solusi untuk semua jenis layanan telekomunikasi. Operator dapat mengambil keuntungan dari keunggulan produk-produk NSN untuk membangun jaringan radio telekomunikasi berbasis LTE.

Berikut adalah *overview* untuk beberapa perangkat radionya

### 2.9.1 Sektor RF Module



Gambar 2.27. 3-Sector RF module [12]

Flexi 3-Sektor RF Modul merupakan suatu RF Modul dengan 3 x 70W power amplifier memberikan 3 x 60W pada konektor antena. Dukungan jangkauan sampai dengan jarak 20 km dari Sistem Modul (*distributed site configuration*).

### 2.9.2 Flexi Multimode System Module



Gambar 2.28. Flexi Multimode System Module [12]

Flexi multimode system module merupakan perangkat jenis kategori processing power pada sebuah BTS (*Base Transceiver Station*). Mendukung standar LTE, memiliki 3 sell masing-masing 20 MHz tiap sell, memiliki MIMO Kapabilitas.

### 2.9.3 Flexi Multiradio BTS With MIMO

Merupakan perangkat BTS yang fungsional dan *compact* serta telah mendukung teknologi LTE. Perangkat terdiri dari sistem modul, dua 3-sector RF

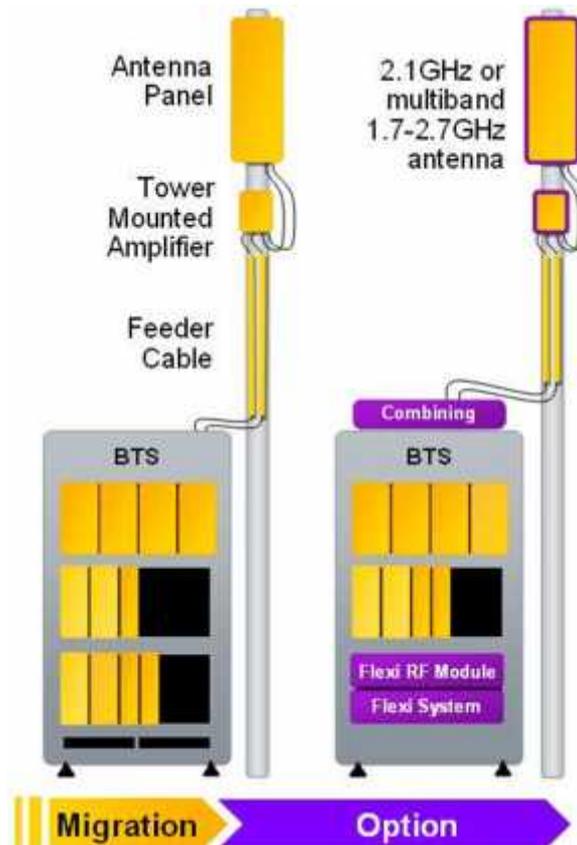
Modul, tiga sel /sektor dengan daya 120W, MIMO 2x2, bandwidth 20MHz, RF redundansi, 4 way *UL diversity* (opsional), TMA / MHAs (opsional). Dapat meningkatkan OPEX, karena konsumsi listrik adalah 25% lebih rendah dari generasi sebelumnya. Perangkat Flexi Multiradio tersebut terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.29. Flexi Multiradio BTS Dengan MIMO [12]

## 2.10 Skenario Migrasi BTS NSN Flexi WCDMA ke LTE

Berikut adalah skenario migrasi BTS NSN Flexi WCDMA ke LTE :



Gambar 2.30. Skenario Migrasi BTS NSN Flexi WCDMA ke LTE [13]

Konsep dalam melakukan upgrade pada skenario migrasi perangkat BTS pada gambar 2.10 antara lain :

- Fokus pada perlindungan investasi
- *Re-use site* yang telah ada untuk instalasi
- Pemanfaatan spektrum pada antenna
- *Backhaul sharing* antara LTE dan 2G/3G
- Menambahkan RF modul LTE pada *base station* 3G

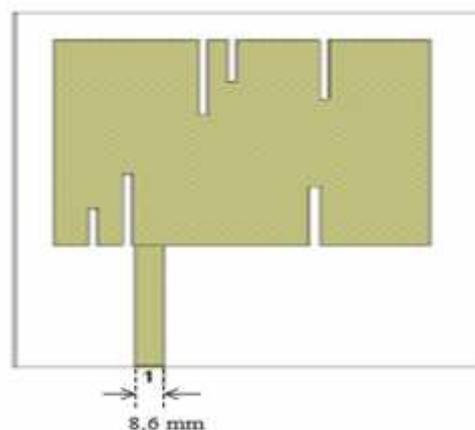
## 2.11. Dasar Acuan Perancangan Antena

Wilson Julius, Syah Alam, S.Pd, M.T, Dr. Harry Arjadi, M,Sc, Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta[31], telah mengeksperimentasikan antena LTE mikrostrip untuk frekuensi 2,3 Ghz pada aplikasi *mobile* dan frekuensi 2,5 Ghz untuk *fixed* frekuensi. Dengan menggunakan substrat jenis *FR4 Epoxy* dengan perancangan model antena mikrostrip bentuk persegi empat.

Disebutkan bahwa, model pencatuan menggunakan metode saluran mikrostrip (*microstrip feed line*). Saluran ini mempengaruhi matching pada antena mikrostrip. Untuk *me-matching*-kan antena, hal yang perlu dilakukan adalah dengan mengubah-ubah ukuran dari elemen pencatu dengan memberikan *stub* dan mengubah-ubah posisinya dengan *patch*.

*Peripheral slits* digunakan dalam pemodelan *patch* pada referensi pembanding ini. Yaitu salah satu teknik miniaturisasi ukuran antena mikrostrip yang bekerja dengan cara membuat belahan pada sisi-sisi *patch* antena. Penggunaan *slits* akan mengganggu aliran arus dipermukaan, memaksa arus untuk berbelok-belok, yang kemudian meningkatkan panjang elektrik dan *patch*.

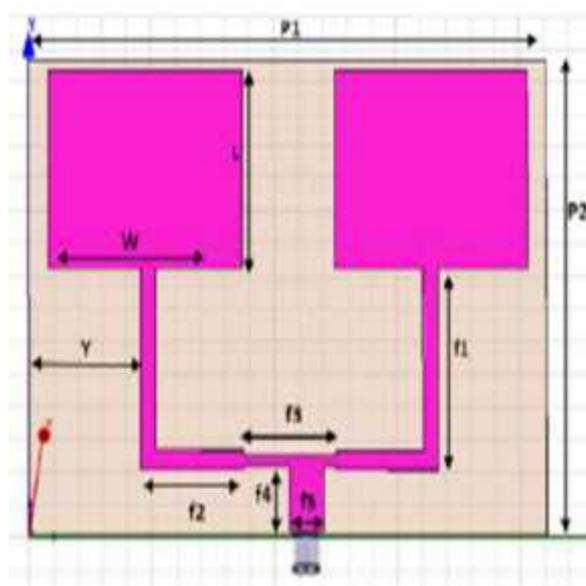
Jumlah *slits* yang digunakan semakin banyak juga akan dapat mengurangi frekuensi kerja. Dengan menggunakan beberapa buah *slits*, arus dipermukaan akan mengalir di sekeliling *slits*. Hasilnya adalah memperpanjang ukuran elektrik dari *patch* dan timbulnya arus normal. Gambar 2.30 Antena LTE 6 *Slits*



Azwar Mudzakkir Ridwan, Nanang Ismail, MT, dan Afaf Fadhil R, MT, Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SGD Bandung[32], telah melakukan perancangan serta simulasi antenna mikrostrip *array* bentuk segiempat untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2,3 Ghz. Dengan menggunakan substrat jenis *FR4 Epoxy* dengan perancangan model antenna mikrostrip bentuk persegi empat.

Perancangan patch segiempat dilakukan melalui beberapa tahapan perhitungan untuk mendapatkan dimensi *patch*. Dengan frekuensi tengah 2,3 Ghz, panjang gelombang 130,4347 mm,  $w = 39,68997$  mm, lebar patch = 30,76827 mm, dan lebar pencatu = 18,18 mm.

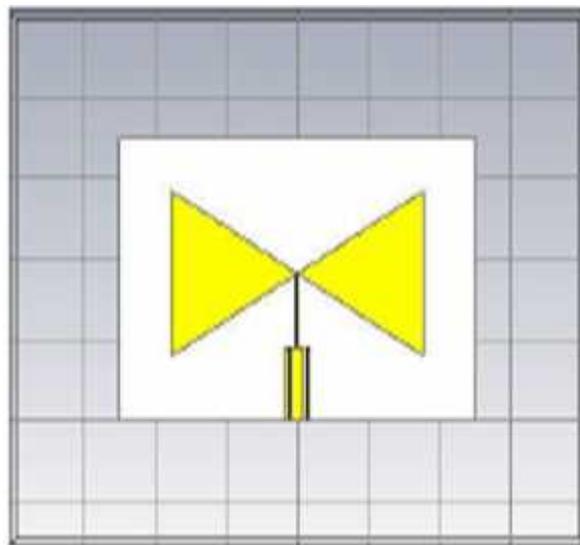
Perancangan saluran pencatu mikrostrip ini menggunakan array bentuk *T-junction* yang disebut sebagai *parallel feed* dengan dua saluran yaitu, 50 dan 70  $\Omega$ . *T-junction* umumnya digunakan sebagai pembagi daya dalam antenna *array*. *Power divider* yang dipakai dalam perancangan ini memiliki nilai sebesar 70,7 %.



Gambar 2.31 Antena Mikrostrip Array Persegi Empat

Halomoan Togatorop, Dr. Heroe Wijayanto, Ir, MT, Dr. Yuyu Wahyu, Ir, MT, Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom[33], melaporkan bahwa telah melakukan perancangan dan realisasi antenna mikrostrip MIMO Bowtie pada frekuensi 2,3 Ghz untuk aplikasi LTE.

Dengan menggunakan substrat jenis *FR4 Epoxy* dengan perancangan model antenna mikrostrip bowtie. Disebutkan bahwa, model pencatuan menggunakan metode saluran mikrostrip (*microstrip feed line*). Saluran ini mempengaruhi matching pada antenna mikrostrip.



Gambar 2.32 Antena Mikrostrip Patch Bowtie