

BAB II

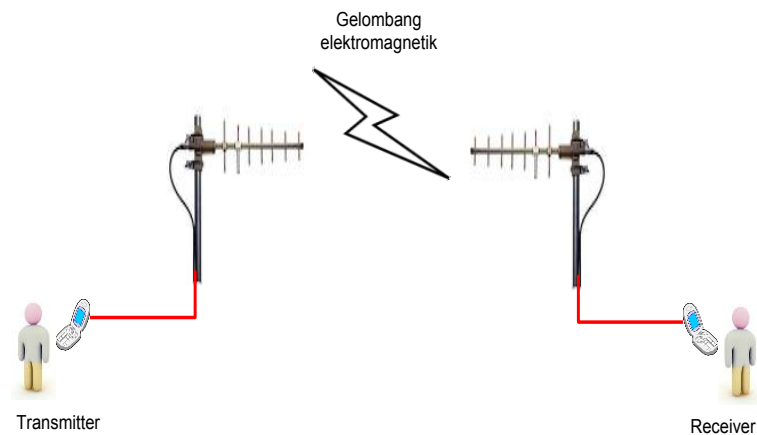
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Antena

2.1.1. Pengertian Antena

Antena merupakan hal yang sederhana, tetapi sebenarnya juga rumit dan banyak faktor yang menentukan keberhasilannya sebuah antena untuk pemakaian yang disesuaikan dengan keperluan yang ada. Menurut keterangan dari isi buku yang berjudul : *Amateurfunk-antennen* yang ditulis oleh Richard Auerbach terbitan dalam bahasa Jerman tahun 1979. Ia menerangkan bahwa antena merupakan satu ujung resonansi yang terbaik, sebab itu berkaitan dengan ukuran kondensatornya dan kumparan jauh lebih kecil dari panjang gelombang resonansi. Oleh karena itu, medan listrik dan magnetik tetap tinggal didalam rangkaian. Energi medan tersebut hanya berubah menjadi usaha listrik/sinyal dan panas **(D. Yurry, 1993 : 5)**

Antena dapat juga didefinisikan sebagai konduktor elektrik atau suatu sistem konduktor elektrik yang digunakan baik untuk meradiasikan energi elektromagnetik atau untuk mengumpulkan energi elektromagnetik **(Stalling,2007:102)**. Energi listrik dari antena pemancar dikonversi menjadi gelombang elektromagnetik lalu oleh sebuah antena gelombang tersebut dipancarkan menuju udara bebas. Pada penerima akhir gelombang elektromagnetik dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan antena. Antena merupakan batangan konduktor yang dialiri arus listrik yang akan menimbulkan induksi magnet dan kuat medan magnet **(Endri,Jhon.2015:1)**.



Gambar 2.1. Antena Sebagai Pengirim dan Penerima

Panjang antena untuk radiasi efektif tergantung pada frekuensi sinyal yang dipancarkan. Director antena pendek untuk frekuensi tinggi, dan director antena panjang untuk frekuensi rendah.

2.1.2. Fungsi Antena

Antena adalah salah satu perangkat yang mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan memancarkannya ke udara bebas atau sebaliknya menangkap sinyal gelombang elektromagnetik dari udara bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Berdasarkan definisi tersebut maka antenna memiliki 3 fungsi pokok, yaitu :

1. Antena berfungsi sebagai konverter. Dikatakan sebagai konverter karena antenna tersebut mengubah bentuk sinyal, yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, atau sebaliknya.
2. Antena berfungsi sebagai radiator. Dikatakan sebagai radiator karena antenna tersebut meradiasikan (memancarkan) gelombang elektromagnetik ke udara bebas sekelilingnya. Jika sebaliknya (antenna menerima atau menangkap energi radiasi gelombang elektromagnetik dari udara bebas), maka fungsinya dikatakan re-radiator.

3. Antena berfungsi sebagai impedance matching (penyesuai impedansi). Dikatakan sebagai impedance matching karena antena tersebut akan selalu menyesuaikan impedansi sistem. Sistem yang dimaksud adalah saluran transmisi dan udara bebas. Pada saat antena tersebut bekerja atau beroperasi maka antena akan menyesuaikan impedansi karakteristik saluran dengan impedansi karakteristik udara.

Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi sekaligus yaitu sebagai pemancar yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik lalu memancarkannya ke ruangan bebas atau sebaliknya sebagai penerima yang menerima sinyal elektromagnetik (penerima energy elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sifat antenna yang bisa sebagai pemancar dan penerima dikatakan reciprocal. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja. (iklimah, 2013 : 7)

2.1.3. Jenis-jenis Antena

Jenis – jenis atau macam – macam antena dapat dibagi kedalam 5 kategori, yaitu :

1. Berdasarkan Fungsi

Berdasarkan fungsinya antena dibedakan menjadi 2 antara lain adalah antena pemancar, antena penerima, dan antena pemancar sekaligus penerima. Di Indonesia antena pemancar banyak dimanfaatkan pada stasiun-stasiun radio dan televisi. Selanjutnya antena penerima, antena penerima ini biasanya digunakan pada alat-alat seperti radio, tv, dan alat komunikasi lainnya.

2. Berdasarkan gainnya

Berdasarkan besarnya gainnya antena dibedakan menjadi 2 macam antena yaitu VHF dan UHF. Kedua antena ini biasa digunakan pada TV. Pada umumnya besarnya daya pancar, akan memengaruhi besarnya sinyal penerimaan siaran televisi di suatu tempat tertentu pada jarak tertentu dari stasiun pemancar televisi. Semakin tinggi daya pancar semakin besar level kuat medan penerimaan siaran

televisi. Untuk memperbesar daya pancar pada stasiun TV dan daya terima pada TV maka perlu digunakan antena.

Besarnya gain antena dipengaruhi oleh jumlah dan susunan director serta frekuensi yang digunakan. Antena pemancar UHF tidak mungkin digunakan untuk pemancar TV VHF dan sebaliknya karena akan menimbulkan VSWR yang tinggi. Sedangkan antena penerima VHF dapat saja untuk menerima signal UHF dan sebaliknya, namun gain antenanya akan sangat mengecil dari yang seharusnya.

Kualitas hasil pancaran dari pemancar VHF dibandingkan dengan kualitas hasil pancaran dari pemancar UHF adalah sama asalkan keduanya memenuhi persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan.

3. Berdasarkan polarisasinya

Antena dibedakan menjadi 2 yaitu antena dipole dan monopole. Antena dipole memiliki polarisasi linear vertikal, sedangkan antena monopole polarisasinya hanya pada satu arah. Antena dipole banyak dimanfaatkan untuk sistem komunikasi dengan wilayah cakupan yang luas.

4. Antena *Directional* dan Antena *Omnidirectional*

Antena *directional* adalah antena yang pola radiasi pancarannya terarah sehingga efektifitas pancaran radio hanya ke satu arah saja, sedangkan antena *omnidirectional* dapat memancarkan gelombang ke segala arah. Yang termasuk antena *directional* adalah antena model Yagi seperti kebanyakan yang dipakai sebagai antena penerima siaran TV. Contoh antena *omnidirectional* adalah antena model groundplane.

5. Berdasarkan bentuknya

Antena berdasarkan bentuknya antara lain: mikrostrip, parabola, vee, horn, helix, dan loop. Walaupun amat sering dijumpai teleskop radio yang menggunakan antena berbentuk parabola, ada beberapa jenis antena lainnya yang juga sering digunakan pada sebuah teleskop radio atau interferometer. Misalnya, Mauritius Radio Telescope (MRT) yang menggunakan 1084 buah antena berbentuk helix. Contoh lainnya adalah teleskop radio yang menggunakan antena

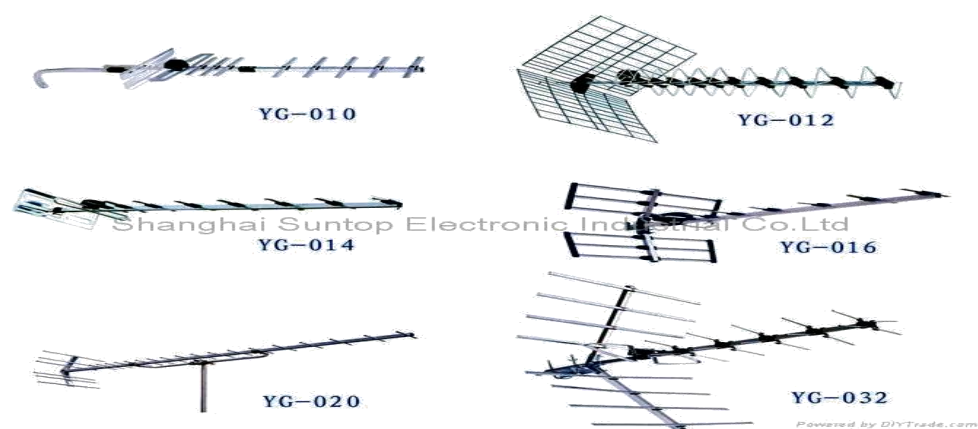
berbentuk horn, yang digunakan oleh Arno Penzias dan Robert Woodrow Wilson ketika menemukan Cosmic Microwave Background (CMB). Antena parabola merupakan antena yang berbentuk parabola, pancaran sinyal akan dikonsentrasikan pada titik tengah antena. Antena parabola biasanya didesain untuk Frekuensi Ultra Tinggi (UHF), penerima siaran TV Satelit, dan transmisi gelombang mikro.

2.2. Antena Yagi

2.2.1. Pengertian Antena Yagi

Sejak ditemukan oleh S. Uda dan Hidetsugu Yagi di Universitas Tohoku pada tahun 1926, antena Yagi yang lebih tepat disebut antena Yagi-Uda. Antena ini banyak sekali digunakan pada komunikasi radio amatir, dan kemudian sebagai antena penerima televisi, karena kerjanya yang prima dan toleransinya terhadap variasi serta kesalahan konstruksi bila kinerja optimum bukan suatu tuntutan.

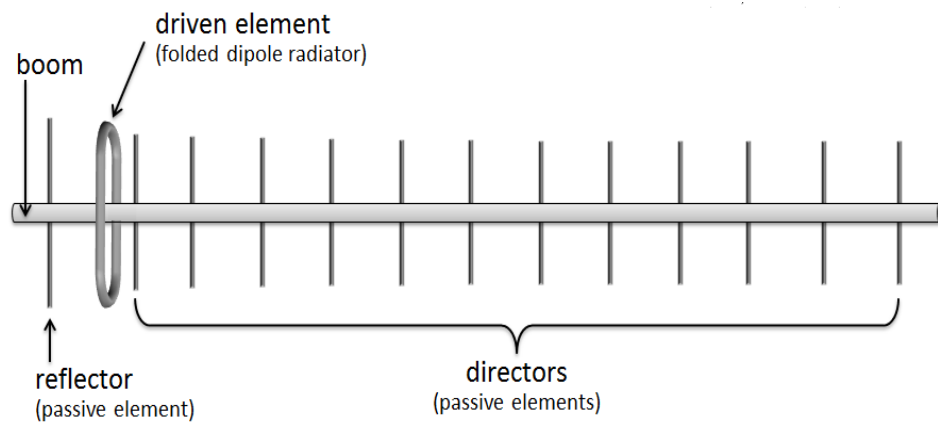
Antena Yagi Uda merupakan antena susun parasitik dari antena dipole. Antena ini umumnya terdiri dari sebuah reflektor, sebuah *driven element*, dan beberapa direktor. Keuntungan menggunakan antena yagi ini adalah antena ini menghasilkan gain yang besar, dimana semakin banyak elemen yang di buat maka semakin besar pula penguatan yang di hasilkan, sedangkan kerugiannya antena ini yaitu antena ini merupakan antena satu arah, jika terjadi kemiringan sudut dari antena maka sinyal yang diterima akan menjadi kurang bagus.



Gambar 2.2. Model Antena Yagi

(Sumber : Shanghai Suntop Electronic.industrial.co.Ltd)

Panjang elemen Yagi dipengaruhi oleh diameter elemen dan adanya sambungan-sambungan. Baik diameter elemen maupun banyaknya sambungan akan memberikan pengaruh terhadap kapasitansi antar elemen, seperti yang diketahui bahwa dua logam yang terletak sejajar tersebut akan merupakan suatu kapasitor. Pada Gambar 2.3 memperlihatkan dimensi serta konstruksi dari antenna yagi.



Gambar 2.3. Dimensi dan Konstruksi Antena Yagi Uda

(Sumber : http://bcbj.org/antennae/lte_yagi_diy.htm)

Antena ini bersifat direksional, yaitu menambah gain hanya pada salah satu arahnya. Sisi antena yang berada di belakang reflektor memiliki gain yang lebih kecil daripada di depan direktor. (Purba Ornal, 2013 : 12)

Antena Yagi yang termasuk dalam jenis antena-antena kanal gelombang berjalan, dalam bentuk bakunya terdiri dari sejumlah antena kawat dipole yang diletakkan sejajar dalam suatu bidang. Satu diantaranya merupakan dipole aktif, sedangkan yang lainnya adalah pasif. Satu dari dipole pasif ini berada dibelakang dipole aktif dan berfungsi sebagai pemantul, dipole pasif lainnya terletak di depan dipole aktif sebagai pengarah. Dalam konfigurasi ini arah depan merupakan arah pancaran antena. Diketahui dari teori – teori dipole gandeng bahwa dipole pasif akan berfungsi sebagai pemantul bila tahanan reaktifnya adalah induktif. Karena itu panjang pemantul lebih besar dari setengah panjang gelombang.

Dipole pasif akan berlaku sebagai pengarah kalau tahananannya kapasitif, karena itu panjangnya kurang dari setengah panjang gelombang. Biasanya satu

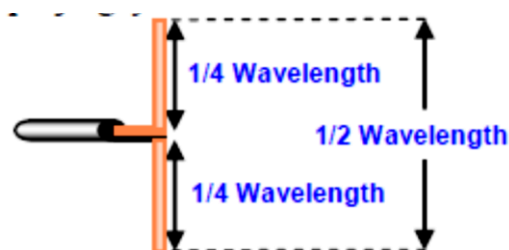
dipole cukup sebagai pemantul karena pemantul tambahan tidak banyak pengaruhnya terhadap pola pancaran antenna. Sebaliknya karena arah pancar antenna sesuai dengan kedudukan pengarah, eksitasi intensif secara seri yang membentuk kanal gelombang berjalan ditunjang oleh jumlah pengarah, sehingga jumlah pengarahnya antara 2 hingga 12 merupakan hal yang umum.

2.2.2. Konstruksi Antena Yagi

Antena yagi tersusun atas 3 elemen yang merupakan bagian-bagian penting dari antenna yagi tersebut. Namun tidak hanya 3 elemen penting yang menyusun antenna yagi akan tetapi terdapat elemen pembantu pada antenna yagi. Bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Driven

Driven merupakan bagian paling penting dari sebuah antenna yagi karena elemen inilah yang akan membangkitkan gelombang elektromagnetik menjadi sebuah sinyal yang akan di pancarkan. *Driven Element* adalah suatu elemen yang menyediakan daya dari pemancar, biasanya melalui saluran transmisi. Untuk menjadikan sebuah driver yang menghantarkan radiasi dengan baik, biasanya menggunakan antenna dipole sebagai bentuk drivernya. Antena dipole adalah antenna berbentuk linear pendek, yang bila sedang memancarkan dapat mempunyai arus yang sama diseluruh panjangnya. (Tito Towono, 2008 :2)



Gambar 2.4. Antena Dipole

(Sumber : tito@fti.uii.ac.id)

Dalam pembuatan driver antenna yagi, antenna dipole yang biasa digunakan adalah antenna dipole setengah-gelombang, dimana panjang total minimalnya pada

frekuensi pembawa adalah $\frac{1}{2} \lambda$, penerapannya antenna ini bertujuan karena antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$ memiliki resistansi radiasi yang rendah, namun dengan tingkat reaktansi yang tinggi, sehingga antenna ini efisien digunakan pada antenna yang memiliki panjang gelombang yang cukup lebar. ini terlihat pada pola pancaran antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$.

Rumus untuk menghitung total panjang *Driven Element* Yagi ditunjukkan pada Persamaan sebagai berikut :

$$L = 0.5 \times K \times \lambda \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

L : Panjang *Driven Element*

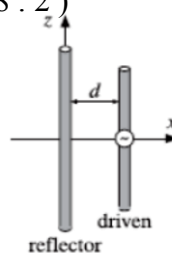
K : *Velocity Factor* (pada logam 0.95)

λ : Panjang gelombang (m)

2. Reflektor

Sesuai dengan namanya *reflector*, elemen ini merupakan elemen pemantul. Elemen reflektor ditempatkan di belakang driven dan dibuat lebih panjang dari pada panjang driven atau *dipole*. panjang biasanya adalah $0,55 \lambda$ (panjang gelombang).

Tujuan utama dari penempatan reflektor di belakang adalah untuk membatasi radiasi agar tidak melebar kebelakang namun kekuatan pancarannya akan diperkuat ke arah sebaliknya. Reflektor juga bersifat menjadikan antenna lebih induktif. (Tito Towono, 2008 : 2)



Gambar 2.5. Susunan Driven dan reflector (satuan ukur cm)

(Sumber : tito@fti.uii.ac.id)

Untuk penentuan ukuran dari sebuah reflektor ditentukan dengan :

$$l_{ref} = l_{dipole} + 7\% l_{dipole} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

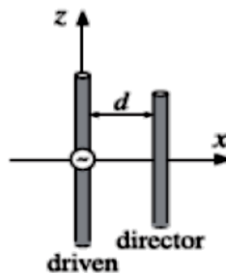
l_{ref} = panjang reflektor (cm, m)

l_{dipole} = panjang elemen driver (cm, m)

pemasangan reflektor hanya digunakan satu saja, karena penambahan reflektor yang kedua atau ketiga praktis tidak akan menambah apapun pada keterarahan struktur. Sedangkan penempatan elemen reflektor yaitu dibelakang elemen driver (*dipole*) dengan jarak optimum yaitu $0,15 - 0,2 \lambda$.

3. Director

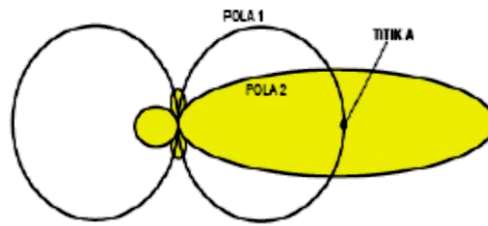
Direktor adalah bagian pengarah antena, ukurannya sedikit lebih pendek daripada driven. Penambahan batang *director* akan menambah gain antena, namun akan membuat pola pengarah antena menjadi lebih sempit. Semakin banyak jumlah director, maka semakin sempit arahnya. Elemen ini juga kadang sering disebut dengan elemen *parasitic*.



Gambar 2.6. Penempatan elemen director

(Sumber : tito@fti.uii.ac.id)

Pada gambar 2.7. terlihat pola 1 merupakan pola radiasi yang dihasilkan oleh antena dipole, dengan penambahan reflektor dan direktor pola radiasi antena akan diubah dan diperkecil menjadi satu arah namun dengan daya pancar yang lebih jauh seperti yang terlihat pada pola 2. **(Tito Towono , 2008 : 3)**



Gambar 2.7. Pola radiasi antenna yang diarahkan

(Sumber : tito@fti.uui.ac.id)

Penambahan satu atau lebih direktor merupakan metode yang paling efektif dalam mendapatkan penguatan yang lebih besar, semakin banyak jumlah elemen direktori maka akan didapat penguatan yang lebih besar juga.

Seperti halnya reflektor, elemen direktor juga memiliki pengaturan dalam penentuan ukuran dan jarak, baik itu jarak dengan driver ataupun jarak antara direktor satu dengan direktori lainnya. Karena ukuran dalam penentuan ini akan mempengaruhi kinerja kemampuan antenna yagi. **(Tito Towono, 2008 : 4)**

Dalam hal penentuan ukuran, direktor dibuat dengan ukuran harus lebih kecil daripada ukuran antenna dipole atau driven, penentuan ukuran dapat dibuat menggunakan rumus :

$$l_{director} = l_{dipole} - 5\% l_{dipole} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

$l_{directory}$ = panjang direktor

l_{dipole} = panjang elemen driver

Pengarah atau direktori yang terdekat pada antenna dipole adalah pengarah yang paling berpengaruh terhadap penguatan, dan pengaruh yang paling jauh memiliki pengaruh yang kecil dalam beberapa teori terdapat sebuah persamaan yang mengemukakan tentang jarak antara direktori, persamaan tersebut yaitu:

$$d = \frac{36,6}{f} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

d = jarak antara direktori (m)

f = frekuensi kerja (MHz)

4. Boom

Boom *Boom* adalah bagian ditempatkan driven, reflektor, dan direktor. Boom berbentuk sebatang logam atau kayu yang panjangnya sepanjang antenna itu.

2.2.3. Pola Radiasi

Pola radiasi antenna atau pola antenna didefinisikan sebagai perlambangan garfis dari sifat-sifat antenna sebagai fungsi dari koordinat-koordinat ruang. Di sebagian besar kasus, pola radiasi ditentukan di luasan wilayah dan direpresentasikan sebagai fungsi dari koordinat directional. Pola radiasi antenna menjelaskan bagaimana antenna meradiasikan energi ke ruang bebas atau bagaimana antenna menerima energy (**Jhon dan Ronald J, 2002 : 27**).

Pola radiasi jenis ini dimiliki oleh antenna antenna praktis dari jenis antenna terarah seperti antenna deret contohnya antenna yagi. Pola radiasi directional adalah pola radiasi terarah, dimana pola ini menggambarkan pancaran energi radiasi yang mengarah ke satu jurusan/arah, dalam hal ini ke bagian depan antenna.

Antenna-antenna jenis ini memancarkan energi radiasi yang tidak rata, sehingga rapat daya radiasi yang dihasilkan juga tidak rata. Persamaannya ditulis dalam bentuk persamaan tidak konstan yaitu berupa persamaan sinusoidal fungsi cosinus pangkat n tidak terbatas (**Niko Siagian , 2012 : 4**)

$$W = W_{max} \cos^n \theta \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

W : rapat daya radiasi (bervariasi sesuai θ)

W_{max} : rapat daya radiasi maksimum(pada $\theta = 0^\circ$)

θ : sudut pengarah (horizontal)

n : 1, 2, 3, ... , dst

2.2.4. Intensitas Radiasi dan Impedansi Antena

Intensitas radiasi adalah daya yang diradiasikan pada suatu arah per unitsudut dan mempunyai satuan watt per steradian. Impedansi antena didefinisikan sebagai perbandingan antara medan elektrik terhadap medan magnetik pada suatu titik. Besarnya intensitas radiasi akan sebanding dengan daya radiasi per sudut ruang (solid angle) antena. Intensitas radiasi ditulis dengan simbol U dan mempunyai satuan dasar watt/S_r (S_r = steradian), persamaannya ditulis (Jhon dan Ronald J, 2002 : 40).

$$U = k \frac{P_{rad}}{\Omega} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

U : intensitas radiasi (watt/S_r)

P_{rad} : daya radiasi (watt)

Ω : sudut ruang antena (S_r)

k : konstanta antena

sedangkan untuk persamaan intensitas pola directional (antena yagi) adalah :

$$U = U_{max} \cos^n \theta \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk mencari U_{max} pada persamaan 2.7 bisa menggunakan persamaan :

$$P_{rad} = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} U_{max} \cos^n \theta \sin \theta \, d\theta d\vartheta \dots (2.8)$$

Dari persamaan 2.8 maka diperoleh rumus U_{max}, yaitu :

$$U_{max} = \frac{(n+1)P_{rad}}{2\pi} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.2.5. Directivitas Antena

Directivity dari sebuah antena atau deretan antena diukur pada kemampuan yang dimiliki antena untuk memusatkan energi dalam satu atau lebih ke arah khusus. Antena dapat juga ditentukan pengarahannya tergantung dari pola

radiasinya. Kekuatan pengarah (directivity) merupakan faktor penentu besaran penguatan (gain) dari sebuah antena (**Constantine A Balanis, 1997 : 67**).

Kekuatan pengarah antena didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena (praktis) terhadap intensitas radiasi antena isotropis (referensi). Persamaan umum ditulis :

$$D = \frac{U}{U_o} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

D : kekuatan pengarah (tanpa satuan)

U : intensitas radiasi antena praktis (watt/S_r)

U_o : intensitas radiasi antena isotropis (watt/S_r)

Kekuatan pengarah dapat juga ditulis dalam satuan dB, dengan persamaan :

$$D_{(dB)} = 10 \log D_{(tanpa\ satuan)} \dots\dots\dots (2.11)$$

Kekuatan pengarah antena akan mempunyai nilai-nilai/persamaan-persamaan sesuai dengan jenis antena, dimana persamaannya ditulis berdasarkan bentuk pola radiasi. Untuk antena directional (antena yagi) mempunyai kekuatan pengarah yang tidak konstan ini disebabkan intensitas radiasi yang tidak rata. ditulis dengan persamaan (**Constantine A Balanis, 1997 : 69**).

$$D = \frac{P_{rad\ eff}}{P_{rad}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$P_{rad\ eff} = 4\pi U \dots\dots\dots (2.13)$$

Antena dengan pola radiasi directional mempunyai persamaan intensitas radiasi $U = U_{max} \cos^n \theta$ maka persamaan kekuatan pengarah dapat ditulis :

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{4 \pi U_{max} \cos^n \theta}{P_{rad}} \\
 &= \frac{P_{rad\,eff\,max}}{P_{rad}} \cos^n \theta \\
 D &= D_{max} \cos^n \theta \quad \dots\dots\dots (2.14)
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$D_{max} = \frac{4 \pi U_{max}}{P_{rad}} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

2.2.6. Gain Antena

Gain (*directive gain*) adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Gain antena juga dapat di definisikan sebagai ukuran keberarahan sebuah antena dimana gain antena sebagai keluaran daya, pada arah tertentu (**Stalling, William, 2007:104**). *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 pada persamaan (**Niko siagian, 2012 : 2**).

$$\text{Gain} = G = k \cdot D \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

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

Gain atau penguatan dari sebuah antena yang diperoleh dari memaksimalkan faktor-faktor penting elemen-elemen parasitik antena yang. Dalam meningkatkan *gain* antena yang mengubah pengaturan driver tidak akan memberikan efek yang banyak dalam penguatannya, cara yang paling efektif

adalah dengan melakukan pengaturan yang tepat pada besarnya ukuran serta jarak dalam penempatan elemen tersebut (Constantine A Balanis, 1997 : 75).

$$G_{max} = 10 \log G_{max} \dots\dots\dots (2.17)$$

Umumnya *gain* antenna yang akan menurun secara nyata apabila panjang reflektor lebih kecil ataupun sebaliknya panjang direktori lebih besar daripada panjang ukuran *dipole*.

2.2.7. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnet adalah gelombang yang mempunyai sifat listrik dan sifat magnet secara bersamaan. Gelombang radio merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik pada spektrum frekuensi radio. Gelombang dikarakteristikan oleh panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang (λ) memiliki hubungan dengan frekuensi (f) dan kecepatan (v) yang ditunjukkan pada Persamaan (Niko Siagian, 2012 :10)

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (2.15)$$

Panjang fisik antenna (L) adalah fungsi panjang gelombang (λ) yang tergantung pada frekuensi. Panjang antenna dalam meter dihitung dengan Persamaan :

$$L = \frac{\lambda}{2} \dots\dots\dots (2.16)$$

Kecepatan (v) bergantung pada medium. Ketika medium rambat adalah hampa udara (*free space*), maka :

$$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \dots\dots\dots (2.17)$$

(Niko Siagian, 2012 :10)

2.3. Perambatan Line Of Sight (LOS)

Salah satu mekanisme perambatan gelombang radio adalah LOS, yang merupakan lintasan gelombang radio yang mengikuti garis pandang. Transmisi ini terjadi jika antena pemancar dan penerima dapat “saling melihat” yaitu jika di antara keduanya dapat ditarik garis lurus tanpa hambatan apa pun. Perhatikan gambar 2.11 Lintasan LOS merupakan lintasan yang menghasilkan daya yang tertinggi diantara mekanisme-mekanisme yang lain (**Indah Susilawati, 2009 : 15**)

Dengan kata lain, lintasan LOS menawarkan rugi-rugi lintasan (pathloss) yang terendah. Di atas permukaan bumi, transmisi ini dibatasi jaraknya oleh lengkungan bumi. Perhatikan gambar 2.12 Rugi-rugi lintasan yang menyatakan penyusutan sinyal sebagai besaran positif dalam desibel (dB), didefinisikan sebagai perbedaan antara daya yang ditransmisikan (oleh pemancar) dengan daya yang diterima (oleh penerima). Dengan memperhitungkan perolehan antena pemancar dan penerima, maka rugi-rugi lintasan dapat ditentukan sebagai :

$$\begin{aligned}
 PL(dB) &= 10 \log \frac{P_t}{P_r} \\
 &= -10 \log \left[\frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] \dots\dots\dots (2.18)
 \end{aligned}$$

dengan

PL : rugi-rugi lintasan (dalam dB)

P_t: daya yang ditransmisikan (dalam watt)

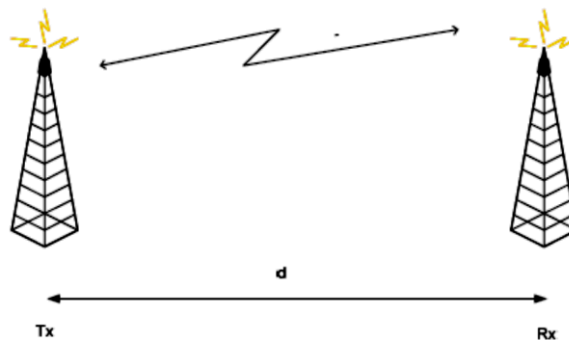
P_r: daya yang diterima (dalam watt)

G_t: perolehan antena pemancar

G_r: perolehan antena penerima

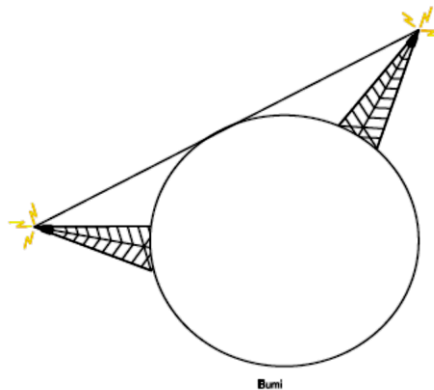
λ: panjang gelombang radio (dalam meter)

d : jarak antara antena pemancar dan antena penerima



Gambar 2.8. Lintasan LOS

(Sumber : <https://meandmyheart.files.wordpress.com/2009/09/kuliah-9-komunikasi-radio.pdf>)



Gambar 2.9. Lintasan LOS dibatasi Lengkungan Bumi

(Sumber : <https://meandmyheart.files.wordpress.com/2009/09/kuliah-9-komunikasi-radio.pdf>)

Lintasan LOS merupakan lintasan yang dapat diandalkan karena rugi-rugi lintasan yang rendah. Jika antara pemancar dan penerima tersedia lintasan semacam ini, maka dapat diharapkan dengan pasti tentang kualitas penerimaan sinyal. Hal inilah yang dimanfaatkan dalam komunikasi gelombang mikro, dimana masing-masing antena pemancar dan penerima menggunakan antena parabola dengan perarahan yang tinggi. Yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan lintasan LOS dalam hal ini adalah kenyataan bahwa kedua antena harus benar-benar dapat “saling pandang”. Jika kondisi ini tidak terpenuhi maka

akan membuat kegagalan dalam komunikasi, terutama jika lebar-berkas (*beamwidth*) antena cukup kecil. Lintasan LOS sangat berperan dalam komunikasi radio yang lain, misalnya komunikasi seluler (**Indah Susilawati, 2009 : 15**)

2.4. Fourth Generation Technology (4G)

2.4.1. Perkembangan standar Generasi Ke Empat 4G

Di Jepang, dengan memanfaatkan tenaga ahli 900 insinyur untuk mewujudkan teknologi 4G, operator NTTDOCOMO (operator layanan komunikasi bergerak yang secara prinsip beroperasi di Jepang). Teknologi 4G sendiri merupakan standar terbaru teknologi jaringan bergerak, sebagai perkembangan dari GSM (*Global System for Mobile Communication*)/ EDGE (*Enhanced Data Rate for GSM Evolution*) dan UMTS (*Universal Mobile Telephone Standard*)/HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*). Dimana WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) adalah sebuah forum industri yang mensertifikasi dan menstandarisasi produk-produk yang mengimplementasikan standar IEEE 802.16 WirelessMAN.

Arti atau pengertian 4G pada koneksi ponsel, *smartphone* dan perangkat telekomunikasi secara bahasa memiliki pemahaman berupa teknologi generasi ke empat atau *fourth generation technology* yang memberikan konektivitas internet cepat dan stabil. 4G sendiri merupakan salah satu standar yang sekarang telah menjadi ketetapan badan persatuan telekomunikasi internasional (International Telecommunication Union/ITU) sebagai standar konektivitas untuk digunakan pada perangkat jaringan ponsel secara global hampir semua negara maju dan berkembang (**Nurain Silalahi, 2002 : 80**)

Buku Saku Data dan Tren TIK Indonesia
Perbandingan Teknologi 1G – 4G

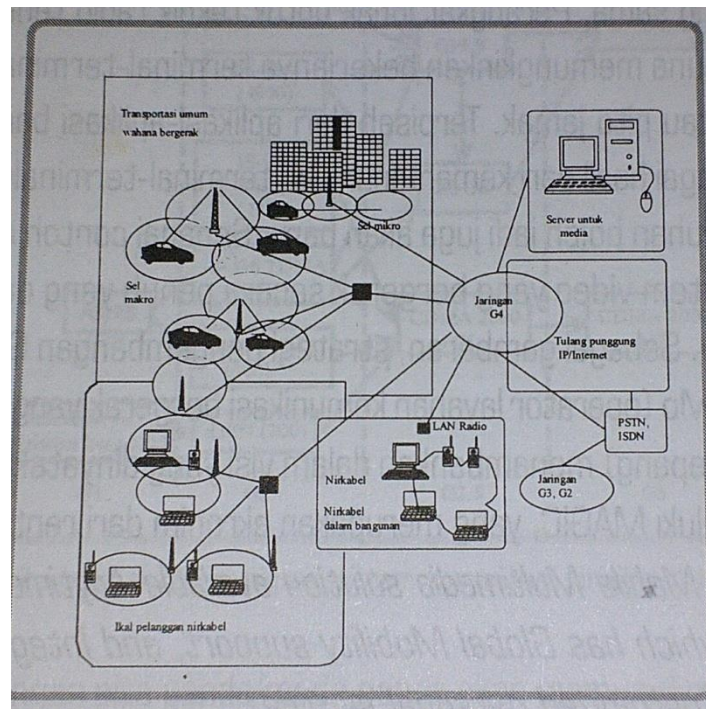
Technology	1G	2G/2.5G	3G	4G
Deployment	1970/1984	1980/1999	1990/2002	2000/2010
Bandwidth	2kbps	14-64kbps	2mbps	200mbps
Technology	Analog cellular	Digital cellular	Broadbandwidth/ cdma/ip technology	Unified ip & seamless combo of LAN/WAN /WLAN/PAN
Service	Mobile telephony	Digital voice, short messaging	Integrated high quality audio, video & data	Dynamic information access, variable devices
Multiplexing	FDMA	TDMA/CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit/circuit for access network & air interface	Packet except for air interface	All packet
Core network	PSTN	PSTN	Packet network	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal&Vertical

Gambar 2.10. Proses Menuju 4G dan Perbandingan 1G - 4G

(Sumber : <http://rohmatullah.student.telkomuniversity.ac.id/2015/11/21/evolusi-sistem-komunikasi-seluler/>)

2.4.2. Arsitektur Layanan Generasi 4G

Layanan baru generasi ke empat 4G akan berkembang menurut arsitektur layanan pada gambar berikut ini. Arsitektur jaringan LTE dirancang untuk tujuan mendukung trafik *packet switching* dengan mobilitas tinggi, *quality of service* (QoS), dan *latency* yang kecil. Pendekatan *packet switching* ini memperbolehkan semua layanan termasuk layanan *voice* menggunakan koneksi paket. Oleh karena itu pada arsitektur jaringan LTE dirancang sesederhana mungkin, yaitu hanya terdiri dari dua node yaitu eNodeB dan *mobility management entity/gateway* (MME/GW). Hal ini sangat berbeda dengan arsitektur teknologi GSM dan UMTS yang memiliki struktur lebih kompleks dengan adanya *radio network controller* (RNC). Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dengan hanya adanya *single node* pada jaringan akses adalah pengurangan *latency* dan distribusi beban proses RNC untuk beberapa eNodeB. Pengeliminasian RNC pada jaringan akses memungkinkan karena LTE tidak mendukung *soft handover*.



Gambar 2.11 Gambaran Arsitektur Jaringan dan Sel 4G

(Sumber : Sunomo.2004:334)

2.4.3. Macam-macam Teknologi 4G

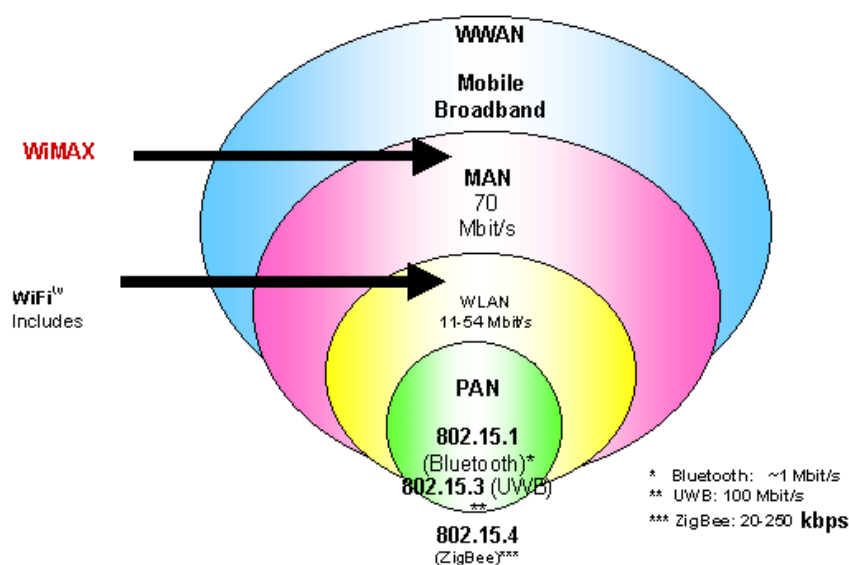
2.4.3.1 UMB (*Ultra Mobile Broadband*) atau CDMA2000 1xEV-DO Revisi C.

UMB adalah nama lain untuk CDMA 2000 1x EV-DO revisi C yang dapat mendukung kecepatan data hingga 280Mbps pada kondisi puncak sehingga dapat dikategorikan kedalam generasi 4G. UMB didesain untuk dapat melayani layanan IP Based Voice (VOIP), Multimedia, Broadband, Entertainment dan jasa elektronik komersial juga mendukung penuh jaringan jasa wireless pada lingkungan *mobile*. UMB mengkombinasikan aspek-aspek terbaik dari CDMA, TMD, LS-OFDM, dan OFDMA kedalam suatu Interface tunggal menggunakan mekanisme signaling dan Control optimasi yang lebih tinggi dan maju.

2.4.3.2 WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

WiMAX di perkenalkan oleh WiMAX Forum pada bulan Juni 2001. WiMAX mempunyai kemampuan dalam transfer data jarak jauh secara wireless, akses point to point untuk dukungan penuh akses mobile phone, sehingga dapat menjadi alternatif dari jaringan broadband dengan kabel dan DSL. WiMAX dapat menyesuaikan dengan jaringan standar IEEE 802.16 (untuk WiMAX standar IEEE 802.16e). Jaringan WiMAX di Indonesia pertama kali digunakan di Aceh setelah bencana tsunami Desember 2004 (tetapi WiMAX waktu itu belum di Standarisasi oleh IEEE sehingga di sebut Pra-WiMAX) untuk membantu komunikasi antar wilayah di Aceh. WiMAX menggunakan frekuensi mulai dari 3.3 GHz, 3.5 GHz, 2.3/2.5 GHz, atau 5 GHz (hal ini tergantung oleh regulasi frekuensi yang dikeluarkan oleh tiap negara, untuk Indonesia, India dan Vietnam, WiMAX menggunakan frekuensi 3.3 GHz. WiMAX secara teori dapat mengirim data samapi kecepatan 70 Mbps dengan jarak 48 km, tetapi pada prakteknya WiMAX hanya dapat mengirim data pada kecepatan 10 Mbps untuk jarak 10 km untuk daerah yang bebas dari gangguan (di luar kota) dan 10 Mbps untuk jarak 2 km didaerah urban (perkotaan). adalah singkatan dari *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, merupakan teknologi akses nirkabel pita lebar (*broadband wireless access* atau disingkat BWA) yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dengan jangkauan yang luas. WiMAX merupakan evolusi dari teknologi BWA sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik. Disamping kecepatan data yang tinggi mampu diberikan, WiMAX juga merupakan teknologi dengan open standar, dalam arti komunikasi perangkat WiMAX diantara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*). Dengan kecepatan data yang besar (sampai 70 MBps), WiMAX dapat diaplikasikan untuk koneksi *broadband „last mile“*, ataupun *backhaul*. Hal yang membedakan WiMAX dengan WiFi adalah standar teknis yang bergabung di dalamnya, jika WiFi menggabungkan standar IEEE802.11 dengan ETSI (*European Telecommunications Standards Intitute*) HiperLAN sebagai standar teknis yang cocok untuk keperluan WLAN, sedangkan WiMAX merupakan penggabungan

antara standar IEEE 802.16 dengan standar ETSI HiperMAN. Standar keluaran IEEE banyak digunakan secara luas di daerah asalnya, Amerika, sedangkan standar keluaran ETSI meluas penggunaannya di daerah Eropa dan sekitarnya. Untuk membuat teknologi ini dapat digunakan secara global, maka diciptakanlah WiMAX.



Gambar 2.12 Kategori Komunikasi *Wireless* Yang ditetapkan Dalam IEEE

(Sumber : <https://taufikk.wordpress.com/category/science/>)

2.4.3.2.1 Manfaat dan keuntungan dari WiMAX

1. Para operator telekomunikasi dapat menghemat investasi perangkat, karena kemampuan WiMAX dapat melayani pelanggannya dengan area yang lebih luas dan tingkat kompatibilitas lebih tinggi.
2. WiMAX salah satu teknologi memudahkan dalam mendapatkan koneksi Internet yang berkualitas dalam melakukan aktivitas.
3. Teknologi WiMAX dapat melayani para subscriber, baik yang berada dalam posisi Line Of Sight (posisi perangkat-perangkat yang ingin berkomunikasi masih berada dalam jarak pandang yang lurus dan bebas dari penghalang apa

pun di depannya) dengan BTS maupun yang tidak memungkinkan untuk itu (Non-Line Of Sight). Jadi di mana pun para penggunanya berada, selama masih masuk dalam area coverage sebuah BTS (Base Transceiver Stations), mereka mungkin masih dapat menikmati koneksi yang dihantarkan oleh BTS tersebut, dapat melayani baik para pengguna dengan antena tetap (fixed wireless) maupun yang sering berpindah-pindah tempat atau perangkat mobile lainnya. WiMAX serupa dengan wifi dimana WiMAX menyediakan alternatif nirkabel terhadap kabel untuk jaringan akses pita lebar jarak jauh (Stalling, William, 2007 :6)

2.4.3.3 LTE (*Long Term Evolution*)

3GPP LTE adalah nama yang diberikan untuk standar teknologi komunikasi baru yang dikembangkan oleh 3GPP untuk mengatasi peningkatan permintaan kebutuhan akan layanan komunikasi, LTE adalah lanjutan dan evolusi 2G dan 3G sistem dan juga untuk menyediakan layanan tingkat kualitas yang sama dengan jaringan *wired*.

The *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) mulai bekerja pada evolusi sistem selular 3G pada bulan November, 2004. 3GPP adalah perjanjian kerja sarana untuk pengembangan sistem komunikasi bergerak dalam rangka untuk mengatasi kebutuhan telekomunikasi di masa depan (kecepatan data yang tinggi, *efisiensi spektral*, dan lain-lain). 3GPP LTE dikembangkan untuk memberikan kecepatan data yang lebih tinggi, latency yang lebih rendah, spektrum yang lebih luas dan teknologi paket radio yang lebih optimal.

3GPP RAN *working group* memulai membuat standardisasi LTE/EPC pada Desember 2004 dengan studi kelayakan terhadap evolusi UTRAN dan untuk semua EPC IP *based*. Dibulan Desember 2007 semua spesifikasi fungsional LTE telah diselesaikan. selain itu, spesifikasi fungsional EPC telah dapat menjadi tonggak utama dalam *interworking* antara 3GPP dan jaringan CDMA. Di tahun 2008, 3GPP *working group* terus meneliti untuk menyelesaikan semua protokol dan spesifikasi *performance* LTE, dan tugas

tersebut dapat diselesaikan pada bulan Desember 2008 dan diakhiri dengan adanya 3GPP *release* 8.

Long Term Evolution adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah *projek* dan *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standar *mobile phone* generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dan teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3.5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2 Mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 14 Mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*, pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu LTE ini mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik *voice*, *data*, *video*, maupun IPTV.

LTE diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari LTE terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dan layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple-antena*, *fleksibel* dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada.

3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) mempunyai suatu latar belakang selama 10 tahun.

untuk pengembangan WCDMA karena 3GPP berawal dan tahun 1998. 3GPP *release* ditunjukkan pada gambar 6, dimulai dan WCDMA *release*, *release* 99 dan diikuti *release* berikutnya.

2.5 Mode Akses Radio Untuk LTE

Akses radio 3GPP untuk sistem LTE dirancang untuk beroperasi dalam dua mode operasi utama yaitu FDD (*Frequency Division Duplex*) dan TDD (*Time Division Duplex*). FDD adalah mode yang umum digunakan di seluruh dunia untuk UMTS dan LTE. Alokasi spektrum juga terikat dengan pilihan FDD atau TDD. Misalnya, operator WiMAX telah memanfaatkan spektrum WiMAX untuk berinvestasi dalam LTE TDD daripada FDD. Namun, dengan ketersediaan perangkat serta kesederhanaan penyebaran, FDD masih menjadi pilihan utama di seluruh dunia.

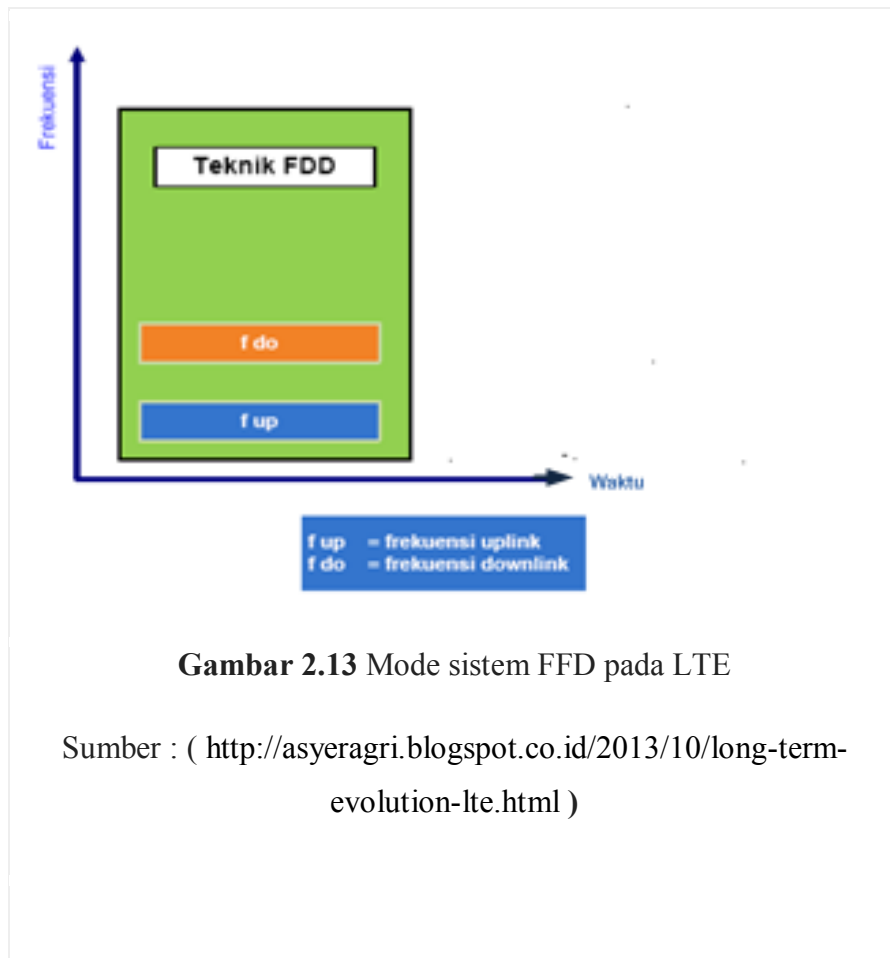
2.5.1 *Frequency Division Duplex (FDD)*

Penduplexan dengan menggunakan frekuensi disebut 'penduplexan divisi frekuensi atau FFD. Dalam teknik FFD ini, untuk setiap pengguna disediakan dua pita frekuensi untuk kanal komunikasinya. Pita tuju digunakan sebagai kanal penghubung dari BTS ke pesawat komunikasi, pita balik digunakan sebagai kanal penghubung dari pesawat komunikasi ke BTS.

Dengan demikian, di sini setiap kanal duplex sesungguhnya terdiri dari dua buah kanal simplek yang bersifat satu arah. Peranti yang digunakan disetiap pesawat pelanggan dan di BTS yang memungkinkan terjadinya pengiriman dan penerimaan transimi radio dalam pasangan kanal duplex ini disebut 'duplexer'.

Jarak rentang pemisahan frekuensi antara kanal tuju dan kanal balik memiliki nilai yang tetap di dalam keseluruhan sistemnya, tidak bergantung pada nomor-nomor yang digunakan. Dalam FDD, *uplink* terpisah dan *downlink* yang digunakan, yang memungkinkan perangkat untuk mengirimkan dan menerima data pada saat yang sama. Jarak antara uplink dan downlink saluran disebut sebagai jarak duplex. Saluran uplink beroperasi pada frekuensi yang lebih rendah. FDD merupakan teknik *duplex* yang menggunakan dua frekuensi yang berbeda untuk melakukan komunikasi dalam dua arah. Dengan menggunakan FDD dimungkinkan untuk mengirim dan menerima sinyal secara simultan dengan frekuensi yang berbeda-beda. Dengan teknik ini dibutuhkan *guard frequency* untuk memisahkan frekuensi pengiriman dan penerimaan secara simultan, serta dibutuhkan proses *filtering* frekuensi yang harus akurat. Hal ini dilakukan karena

frekuensi yang lebih tinggi mengalami redaman lebih besar dari frekuensi yang lebih rendah, oleh karena itu, memungkinkan ponsel untuk memanfaatkan tingkat pengiriman lebih rendah.



Gambar 2.13 Mode sistem FFD pada LTE

Sumber : (<http://asyeragri.blogspot.co.id/2013/10/long-term-evolution-lte.html>)

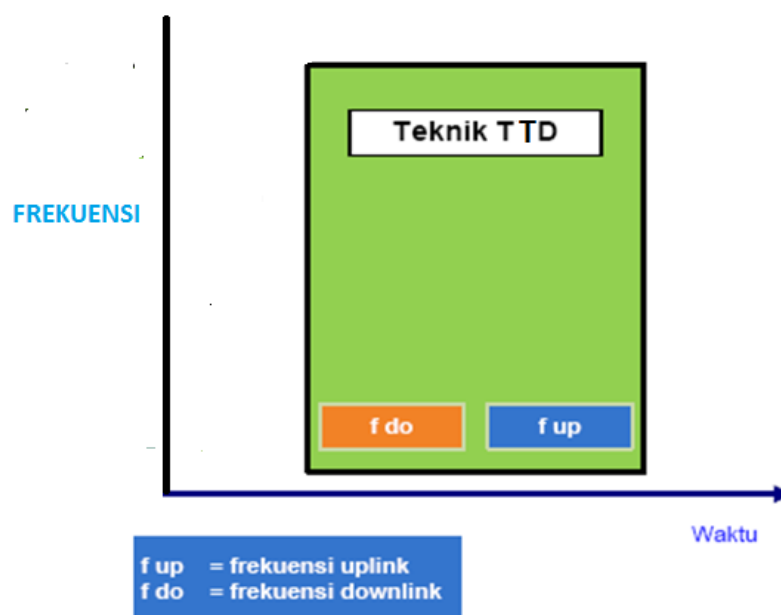
2.5.2 Time Division Duplex (TDD)

Penduplexan dalam arah waktu disebut 'penduplexan divisi waktu' atau disingkat dengan TDD. Jika waktu pemisahan antara kanal tujuh dan kanal balik yang menggunakan frekuensi yang sama ini bernilai cukup kecil- disebut slot waktu, maka pengiriman 'data' (percakapan telah diubah menjadi berbentuk data digital) akan terdengar serentak dalam waktu yang bersamaan bagi para penggunanya.

TDD memungkinkan operasi full duplex menggunakan pita frekuensi tunggal dan pembagian waktu multiplexing *uplink* dan *downlink* sinyal. Salah satu

keuntungan dari TDD adalah kemampuannya untuk memberikan asimetris *uplink* dan *downlink* alokasi. TDD menggunakan frekuensi tunggal dan frekuensi tersebut digunakan oleh semua kanal untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data. Setiap kanal tersebut di-*multiplexing* dengan menggunakan basis waktu sehingga setiap kanal memiliki *time slot* yang berbeda

Keuntungan lainnya termasuk alokasi dinamis, peningkatan efisiensi spektral, dan meningkatkan penggunaan teknik beamforming. Hal ini disebabkan memiliki uplink dan downlink yang sama karakteristik frekuensi. TDD memungkinkan komunikasi dilakukan pada sebuah kanal tunggal (dalam frekuensi yang sama), dan membuat piranti pelanggan menjadi lebih sederhana, karena tidak membutuhkan duplexer (Sunomo, 2004 :257)

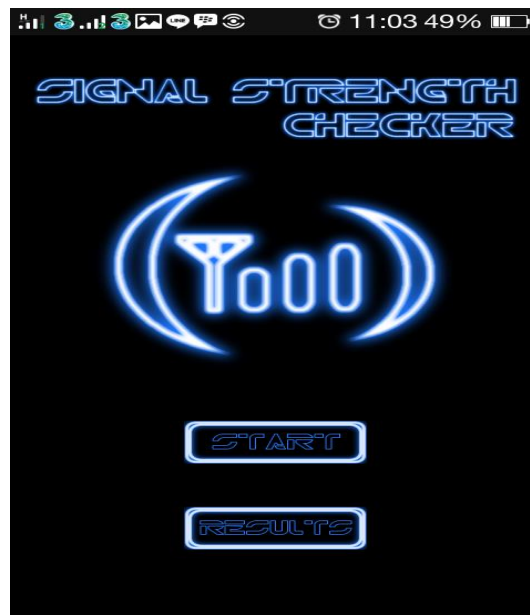


Gambar 2.14 Mode sistem TTD pada LTE

(Sumber : <http://asyeragri.blogspot.co.id/2013/10/long-term-evolution-lte.html>)

2.6 Signal Strength Checker

Signal Strength Checker adalah aplikasi yang dikembangkan oleh perusahaan TAMA O dimana pada aplikasi ini kita dapat melihat kekuatan sinyal dan informasi jaringan telepon selular. Aplikasi ini sangat aman karena tidak memerlukan izin pada saat penginstalan dan juga mudah untuk mendapatkannya karena sudah tersedia di *playstore*.



Gambar 2.15 Tampilan Aplikasi Signal Strength Pada *Handphone*

2.7 Ookla Speedtest

Aplikasi ookla Speedtest adalah aplikasi yang digunakan untuk menguji kecepatan internet pada *handphone*.



Gambar 2.16 Tampilan Aplikasi Ookla Speedtest pada *Handphone*.

2.8 Aplikasi Google Map

Google Maps adalah layanan pemetaan desktop yang web yang dikembangkan oleh Google. Menawarkan citra satelit, peta jalan, 360 ° panorama jalan-jalan (Street View), kondisi lalu lintas real-time (Google Traffic), dan perencanaan rute untuk bepergian dengan berjalan kaki, mobil, sepeda (dalam versi beta), atau angkutan umum.



Gambar 2.17 Tampilan aplikasi google map pada *Handphone*

2.9 Penginstalan Aplikasi Untuk Melihat Gain Antena pada *Handphone*.

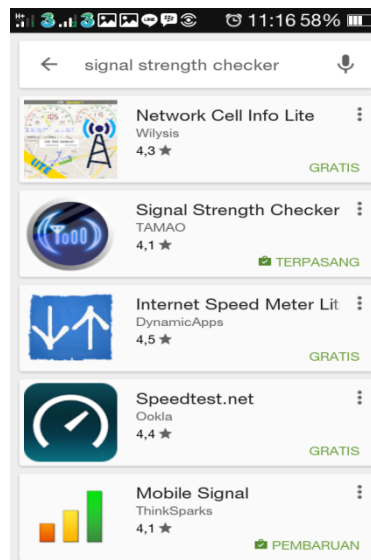
Aplikasi yang digunakan penulis untuk melihat *gain* yang diterima oleh *handphone* yaitu *signal strength checker* . Aplikasi ini dapat di unduh secara gratis di *playstore* yang terdapat di *handphone* penulis. Adapun langkah-langkah yang diperlukan untuk menginstal aplikasi ini yaitu :

1. Pertama, buka aplikasi *playstore* pada *handphone*



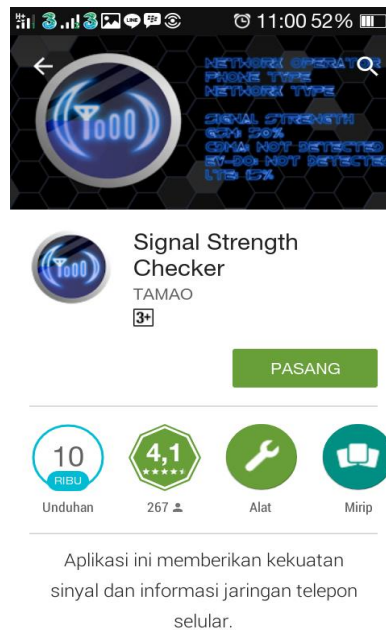
Gambar 2.18 Tampilan Aplikasi Pada *Playstore*.

2. Lalu ketikkan kata *signal strength checker* pada kolom pencarian



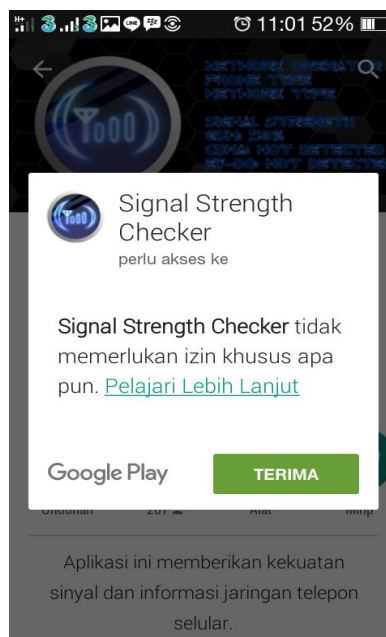
Gambar 2.19 Tampilan Kolom *Search* Pada Aplikasi *Playstore*.

3. Setelah itu klik tombol pasang pada *hanphone*.



Gambar 2.20 Tampilan Aplikasi *Signal Strength Checker* Pada Aplikasi *Playstore*.

- Setelah itu klik tombol terima pada *hanphone*.



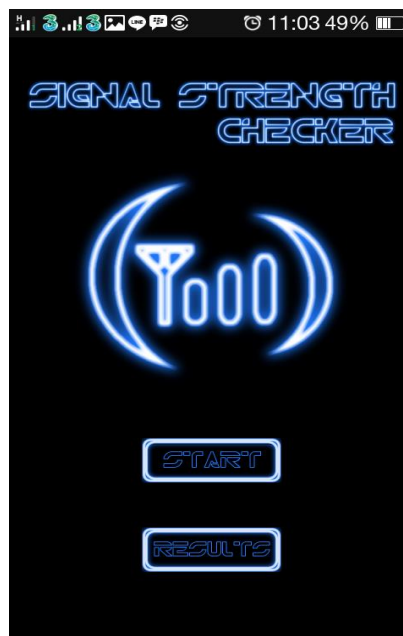
Gambar 2.21 Tampilan Tombol Terima Pada Aplikasi *Signal Strength Checker* Setelah Mengklik Tombol Pasang.

- Setelah di unduh, kemudian tekan tombol buka untuk melihat aplikasi apakah sudah terpasang pada *handphone*.



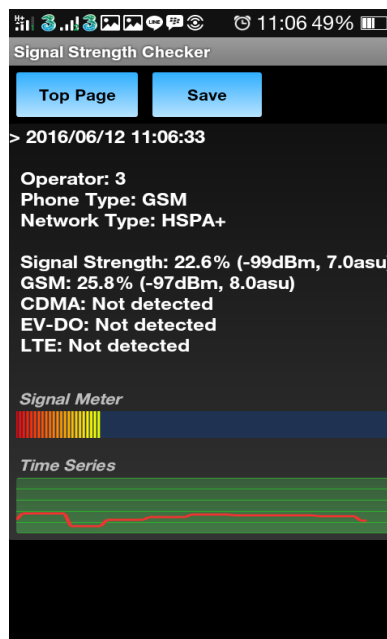
Gambar 2.22 Tampilan Tombol buka Pada Aplikasi *Signal Strength Checker* Setelah terpasang pada *Handphone*.

6. Setelah dirasa sudah terpasang, kemudian klik tombol *start* pada aplikasi tersebut.



Gambar 2.23 Tampilan Tombol *start* dan *result* Pada Aplikasi *Signal Strength Checker* Setelah terpasang di *Hanphone*.

7. Pada aplikasi ini kita dapat melihat deteksi sinyal, operator yang terpasang pada hanphone, *signal strenght* dan *signal meter*.



Gambar 2.24 Tampilan Status Pada Aplikasi *Signal Strength Checker* Setelah terpasang pada *Handphone*.

2.10 Penginstalan Aplikasi Untuk Menguji Kecepatan Internet pada *Handphone*.

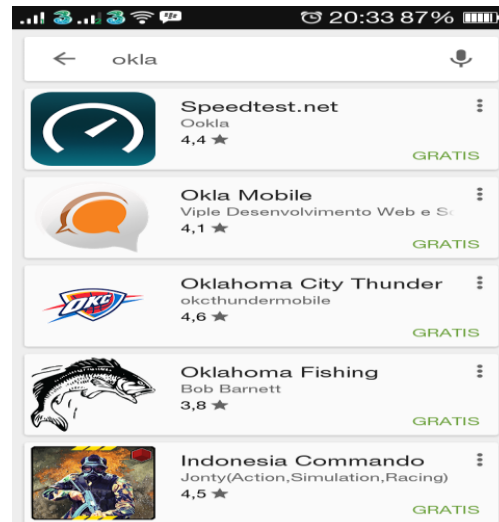
Aplikasi yang digunakan penulis untuk menguji kecepatan internet yang diterima oleh *handphone* yaitu ookla speedtest . Aplikasi ini dapat di unduh secara gratis di *playstore* yang terdapat di *handphone* penulis. Adapun langkah-langkah yang diperlukan untuk menginstal aplikasi ini yaitu :

1. Pertama, buka aplikasi *playstore* pada *handphone*.



Gambar 2.25 Tampilan Aplikasi Pada *Playstore*.

2. Lalu ketikkan kata *ookla speedtest* pada kolom pencarian.



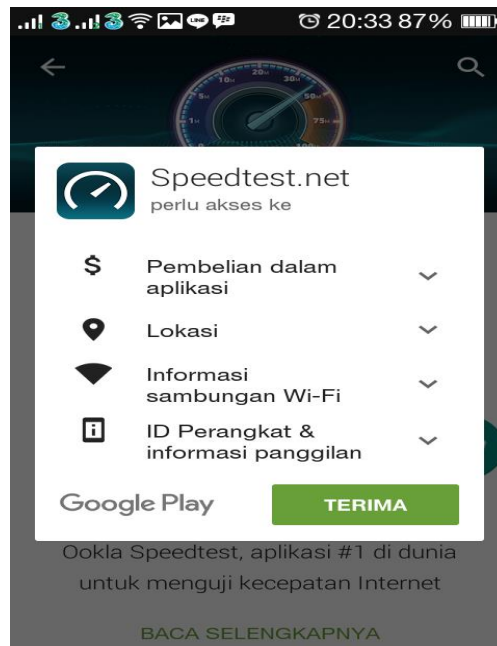
Gambar 2.26 Tampilan Kolom *Search* Pada Aplikasi *Playstore*.

3. Setelah itu klik tombol pasang pada *hanphone*.



Gambar 2.27 Tampilan Aplikasi Ookla Speedtest pada Aplikasi *Playstore*.

4. Setelah itu klik tombol terima pada *hanphone*.



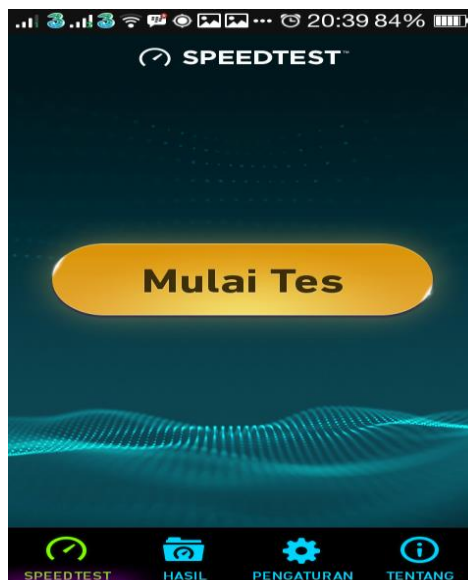
Gambar 2.28 Tampilan Tombol Terima pada Ookla Speedtest Setelah Mengklik Tombol Pasang.

5. Setelah diunduh, kemudian tekan tombol buka untuk melihat aplikasi apakah sudah terpasang pada *handphone*.



Gambar 2.29 Tampilan Tombol buka pada Aplikasi Ookla Speestest Setelah terpasang pada *Handphone*.

6. Setelah dirasa sudah terpasang, kemudian klik tombol mulai tes pada aplikasi tersebut.



Gambar 2.30 Tampilan Tombol Mulai Tes Pada Ookla Speedtest Setelah Terpasang di *Hanphone*.

2.11 Penginstalan Aplikasi Untuk Melihat Jarak Pengukuran Dan Pengujian Pada Antena.

Aplikasi yang digunakan penulis untuk Untuk Melihat jarak pengukuran antena. Aplikasi ini dapat di unduh secara gratis di *playstore* yang terdapat di *handphone* penulis. Adapun langkah-langkah yang diperlukan untuk menginstal aplikasi ini yaitu :

1. Pertama, buka aplikasi *playstore* pada *handphone*.
2. Lalu ketikkan kata google map pada kolom pencarian.
3. Setelah itu klik tombol pasang pada *hanphone*.
4. Setelah itu klik tombol terima pada *hanphone*.
5. Setelah diunduh, kemudian tekan tombol buka untuk melihat aplikasi apakah sudah terpasang pada *handphone*.
6. Aplikasi siap digunakan.