

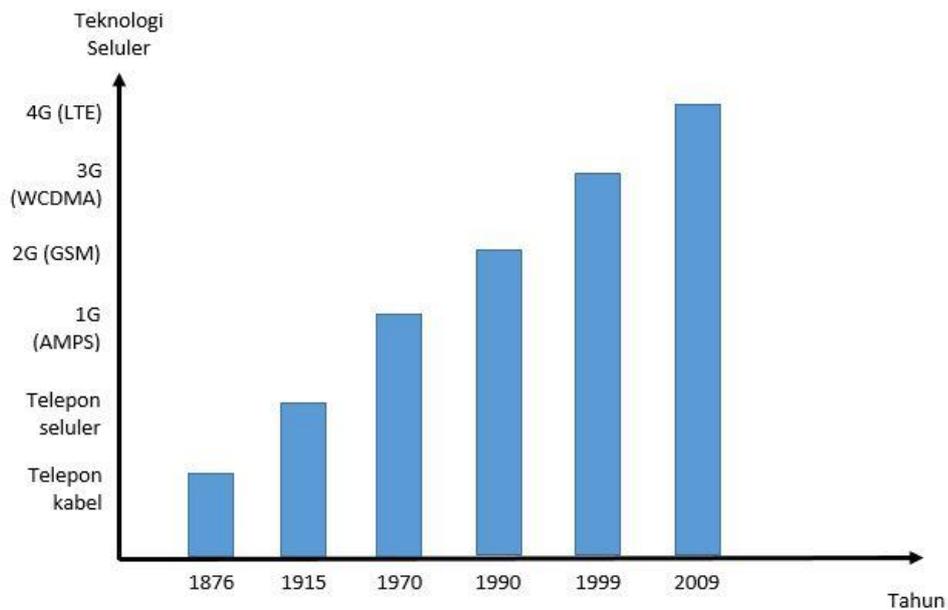
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sejarah Telekomunikasi Seluler

Telepon diciptakan oleh Allexander Graham Bell pada tahun 1876, dan komunikasi tanpa kabel (*wireless*) ditemukan oleh Nikolai Tesla pada tahun 1880 yang kemudian dikembangkan oleh Guglielmo Marconi. Pada sistem radio telepon diperlukan menara Antenna yang terpusat dan hanya menyediakan 25 saluran pada setiap menaranya. Menara Antenna ini harus mempunyai daya pancar yang sangat kuat untuk dapat memancarkan sinyal hingga 70 Km, karena saluran yang cukup terbatas mengakibatkan tidak semua orang dapat menggunakan radio telepon ini.

Sejak tahun 1940 teknologi *wireless* dan *cellular* mulai diperkenalkan secara komersil, sistem radio seluler ini ternyata telah menjadi proyek nasional di negara Jepang sejak 1967, sejak tahun tersebut Jepang melakukan beberapa eksperimen tentang teknologi perambatan pada radio, kekuatan sinyal dan penelitian tentang daya tangkap sinyal diarea perkotaan menggunakan frekwensi 400 Mhz dan kemudian 900 Mhz. Pada tahun 1973 Motorola mempetakan sistem radio sehingga pada tahun 1973 *Project Manager* Motorola Dr. Couper untuk pertama kalinya memasang *base station* di *network* dan membuat *prototipe* telepon seluler. Pada tahun 1974 *federal communication commision (FCC)* Amerika memutuskan untuk membuka dan menambah spektrum 115 Mhz serta 2300 *chanel* untuk digunakan bagi perkembangan telepon seluler secara komersil.



Gambar2.1 Grafik Perkembangan Teknologi Seluler

Dari gambar grafik di atas menunjukkan bahwa perkembangan teknologi seluler semakin berkembang tiap tahunnya. Dalam perkembangannya selain lebih baik dari generasi sebelumnya bertambah juga fasilitas yang bisa digunakan oleh pengguna, mulai dari kecepatan data, transfer multimedia dll.

2.2 1G AMPS

Teknologi yang diusung pada generasi awal adalah sebagian besar menggunakan sistem analog. Sistem analog ini dapat dengan mudah didengarkan oleh orang lain diudara. Selain itu kecepatannya pun rendah (*low-speed*) dan percakapan sebagai trafik utamanya. Pada generasi ini yang terkenal adalah AMPS yang dikembangkan oleh Bell Labs USA pada tahun 1970, teknologi AMPS menggunakan modulasi frekuensi sebagai mekanisme transmisi dan beroperasi pada pita frekuensi 800 MHz. AMPS kemudian menjadi standar komunikasi seluruh dunia.

2.3 GSM (*Global System for Mobile*)

Global System for Mobile adalah sebuah teknologi komunikasi seluler yang bersifat digital. Teknologi GSM banyak diterapkan pada komunikasi bergerak, khususnya telepon genggam. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai pada tujuan. GSM dijadikan standar global untuk komunikasi seluler sekaligus sebagai teknologi seluler yang paling banyak digunakan orang di seluruh dunia. GSM juga merupakan standar yang diterima secara global untuk komunikasi selular digital. Sebagian jaringan GSM beroperasi pada band 900 MHz atau 1800 MHz. Pada band 900 MHz, untuk uplink band frekuensi dialokasikan (890 – 915) MHz dan untuk downlink band frekuensi dialokasikan (935 – 960) MHz. Bandwith 25 MHz yang dibagi – bagikan ke dalam 124 kanal frekuensi pembawa dan masing – masing dialokasikan 200 kHz tiap bagian.



2.4 3G (WCDMA/UMTS)

UMTS merupakan suatu revolusi dari GSM yang mendukung kemampuan generasi ketiga (3G). UMTS menggunakan teknologi akses WCDMA dengan system DS-WCDMA (*Direct Sequence Wideband CDMA*). Terdapat dua mode yang digunakan dalam WCDMA dimana yang pertama menggunakan FDD (*Frequency Division Duplex*) dan kedua dengan menggunakan TDD (*Time Division Duplex*). FDD dikembangkan di Eropa dan Amerika sedangkan TDD dikembangkan di Asia. Pada WCDMA FDD, digunakan sepasang frekuensi pembawa 5 MHz pada uplink dan *downlink* dengan alokasi frekuensi untuk *uplink* yaitu 1945 MHz – 1950 MHz

dan untuk downlink yaitu 2135 MHz – 2140 MHz. Perbandingan antara *spreading rate* (kecepatan chip tiap detik) terhadap *user data rate* (kecepatan simbol data user tiap detik) dikenal sebagai *spreading factor*. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi *chip rate*, maka semakin banyak user yang dapat ditampung. Pengertian lainnya adalah dalam menentukan jumlah user, semakin besar jumlah *chip rate*, maka semakin tinggi kecepatan data yang diperoleh masing-masing user. Dalam WCDMA, *chip rate* yang digunakan sebesar 3,84 Mbps.

Tabel 2.1. Perbedaan Generasi Telekomunikasi Seluler.

Generasi	Band Frekuensi	Data Rate	Fitur
1G	800 Mhz	2,4 kbps	Suara (telepon)
2G	900 Mhz	64 kbps	Suara, SMS
3G	2100 Mhz	2 Mbps	Suara, SMS, Internet
4G	>2200 Mhz	20 Mbps	Peningkatan dari 3G

2.4.1 Sistem WCDMA UMTS

Pada sistem generasi ketiga ini didesain untuk komunikasi multimedia untuk komunikasi *person-to-person* dapat disajikan dengan tingkat kualitas gambar dan video yang baik, dan akses terhadap informasi serta layanan-layanan pada *public* dan *private network* akan disajikan dengan *data rate* dan kemampuan sistem komunikasi pada generasi ketiga ini lebih fleksibel. Seiring dengan kemajuan evolusi dari sistem generasi kedua, akan menciptakan suatu kesempatan bisnis baru yang tidak hanya untuk kalangan para manufaktur dan operator-operator, tetapi juga untuk beberapa *content provider* dan pengembang aplikasi yang menggunakan jaringan ini. Sistem ini merupakan evolusi dari sistem CDMA pada IMT-2000. Infrastrukturnya mampu mendukung user dengan *data*

rate tinggi, mendukung operasi yang bersifat asinkron, bandwidthnya secara keseluruhan 5 MHz dan didesain untuk dapat berdampingan dengan sistem GSM. Sehingga sistem ini pun didesain dengan karakteristik tertentu dengan parameter-parameter sebagai berikut:

- WCDMA merupakan suatu sistem *wideband Direct-Sequence Code Division Multiple Access* (DS-SS-CDMA), dalam penjelasannya, bit-bit informasi ditebar pada sebuah *wide bandwidth* dengan cara perkalian antara data *user* dengan bit-bit *quasi-random* (disebut *chip-chip*) yang berasal dari kode-kode *spreading* CDMA. Agar dapat mendukung *bit rate* berukuran sangat besar (*up to 2 Mbps*), penggunaan dari variabel *factor spreading* dan koneksi-koneksi *multicode* harus didukung juga. Sebagai contoh cara pengaturan koneksi *multicode* ini dijelaskan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2 Pengaturan Koneksi *Multicode*. (Anonim, 2009)

- *Chip rate* dengan nilai 3.84 Mbps memandu sinyal *user* pada sebuah *carrier bandwidth* yaitu kira-kira 5 MHz. Sistem DS-SS-CDMA biasanya yang dipakai sebelumnya dengan *bandwidth* sekitar 1 MHz, seperti pada IS-95, secara umum digunakan sebagai dasar *narrowband* pada system CDMA. Sudah menjadi sifat dari *wide carrier bandwidth* dari WCDMA mendukung *high user data rate* dan juga memiliki performansi keuntungan tertentu, seperti meningkatkan *multipath*

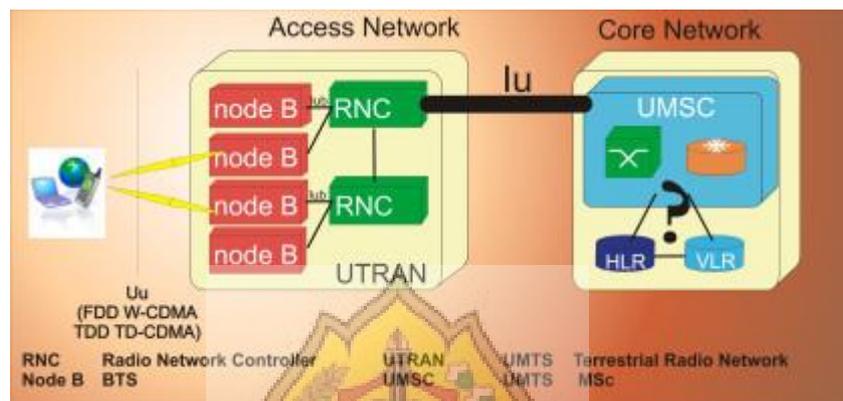
diversity. Sesuai dengan lisensi operasinya, *network operator* dapat merancang dengan *multiple* sinyal *carrier* 5 MHz untuk menaikkan kapasitas. Gambar diatas juga menunjukkan hal tersebut. *Actual carrier spacing* dapat dipilih pada satu batasan frekuensi 200 KHz antara kira-kira 4.4 dan 5 MHz, tergantung dari pada tingkat *interference* antar *carrier*.

- Sistem WCDMA mendukung variabel *data rates user* yang cukup besar. *Data rate user* dijaga konstan selama tiap 10, 20, 40 dan 80 ms frame tergantung kebutuhan QoSnya. Namun, kapasitas data diantara *user-user* dapat berubah dari *frame to frame*. Gambar diatas menunjukkan contohnya untuk kasus tersebut. Alokasi kapasitas radio yang cepat ini akan dikontrol secara khusus oleh *network* untuk mencapai *throughput optimum* untuk paket layanan data.
- WCDMA mendukung operasi dua mode dasar: *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Namun pada artikel ini hanya dipakai satu mode saja yaitu mode FDD. Pada mode FDD, frekuensi-frekuensi *carrier* dipisah 5 MHz untuk penggunaan *uplink* dan *downlink* masing-masing, sedangkan pada mode TDD hanya satu frekuensi 5 MHz dengan waktu yang dipakai bergantian (*time-shared*) antara *uplink* dan *downlink*. Dengan *uplink* sebagai koneksi dari *mobile user* ke arah *base station*, dan *downlink* sebagai koneksi dari *base station* ke arah *mobile*.

2.4.2 Arsitektur Jaringan WCDMA

Struktur jaringan dari WCDMA UMTS memiliki dua sub-network:

- Jaringan telekomunikasi dan jaringan manajemennya. Pada bagian jaringan telekomunikasi mempunyai fungsi untuk mentransportasikan informasi antara *end-connection*-nya.



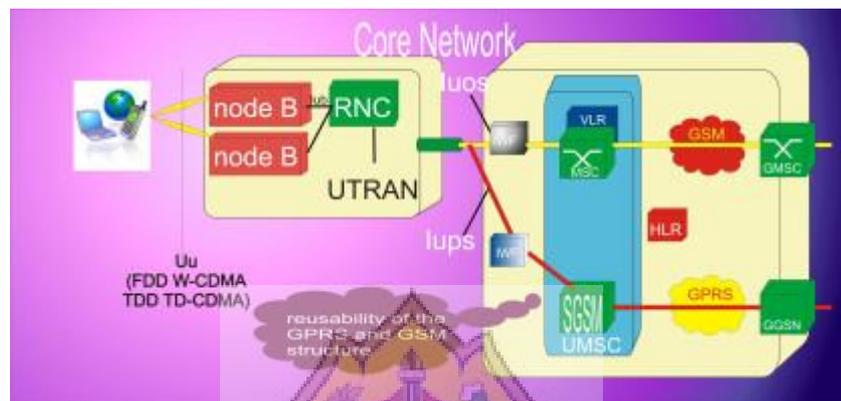
Gambar 2.3 Struktur Jaringan WCDMA. (Radi,2011)

- Jaringan manajemen mempunyai fungsi menghitung, mendaftarkan, melakukan pengaturan dan penangani keamanan dari data, operasi dari tiap elemen dari jaringan harus mendukung operasi jaringan yang tepat yaitu pendeteksian dan menangani masalah data yang error dan yang bersifat anomaly atau operasi kosong setelah mengalami *disconnection* atau mengembalikan periode dari beberapa elemen-elemen data yang ditransmisikan. Jaringan UMTS memiliki elemen jaringan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Core Network

Jaringan Lokal (*Core Network*) Jaringan Lokal menggabungkan fungsi kecerdasan dan transport. *Core Network* ini mendukung pensinyalan dan transport informasi dari trafik, termasuk peringanan beban trafik. Fungsi-fungsi kecerdasan

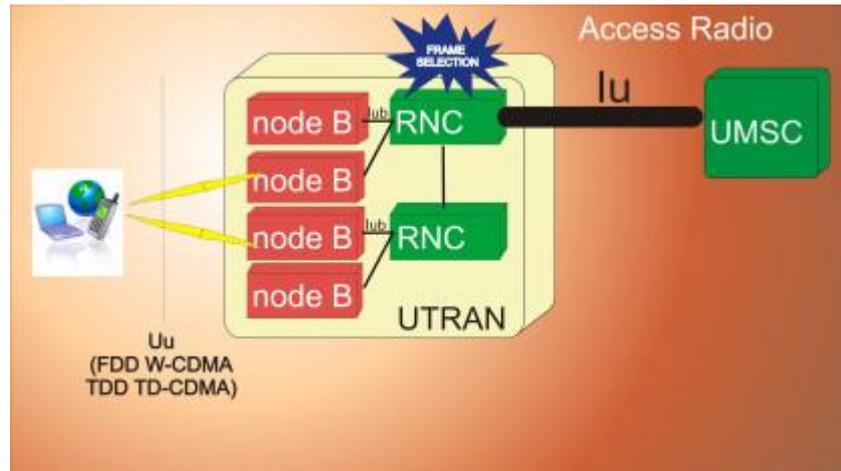
yang terdapat langsung seperti logika dan dengan adanya keuntungan fasilitas kendali dari layanan melalui antarmuka yang terdefinisi jelas; yang juga pengaturan mobilitas. Dengan melewati inti jaringan, UMTS juga dihubungkan dengan jaringan telekomunikasi lain, jadi sangat memungkinkan tidak hanya antara pengguna UMTS mobile, tetapi juga dengan jaringan yang lain.



Gambar 2.4 Core Network. (Radi,2011)

b. Jaringan Radio Akses (UTRAN)

Jaringan akses radio menyediakan koneksi antara terminal mobile dan Core Network. Dalam UMTS jaringan akses dinamakan UTRAN (Access Universal Radio electric Terrestrial). UTRA mode UTRAN terdiri dari satu atau lebih Jaringan Sub-Sistem Radio (RNS). Sebuah RNS merupakan suatu sub-jaringan dalam UTRAN dan terdiri dari Radio Network Controller (RNC) dan satu atau lebih Node B. RNS dihubungkan antar RNC melalui suatu *IurInterface* dan Node B dihubungkan dengan satu *IubInterface*.



Gambar 2.5 Jaringan Radio Akses. (Radi,2011)

c. Terminal atau UE

User Equipment (UE) adalah nama yang berhubungan dengan *terminal* atau *mobile*. *Terminal mobile* yang terhubung ke *Mobile Station* untuk membangun koneksi. Untuk terhubung dengan jaringan, terminal mobile membutuhkan kartu UMTS. Pemakaian Equipment, merupakan peralatan yang setiap user harus dapat melakukan komunikasi dengan base station pada saat usernya memutuskan berkomunikasi dengan base station pada saat yang bersamaan dimana *user* tersebut masih berada pada *coverage area*. UE dapat memiliki ukuran yang berbeda-beda, "*forma*", tetapi semua terminal harus dapat mendukung standard dan protokol yang sama. Jika satu mobile didesain bekerja pada sistem UMTS, harus dapat berkomunikasi dengan satu mobile yang menggunakan sistem 2G. Pertama-tama terminal UMTS didesain dalam *multi-band* dan *multi-mode*, mengizinkan banyak user untuk mengubah ke UMTS, GPRS dan layanan GSM pada band-band frekuensi yang berbeda dan pada perjalanan di seluruh dunia.

d. Jaringan Komunikasi (*Transmission Networks*)

Jaringan-jaringan transmisi digunakan untuk mengoneksikan elemen elemen yang berbeda yang terintegrasi dalam semua jaringan.

➤ *Interface Uu*

Uu Interface terletak diantara User terminal dan jaringan UTRAN. *Interface*-nya menggunakan teknologi WCDMA.

➤ *Interface Um*

Interface ini menghubungkan antara BTS dengan MS.

➤ *Interface Iu*

Iu merupakan *Interface* yang menghubungkan *core network* dengan *Access Network* UTRAN.



➤ *Interface Iu-CS*

Interface ini, *Iu-Cs* digunakan ketika jaringan berbasis pada komutasi paket dan menghubungkan jaringan UTRAN dengan MSC.

➤ *Interface Iu-PS*

Interface ini menghubungkan jaringan akses dengan SGSN dari *core network*.

➤ *Interface Iu-Bis*

Interface ini menghubungkan RNC dengan Node B.

➤ *Interface A bis*

Interface ini menghubungkan BTS dengan BSC.

➤ *Interface Gb*

Interface ini menghubungkan BSC dengan SGSN.

➤ *Interface Gs*

Interface ini menghubungkan SGSN dengan MSC/VLR.

➤ *Interface Gp*

Interface ini menghubungkan SGSN dengan GGSN.

➤ *Interface H*

Interface ini menghubungkan AUC dengan HLR.



2.5 Antenna

Antenna merupakan elemen penting yang ada pada setiap sistem telekomunikasi tanpa kabel (nirkabel/wireless). Pemilihan antenna, perancangan dan pemasangan yang tepat akan menjamin kinerja sistem tersebut.

Antenna adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetika. Antenna sebagai alat pemancar (*transmitting antenna*) adalah sebuah transduser (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas, dan sebagai alat penerima (*receiving antenna*) mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun. Dengan definisi antenna di atas, adalah suatu kepastian, bahwa di setiap sistem komunikasi tanpa kabel terdapat komponen yang bisa mengubah gelombang tertuntun menjadi gelombang ruang bebas dan sebaliknya, komponen ini adalah antenna.



Gambar 2.6 Perambatan Gelombang (J,Herman,1986)

2.5.1 Penemu Antenna

Heinrich Rudolf Hertz (22 Februari 1857 - 1 Januari 1894) adalah fisikawan Jerman yang menemukan pengiriman energi listrik dari 2 titik (point) tanpa kabel (nirkabel). Penemuannya yang paling mutakhir adalah *electric charge jump*. Dia juga adalah orang yang berjasa membuktikan teori Elektromagnetisme yang ditemukan oleh Maxwell itu benar - benar ada. Dia juga adalah orang yang membuat gelombang radio dan berhasil memancarkannya. Heinrich Rudolf

Hertz adalah orang yang menciptakan alat pemancar (*transmitter*), dan penerima sinyal (*reciever*). Dan Heinrich Rudolf Hertzlah orang yang menciptakan antenna.

2.5.2 Esensi Antenna Pada Dunia Telekomunikasi Wireless

Sebuah antenna didefinisikan sebagai piranti yang dipergunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di pemancar menjadi gelombang ruang bebas. Gelombang radio ini akan merambat di ruang bebas dari pemancar ke penerima. Di penerima, antenna akan mengubah gelombang ruang bebas ini menjadi gelombang tertuntun.

Keberadaan antenna pada sistem telekomunikasi tanpa kabel menjadi suatu yang tidak bisa dihindarkan. Setiap aplikasi menuntut suatu karakteristik dari antenna yang dipakainya, yang harus didapatkan pada proses perencanaan perancangan antenna. Berikut aplikasi penting dari penggunaan antenna.

➤ Telekomunikasi

Penggunaan antenna pada sistem telekomunikasi ini diprioritaskan dari penggunaan kabel, dikarenakan oleh ketidak-mungkinan, ketidakpraktisan dan ketidakefisienan:

- a. Telekomunikasi antara pengguna yang bergerak, seperti sistem seluler.
- b. Telekomunikasi *broadcast* (televisi dan radio).
- c. Telekomunikasi hubungan gelombang mikro (*microwave link system*).

➤ Radar

Antenna merupakan pilihan satu-satunya untuk komunikasi dengan bergerak. Di teknik radar, antenna yang dipergunakan harus memiliki *beamwidth* yang sangat kecil, sehingga bisa membedakan objek satu dengan yang lainnya.

➤ Astronomi Radio

Seperti halnya pada teknik radar, untuk aplikasi astronomi dipergunakan antenna yang mempunyai *beamwidth* yang sangat sempit.

2.5.3 Jenis Jenis Antenna

a. Antenna *Omnidirectional*

Antenna Omni memiliki pola radiasi yang menyebar sama rata ke segala arah, sehingga cocok digunakan sebagai antenna access point. Jarak bagian bawah dekat *connector coax* adalah setengah panjang gelombang, jarak bagian tengah adalah tiga per empat panjang gelombang, dan panjang bagian ujung (*whip*) sedikit lebih pendek dari tiga per empat panjang gelombang, untuk mengurangi efek *capacitance* antenna *Omnidirectional* dapat memancarkan gelombang ke segala arah. Yang termasuk antenna directional adalah antenna model yagi seperti kebanyakan yang dipakai sebagai antenna penerima siaran TV. Contoh antenna *omnidirectional* adalah antenna model *groundplane*.





Gambar 2.7 Antenna *Omnidirectional*. (Afandi, 2015)

b. Antenna Grid

Antenna ini merupakan salah satu antenna *wifi* yang sering digunakan karena pola pancar yang dimilikinya fokus pada titik tertentu sehingga sinyal yang dikirimkan dapat dilakukan dengan baik.



Gambar 2.8 Antenna Grid. (Afandi,2015)

c. *Antenna Parabolic*

Antenna parabola adalah sebuah antenna berdaya jangkau tinggi yang digunakan untuk komunikasi radio, televisi dan data dan juga untuk *radio location* (RADAR). Antenna parabolik dipakai untuk jarak menengah atau jarak jauh dan *gain*-nya bisa antara 18 sampai 28 dBi dan jenis Antenna ini juga bisa tersambung dengan jaringan *wifi* jika kedua antenna tersebut saling berhadapan.



Gambar 2.9 *Antenna Parabolic*. (Afandi,2015)

d. *Antenna Sectoral*

Antenna Sectoral hampir mirip dengan *Antenna omnidirectional*. Yang juga digunakan untuk *Access Point to serve a Point-to-Multi-Point (P2MP) links*. Beberapa antenna *sectoral* dibuat tegak lurus , dan ada juga yang horizontal.

Antenna sectoral mempunyai gain jauh lebih tinggi dibanding *omnidirectional antenna* di sekitar 10-19 dBi. Yang bekerja pada jarak atau area 6-8 km. Sudut pancaran antenna ini adalah 45-180 derajat dan tingkat ketinggian pemasangannya harus diperhatikan agar tidak terdapat kerugian dalam penangkapan sinyal. Pola

pancaran yang horizontal kebanyakan memancar ke arah mana antenna ini diarahkan sesuai dengan jangkauan dari derajat pancarannya, sedangkan pada bagian belakang antenna tidak memiliki sinyal pancaran.



Gambar 2.10 Antenna Sectoral. (Afandi,2015)

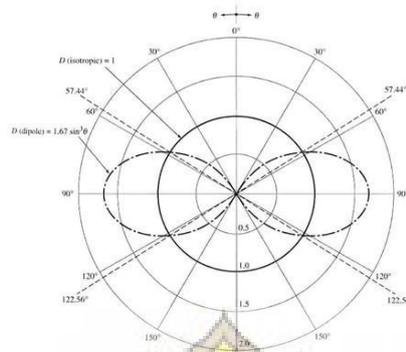
2.5.4 Parameter Antenna

Parameter-parameter Antenna digunakan untuk menguji atau mengukur performa Antenna yang akan digunakan. Berikut penjelasan beberapa parameter Antenna yang sering digunakan yaitu direktivitas antenna, *gain* antenna, pola radiasi antenna, polarisasi antenna, *beamwidth* antenna dan *bandwidth* antenna.

2.5.4.1 Direktivitas Antenna

Direktivitas dari sebuah antenna atau deretan antenna diukur pada kemampuan yang dimiliki antenna untuk memusatkan energi dalam satu atau lebih ke arah khusus. Antenna dapat juga ditentukan pengarahannya tergantung dari pola radiasinya. Dalam sebuah *array* propagasi akan diberikan jumlah energi,

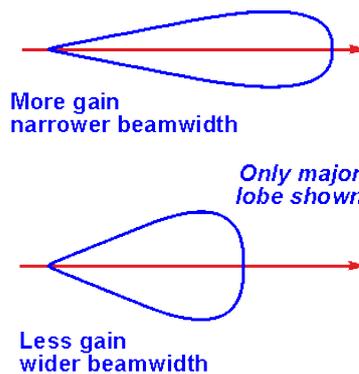
gelombang radiasi akan akan dibawa ketempat dalam satu arah. Elemen dalam array dapat diatur sehingga akan mengakibatkan perubahan pola atau distribusi energi lebh yang memungkinkan ke semua arah (*omnidirectional*). Suatu hal yang tidak sesuai juga memungkinkan. Elemen dapat diatur sehingga raiasi energi dapat dipusatkan dalam satu arah.



Gambar 2.11 Direktivitas Antenna (Anonim)

2.5.4.2 Gain Antenna

Gain adalah karakter Antenna yang terkait dengan kemampuan Antenna mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. *Gain* bukanlah kuatintas 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 antenna adalah kualitas nyata yang besarnya lebih kecil dariada penguatan antenna tersebut



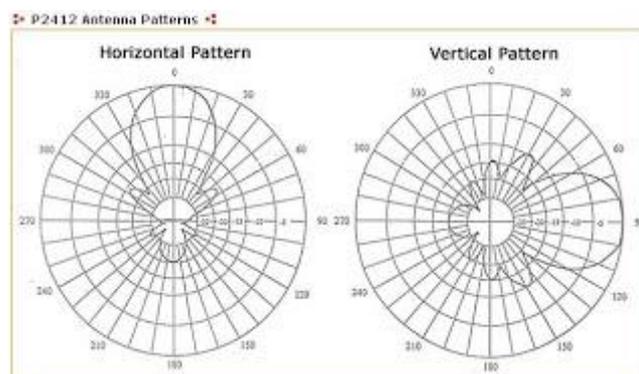
Gambar 2.12 Gain (Anonim)

2.5.4.3 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna atau pola antenna didefinisikan sebagai fungsi matematik atau representasi grafik dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi dari kordinat. Di sebagian besar kasus, pola radiasi ditentukan di luasan wilayah dan direpresentasikan sebagai fungsi dari koordinat *directional*. Pola radiasi antenna adalah plot 3-dimensi distribusi sinyal yang dipancarkan oleh sebuah antenna, atau atau plot 3-dimensi tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh sebuah Antenna. Pola radiasi Antenna menjelaskan bagaimana Antenna meradiasikan energi ke ruang bebas.

a. Pola Radiasi Antenna *Undirectional*

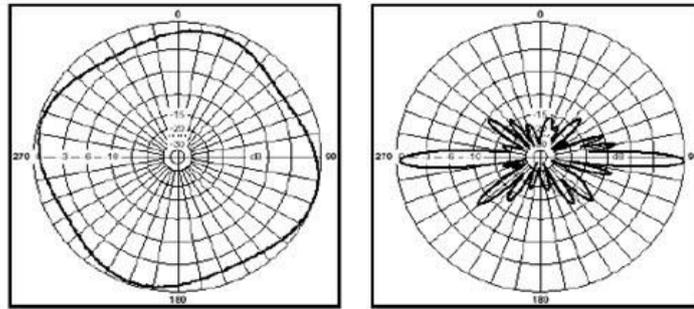
Antenna *undirectional* mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatiff jauh.



Gambar 2.13 Pola Radiasi *Undirectional*. (Muhammad Laiq,2011)

b. Pola Radiasi Antenna *Omnidirectional*

Antenna *omnidirectional* mempunyai pola radiasi yang digambarkan seperti bentuk kue donat dengan pusat berimpit. Antenna *omnidirectional* pada umumnya mempunyai pola radiasi 360° jika dilihat pada bidang medan magnetnya.



Gambar 2.14 Pola Radiasi *Omnidirectional*. (Muhammad Laiq,2011)

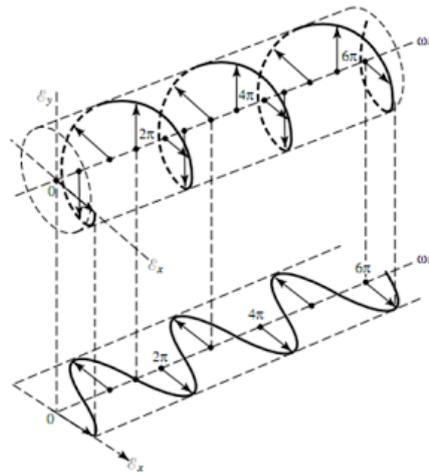


2.5.4.4 Polarisasi

Polarisasi dari sebuah Antenna menginformasikan ke arah mana medan listrik memiliki orientasi dalam perambatannya.

a. Polarisasi Linier

Pada polarisasi linier, arah medan listrik tidak berubah dengan waktu, yang berubah hanya orientasinya saja(positif-negatif).



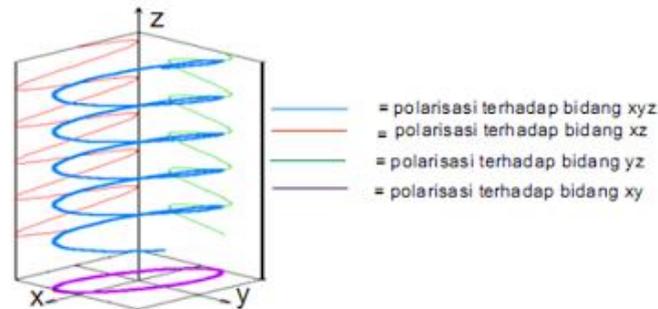
Gambar 2.15 Polarisasi Linier. (Oxy,2012)

Polarisasi linier vertikal bisa dihasilkan dengan antenna dipole yang vertikal. Gelombang yang memiliki polarisasi linier vertikal ini juga harus diterima dengan antenna yang bisa menghasilkan polarisasi vertikal. antenna horn dan antenna reflektor juga menghasilkan polarisasi vertikal sesuai dengan peletkannya. Jika bidang lebar didatarkan, maka akan dihasilkan polarisasi vertikal. Jika lebar bidangnya didirikan, akan didapatkan polarisasi linier horizontal. Aplikasi pemancar radio AM dan telepon seluler menggunakan gelombang yang dihasilkan dengan polarisasi vertikal, sedangkan aplikasi televisi menggunakan polarisasi horizontal.

b. Polarisasi Eliptis

Berbeda dengan polarisasi linier, pada gelombang yang mempunyai polarisasi eliptis, dengan berjalannya waktu dan perambatan, medan listrik dari gelombang itu melakukan perputaran dengan ujung panah – panahnya terletak pada sebuah permukaan silinder dengan penampang elips.

Polarisasi eliptis digunakan dengan tujuan mengantisipasi kemungkinan penerimaan sinyal yang tidak diketahui polarisasinya. Pada aplikasi satelit, sinyal akan mengalami depolarisasi ketika menembus awan. polarisasi akan berubah ke arah yang tidak bisa diprediksikan. Bagi gelombang berpolarisasi eliptis hal ini tidak berpengaruh.



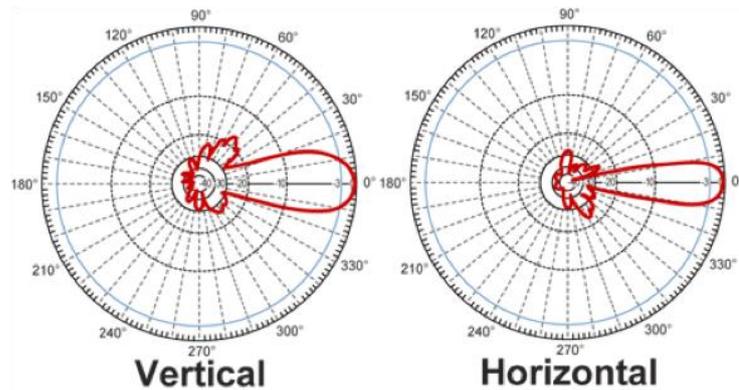
Gambar 2.16 Polarisasi Elips. (Oxy,2012)

2.5.4.5 *Beamwidth*

Beamwidth yaitu lebar dari *main beam* (*main lobe*) dari sebuah antenna mengukur direktivitas sebuah antenna. Satuan *beamwidth* adalah derajat semakin kecil *beamwidth*, semakin fokus sebuah antenna dalam memancarkan *power*-nya. Semakin besar *power* dalam *main lobe*, semakin jauh antenna dapat berkomunikasi.

Beamwidth dibagi dalam dua ukuran, yaitu:

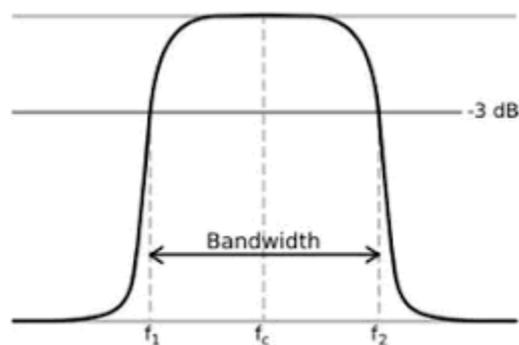
- Horizontal *beamwidth* sekitar Antenna.
- Vertikal *beamwidth* diatas dan bawah Antenna.



Gambar 2.17 *Beamwidth Vertical & Horizontal*. (Anonim,2009)

2.5.4.6 *Bandwidth*

Bandwidth sebuah antenna didefinisikan sebagai interval frekuensi, di dalamnya antenna bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi yang diberikan. Pada pemakaiannya, sebuah antenna dalam sistem pemancar dan penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya. Pada range frekuensi kerja tersebut antenna dituntut harus dapat bekerja dengan efektif agar dapat menerima atau memancarkan gelombang pada *band*.



Gambar 2.18 *Bandwidth*. (Wikipedia,2017)

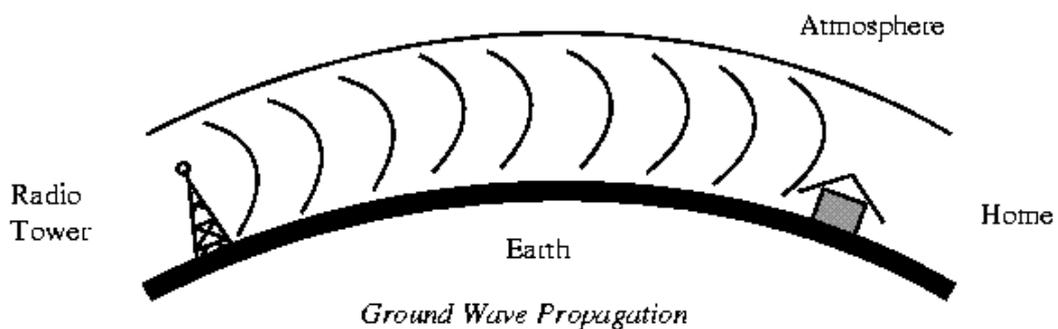
2.6 Propagasi Gelombang Radio

Merupakan proses perambatan gelombang radio mulai saat dipancarkan dari pemancar radio hingga sampai pada penerima. Gelombang radio yang terpancar dari pemancar sampai dapat diterima pada stasiun penerima dapat melalui beberapa metoda atau cara.

- (*Ground Waves*)
- (*Sky Waves*)
- Secara Langsung (*Line of Sight / Space Wave*)

2.6.1 Gelombang Bumi (*Ground Wave*)

Gelombang bumi merupakan gelombang radio yang perambatannya mengikuti permukaan bumi. Gelombang ini beroperasi pada frekuensi sangat rendah atau VLF (*Very Low Frequency*) yaitu sekitar 100 KHz sampai dengan 300 kHz dengan jarak jangkauan hingga 1000 Km. Propagasi gelombang radio ini biasa digunakan untuk komunikasi pantai.

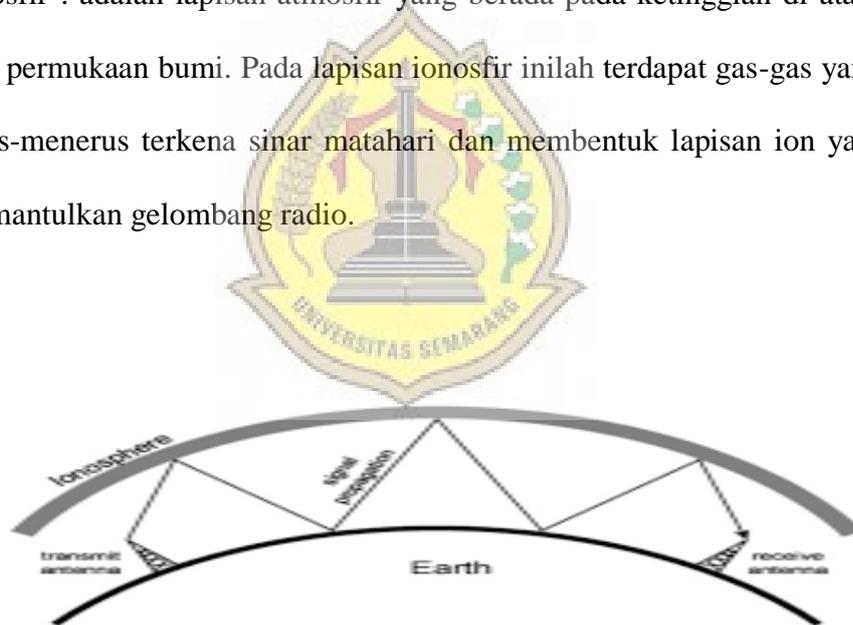


Gambar 2.19 Propagasi *Ground Wave*. (Eugene Blanchard,2013)

2.6.2 Gelombang Langit (*Sky Waves*)

Propagasi gelombang radio pada gelombang langit sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer di atas permukaan bumi. Atmosfir di atas bumi terbagi dalam beberapa lapisan, yaitu ;

- Troposfir : adalah bagian atmosfer bumi yang membentang dari permukaan bumi hingga ketinggian sekitar 11 Km.
- Stratosfir : adalah atmosfer bumi yang berada di ketinggian sekitar 11 Km s/d 50 Km.
- Ionosfir : adalah lapisan atmosfer yang berada pada ketinggian di atas 50 Km dari permukaan bumi. Pada lapisan ionosfir inilah terdapat gas-gas yang secara terus-menerus terkena sinar matahari dan membentuk lapisan ion yang dapat memantulkan gelombang radio.



Gambar 2.20 Propagasi *Sky Wave*. (Bhuwan Chalise,2012)

2.6.3 Gelombang Ruang (*Space Wave*)

Gelombang ruang adalah gelombang yang tidak dipantulkan oleh lapisan ion atau ionosfir, melainkan dapat menembus dan tidak terpengaruh oleh adanya lapisan ionosfir. Gelombang ini termasuk VHF, UHF, dst, yaitu gelombang dengan frekuensi mulai 30 MHz ke atas. Kegunaan dari propagasi gelombang radio ini diantaranya adalah untuk jalur frekuensi komunikasi Satelit dan Televisi. Karena tidak dapat terpantul oleh lapisan ion, maka gelombang pada televisi tidak dapat menjangkau jarak yang jauh sehingga membutuhkan stasiun-*relay* atau *repeater*. Penerimaan dapat diperoleh dengan baik jika berada pada garis pandang antara antenna pancar dan penerima atau lebih umum dengan istilah LOS = *Line Of Sight*



Gambar 2.21 Propagasi LOS. (Bhuwan Chalise,2012)

2.7 Model Propagasi Okumura Hatta

Pada tahun 1968, Okumura melakukan pengukuran redaman sinyal dari *Base Station* ke ponsel di seluruh Tokyo dan mengembangkan satu set kurva yang memberikan median redaman relatif untuk *free space Path Loss*. Salah satu yang dibutuhkan dalam model ini adalah menggunakan plot empiris yang diberikan dalam makalahnya. Namun sangat tidak nyaman digunakan. Jadi pada tahun 1980,

Hatta mengembangkan *expression closed-form* untuk data Okumura's. Menurut Hatta model *Path Loss* di daerah perkotaan pada jarak d adalah :

➤ Daerah urban:

$$L_U = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_T) - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_T] \log(d) \quad (2.1)$$

➤ Daerah Sub Urban:

$$L_{SU} = L_U - 2 \left(\log \left(\frac{f}{28} \right)^2 - 5,4 \right) \quad (2.2)$$

➤ Daerah Rural:

$$L_O = L_U - 4,78 [\log(f)]^2 + 18,33 \log(f) - 40,94 + 10 \quad (2.3)$$

L_U = Propagasi daerah urban

L_{SU} = Propagasi daerah sub urban

L_O = Propagasi rural

f = Frekuensi (Mhz)

h_T = Tinggi Antenna pemancar Tx (meter)

h_R = Tinggi Antenna penerima Rx (meter)

d = Jarak Tx-Rx (km)

C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f \leq 1500$; 46,3 untuk $1500 \leq f \leq 2000$

C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f \leq 1500$; 33,9 untuk $1500 \leq f \leq 2000$

$a(h_R)$ = Faktor koreksi tinggi anena penerima

Untuk *small* atau *medium- sized city*

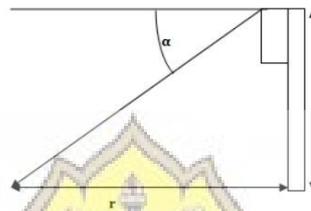
$$a(h_R) = [1,1 \log(f) - 0,7] h_M - [1,56 \log(f) - 0,8] \quad (2.4)$$

Untuk *large city*

$$a(h_R) = 3.2 (\log 11.75 h_M)^2 - 4.97 \text{ dB} ; f_c \geq 400 \text{ Mhz} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.8 Menghitung Kemiringan Antenna

Untuk menghitung kemiringan Antenna, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2.22 *Tilting Antenna*. (Rifky Arrosyad,2015)

$$R(outer) = \frac{h_T - h_R}{\tan(\alpha - \frac{\beta}{2})} \dots(2.6)$$

Dimana :

α = derajat *tilt* antenna ($^{\circ}$)

h_T = tinggi antenna (m)

h_R = tinggi *receiver* (m)

$R(outer)$ = radius terjauh (m)

2.9 Drive Test

Drive Test yaitu Proses pengukuran sistem komunikasi bergerak pada sisi gelombang radio di udara yaitu dari arah BTS ke MS atau sebaliknya, dengan menggunakan handphone yang didesain secara khusus untuk pengukuran. Hasil dari pengukuran tersebut dapat diketahui sebagai informasi jaringan secara *real time* di lapangan. Informasi yang dikumpulkan merupakan kondisi aktual Radio Frequency (RF) di suatu *Base Transceiver Station* (BTS) maupun dalam lingkup *base station sub-system* (BSS) yang dilakukan dengan mobil sehingga pengukuran dilakukan bergerak. Dalam melakukan *drive test*, *engineer* dilengkapi dengan peta digital, GPS, *handset* dan *software drive test*, seperti Agilent, Nemo (Nokia) / TEMS (Ericsson), dan Rohde & Schwarz.



2.9.1 Tujuan Drive Test

- Untuk mengetahui *Coverage* sebenarnya di lapangan, apakah sudah sesuai dengan prediksi *Coverage* pada saat *Planning*
- Untuk mengetahui parameter jaringan di lapangan, apakah sudah sesuai dengan parameter *Planning* dan Optimasi.
- Untuk mengetahui Performansi jaringan setelah dilakukan perubahan seperti penambahan atau pengurangan TRX.
- Untuk mengetahui adanya Interferensi dari sel-sel tetangga.
- Untuk mencari adanya *Poor Coverage* atau daerah yang memiliki daya terima *signal* yang rendah.
- Untuk mencari RF *issue* yang berkaitan adanya *Drop Call* atau *Block Call*.

- Untuk mengetahui Performansi jaringan operator lain atau *Benchmarking*

2.9.2 Jenis – Jenis Pengukuran *Drive Test*

Dalam melakukan drive test terdapat 2 metode yaitu metode pengukuran dan metode pengambilan data.

2.9.2.1 Metode pengukuran

Metode pengukuran yaitu metode yang dilakukan pada kegiatan *drive test* dengan cara mengukur parameter *drive test*. Metode pengukuran *drive test* ada 3 macam yaitu:

- *Drive Test Idle Mode*, yaitu pengukuran kualitas sinyal yang diterima MS dalam keadaan idle (tidak melakukan *call/sms*). Biasanya mode ini dilakukan hanya untuk mengetahui *signal strength* suatu area yang terindikasi *low signal/no service*.
- *Drive Test Dedicated Mode*, yaitu pengukuran kualitas sinyal diikuti dengan pendudukan kanal (*long Call/Short Call* ke *destination* number tertentu). Untuk mengukur dan mengidentifikasi kualitas *voice* dan data.
- *Drivetest QoS Mode*, yaitu pengukuran kualitas sinyal diikuti dengan pendudukan kanal dengan metode *call set up* dan *call end* dengan formula *time / command squence* tertentu.

2.9.2.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yaitu metode yang dilakukan pada kegiatan drive test dengan cara pengambilan data dari jumlah BTS yang di uji, metode ini terdapat 4 macam yaitu:

- *Single Site Verification (SSV)*, merupakan drive test untuk memverifikasi setiap site (BTS) bagus atau tidak / hanya menguji satu BTS saja.
- *Cluster*, merupakan drive test yang mengukur jaringan setiap *cluster* atau daerah yang terdiri dari beberapa *site* namun hanya untuk satu operator jaringan.
- *Benchmark*, merupakan drive test yang membandingkan beberapa operator dalam satu cluster atau daerah
- Optimasi, merupakan bagian analisa gangguan atau kurangnya *service quality* pada *site* yang sudah jadi.



2.9.3 Parameter Drive Test 3G

Parameter untuk drive test GSM ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu parameter untuk verifikasi data BTS dan parameter untuk verifikasi kualitas jaringan.

2.9.3.1 Parameter untuk verifikasi data BTS

Parameter untuk verifikasi data BTS, antara lain :

- *Cell ID*, merupakan nomor unik yang digunakan untuk mengidentifikasi setiap BTS atau sektor dari BTS dalam kode area Lokasi (LAC). Pada umumnya digit terakhir dari *Cell ID* merupakan Sektor ID sel. Nilai 0 digunakan untuk antenna *omnidirectional*. Nilai 1,2,3 digunakan untuk mengidentifikasi sektor antenna *triselector* atau bisektris. Misalnya sektor 1 BTS maka digit terakhir *cell id*-nya 1, dan seterusnya.
- *Universal Absolute Radio Frequency Channel Number (UARFCN)*, merupakan nomor kanal yang mewakili *carrier* UMTS sebesar 5 MHz. Nomor kanal UARFCN dihitung sesuai dengan frekuensi yang digunakan dikalikan 5. Misalnya jika fekuensi 2132,8 MHz maka $UARFCN = 2132,8 \text{MHz} * 5 = 10.664$
- *Scrambling Code (SC)*, merupakan kode yang membedakan antar sektor BTS atau sel digunakan untuk membedakan user yang satu dengan yang lainnya.



2.9.3.2 Parameter Untuk Verifikasi Kualitas Sinyal 3G

Parameter untuk verifikasi kualitas jaringan yaitu:

- *RSCP (Receive Signal Code Power)*, Tingkat kekuatan sinyal di jaringan 3G yang diterima ponsel sama halnya dengan *RxLev* pada GSM dengan satuan - dBm.

$$RSCP = TxPowerMax - TxCableLoss - TxConnectorLoss + TxAntennaGain - Pathloss - RxAntennaGain - RxCableLoss... (2.7)$$

- *Ec/No (Energy Carrier per Noise)*, Perbandingan (*ratio*) antara kekuatan sinyal (*signal strength*) dengan kekuatan derau (*noise level*) atau SNR (*Signal/Noise*)

Ratio) yang dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur (medium) koneksi. Fungsinya sama dengan *RxQual* di jaringan 2G.

$$EcNo(dB) = RSCP(dBm) - RSSI(dBm)...(2.8)$$

Ket: RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) merupakan sinyal yang diterima ditambah dengan noise dan interferensi

➤ *Call Setup Success Ratio (CSSR)*, Standarisasi prosentase tingkat keberhasilan panggilan oleh ketersediaan kanal suara yang sudah dialokasikan untuk mengetahui kesuksesan panggilan tersebut, maka ditandai dengan *tone* saat terkoneksi dengan ponsel lawan bicara. Standard CSSR ditentukan dalam Peraturan Menteri Kominfo Nomor : 12/Per/M.Kominfo/04/ 2008 bahwa prosentase CSSR harus $\geq 90\%$.

➤ *Call Completion Success Ratio (CCSR)*, Prosentase tingkat keberhasilan hubungan sampai berakhir tanpa terjadi *drop call*. biasanya dari operator ditentukan nilai standarnya agar mencapai $> 98\%$.

➤ *Drop Call Ratio (DCR)*, *Dropped Call Ratio* adalah prosentase banyaknya panggilan yang jatuh atau putus setelah kanal pembicaraan digunakan. *Dropped call* dapat disebabkan beberapa hal, antara lain:

- Rugi-rugi frekuensi radio
- *Co-Channel* interferensi dan *Adjacent* interferensi
- Kegagalan proses *handover*

Standard DCR ditentukan dalam Peraturan Menteri Kominfo Nomor : 12/Per/M.Kominfo/04/ 2008 bahwa prosentase DCR harus $\leq 5\%$.

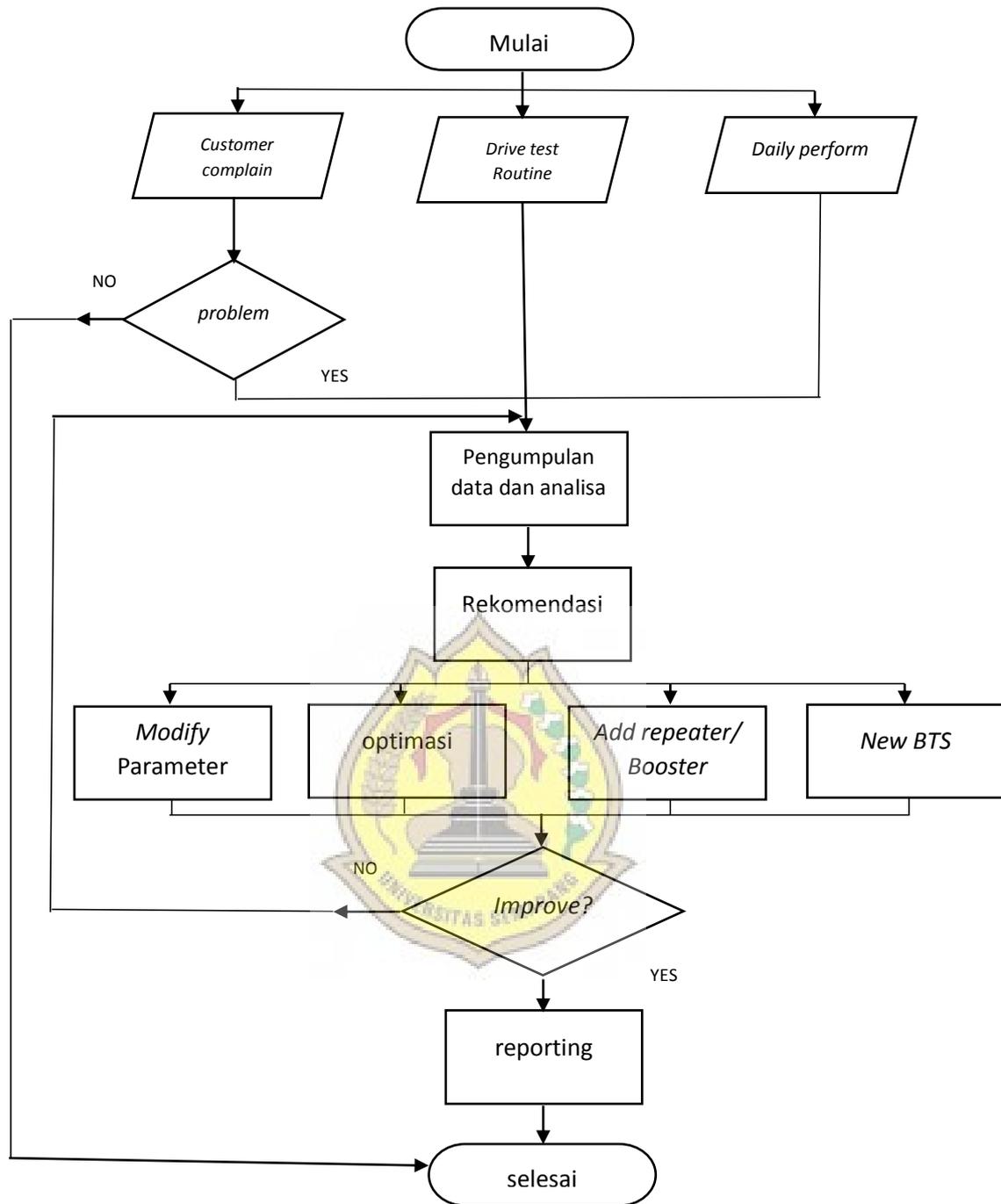
➤ *Blocked Call Ratio (BCR)*, Prosentase kepadatan panggilan yang disebabkan karena keterbatasan kanal.

2.10 Optimasi

Optimasi adalah proses peningkatan kualitas jaringan radio dalam pemenuhan jarak jangkauan (*coverage*), kualitas, dan kemampuan kapasitas, baik pada *single* atau *multiple site* yang prosesnya meliputi proses *drive test*, analisa data *drive test*, *adjustment/tunning* parameter. Optimasi jaringan memiliki peranan penting untuk mengimbangi perkembangan dari jaringan pada daerah dimana jaringan telekomunikasi tersebut berada baik itu perkembangan dari jumlah pengguna, kontur daerah tersebut, maupun teknologi yang digunakan.

2.10.1 Tujuan Umum Optimasi

- 
- Meningkatkan *coverage* dan kapasitas jaringan yang sudah ada.
 - Meningkatkan kualitas layanan untuk memenuhi permintaan pelanggan.
 - Menjaga *Key Performance Indicator* (KPI) agar tetap dibawah batas yang telah ditentukan.
 - Standarisasi dan meningkatkan performa jaringan dengan melihat kualitas kompetitor untuk meningkatkan jumlah pelanggan dan menjaga keseimbangan antara *cost* dan kualitas.
 - Secara efektif *re-use bandwidth* dan *frequency carriers* untuk mencegah interferensi dan penurunan servis.



Gambar 2.23 Flow Chart Optimasi.