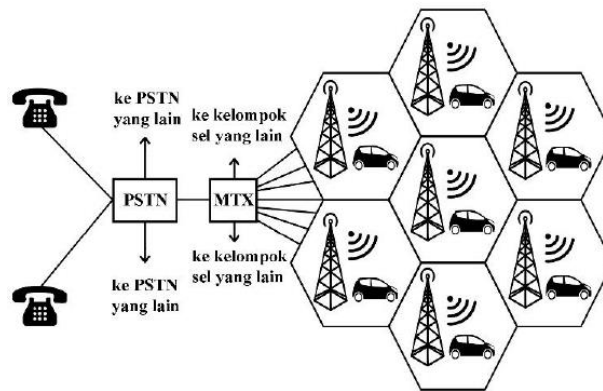


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Telekomunikasi Seluler

Sistem komunikasi seluler merupakan sistem komunikasi yang bekerja dengan menggunakan media transmisi udara atau tanpa kabel. Komunikasi seluler digunakan untuk memberikan pelayanan kepada setiap pengguna baik dalam keadaan diam maupun bergerak (*mobile*). Sistem ini mempunyai sifat seluler sehingga cakupan pada jaringan ini dibagi ke dalam beberapa sel. Arsitektur jaringan sistem komunikasi seluler dijelaskan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan Sistem Komunikasi Seluler [16]

Seperti pada gambar 2.1 di atas, merupakan sebuah arsitektur jaringan sistem komunikasi seluler yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu [16]:

1. *Station Subsystem*

Suatu jaringan *Global System for Mobiles* (GSM), terdapat BSS yang merupakan gabungan sebuah *Base Station Control* (BSC) dan semua *Base Transceiver Station* (BTS) yang dikendalikan serta sebuah *Transcoding Equipment* (TCE).

- a. *Base Transceiver Station* (BTS), adalah suatu alat untuk memancarkan dan penerima yang berguna untuk mengirimkan pelayanan radio kepada MS.
- b. *Base Station Control* (BSC), berperan untuk mengawasi satu atau lebih BTS dan juga mengatur laju sinyal yang datang maupun pergi dari BSC menuju MSC atau BTS.

c. *Transcoding and Rate Adaption Unit* (TRAU) atau biasa dikenal dengan istilah *Transcoding Equipment* (TCE) memiliki tugas untuk mengadaptasi *bit rate* antara BSC dan *Mobile Switching Center* (MSC).

2. *Network Switching Subsystem*

NSS berguna untuk *switching* suatu jaringan *Global System for Mobiles* (GSM), manajemen jaringan, dan digunakan juga sebagai *interface* pada jaringan GSM dengan jaringan lainnya. Komponen NSS pada jaringan GSM terdiri dari:

a. *Mobile Switching Center* (MSC), berfungsi sebagai *switch integrated service digital network* yang dibuat supaya dapat berfungsi untuk jaringan seluler.

b. *Home Location Register* (HLR), merupakan *database* yang berisi data-data mengenai pelanggan tetap yang meliputi layanan pelanggan, layanan tambahan, dan informasi mengenai lokasi pelanggan terkini.

c. *Visitor Location Register* (VLR), merupakan *database* mengenai informasi terkait data-data sementara pelanggan, khususnya mengenai lokasi dari pelanggan dalam cakupan area jaringan.

d. *Authentic Center* (AuC), merupakan *database* yang berfungsi untuk menyimpan informasi yang bersifat rahasia dalam bentuk kode guna mengendalikan pengguna jaringan yang sah dan mencegah pelanggan yang terdeteksi melakukan suatu kecurangan.

e. *Equipment Identity Register* (EIR), merupakan pusat *database* yang digunakan sebagai validasi *International Mobile Equipment Identities* (IMEIs), yang nomor seri dari setiap perangkat dan tipe kode tertentu.

3. *Operation dan Maintance System*

Bagian ini adalah bagian yang memberikan izin kepada *network provider* guna membentuk serta memelihara jaringan dari suatu lokasi sentral tertentu.

a. *Operation dan Maintance Centre* (OMC), berfungsi sebagai pusat dalam mengendalikan operasi serta pemeliharaan jaringan. OMC memiliki fungsi utama yaitu untuk mengawasi alarm perangkat dan memberikan perbaikan pada kesalahan operasi.

b. *Network Management Centre* (NMC), digunakan sebagai pusat kendali operasi yang pemeliharaan jaringan yang lebih besar dari OMC.

Perkembangan teknologi sistem telekomunikasi selular saat ini sudah berkembang sangat pesat mengikuti semakin banyaknya kebutuhan manusia di era globalisasi ini. Perkembangan teknologi selular dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Generasi pertama

Jaringan 1G bekerja dengan menggunakan teknologi analog yang dinamai *Advanced Mobile Phone System* (AMPS). Teknologi 1G mengandalkan modulasi *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) agar dapat memberikan kecepatan maksimal sebesar 2,4 Kbps. Masih terbilang belum sempurna, teknologi 1G sering menimbulkan suara bising yang dapat mengganggu selama berjalannya proses telepon. Tidak hanya itu saja, cakupan pada jaringan ini masih sangat terbatas, dengan sistem keamanannya yang belum menggunakan enkripsi. Hal ini dapat memberikan kemungkinan pengguna lain untuk mengetahui informasi mengenai isi pembicaraan telepon dengan menggunakan alat pemindai radio. Dengan semakin berkembangnya teknologi jaringan seluler yang telah disempurnakan, maka 1G kini telah ditinggalkan [17].

2. Generasi kedua

Teknologi 2G diterbitkan pada tahun 1990-an yang bekerja dengan menggunakan sinyal digital. Teknologi ini disebut sebagai *Global System for Mobiles* (GSM) dan *Code Division Multiple Access* (CDMA) yang telah mendukung adanya pengiriman teks (SMS) dan suara sekaligus. Metode akses pada jaringan 2G untuk transmisi dua arah (*duplex*) menggunakan teknik *Frequency Division Duplex* (FDD). Teknik FDD dilakukan dengan tujuan untuk membedakan transmisi *uplink* dan *downlink*. Sedangkan *multiple access* yang digunakan pada teknologi 2G yaitu *multiple access* dengan jenis *Time Division Multiple Access* (TDMA). Teknik TDMA berfungsi untuk menghindari adanya *interference* pada proses komunikasi yang disebabkan dengan adanya penempatan beberapa pengguna pada satu kanal frekuensi yang sama.

Akhir tahun 1990, terjadi perubahan pada teknologi jaringan 2G menjadi jaringan 2,5G. Teknologi *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (EDGE) pada era ini dapat digunakan dengan kecepatan akses sebesar 384 kb per detik. Teknologi EDGE sudah dapat digunakan untuk melakukan pengiriman *Multimedia Messaging Services* (MMS) [18]. Pada teknologi 2G sudah dapat mentransmisikan *voice dan*

data, tetapi dengan *bit rate* yang masih kecil yaitu 9,6 kbps untuk data dan 13 kbps untuk *voice*. Dengan mengandalkan teknologi *circuit switch*, yang berfungsi sebagai pembagi kanal pada setiap satu kanal itu mutlak dimiliki oleh satu *user*. Sistem ini memiliki spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *The European Telecommunication Standard Institute* (ETSI) [19].

3. Generasi ketiga

Generasi seluler ketiga (3G) pertama kali digunakan pada tahun 2000, dengan kecepatan transmisi yang diberikan pada generasi ini mulai dari 144 kbps sampai 2 Mbps. Cara kerja pada teknologi 3G yaitu dengan menggunakan *multimedia cell phone* atau *smartphone*, dengan beberapa fitur yang sudah ditambahkan seperti *video call*, *VoIP*, *Mobile TV*, serta *Online Gaming*. Terdapat beberapa teknologi yang muncul pada generasi ini yaitu *Wideband Code Division Multiple Access* (W-CDMA), CDMA 2000, serta *Time Division Synchronous Code Division Multiple Access* (TD SCDMA) [20].

Teknologi jaringan 3G terdiri atas beberapa perangkat yang saling mendukung satu sama lain, yaitu *User Equipment* (UE), *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS), *Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) dan *Core Network* (CN) [21]. Ponsel yang sudah mendukung teknologi jaringan ini di setiap negara tidak begitu menjadikan hal ini sebagai kendala dalam berkomunikasi. Ada beberapa jenis teknologi jaringan 3G yaitu *Wideband Code Division Multiple Access* (W-CDMA), *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS), dan *Code Division Multiple Access* (CDMA) 2000. Teknologi WCDMA ini diambil dari standar *International Telecommunication Union* (ITU) yang bernama *IMT-2000 direct spread* yang sudah terpilih sebagai sistem seluler 3G di Eropa, Jepang, dan Amerika Serikat. UMTS merupakan suatu standar seluler 3G di Eropa yang ditetapkan oleh *The European Telecommunications Standards Institute* (ETSI).

4. Generasi keempat

Teknologi seluler generasi keempat yang disebut dengan 4G LTE (*Long Term Evolution*). Sistem antarmuka nirkabel pada teknologi 4G LTE ini berbeda dibandingkan teknologi 3G. Hal ini mengharuskan dilakukannya operasi pada spektrum yang terpisah. Teknologi 4G LTE pertama kali diluncurkan oleh Tella

Sonera dan Ericsson di Swedia pada tahun 2009. Kecepatan akses data unduh pada teknologi ini mencapai 42,78 Mbps dan unggah hingga 5,30 Mbps. Teknologi 4G LTE di Indonesia pertama kali diluncurkan pada tahun 2013 oleh perusahaan Internux dalam bentuk produk yaitu *Bolt* yang menjanjikan kecepatan akses Internet hingga 75 Mbps [22].

Teknologi 4G menjanjikan layanan tingkat kualitas yang sama dengan jaringan kabel. Kemampuan serta kelebihan yang diberikan oleh teknologi 4G terhadap teknologi sebelumnya selain dibandingkan dari kecepatan dalam transfer data, juga karena 4G dapat memberikan cakupan serta kapasitas layanan yang diberikan lebih besar, biaya dalam operasional lebih rendah, mendukung penggunaan *multiple antenna*, fleksibel dalam menggunakan *bandwidth* operasi, dan dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada [23]. Keunggulannya ini, jaringan 4G didukung dengan teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) untuk arah *downlink*, kemudian teknologi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) untuk arah *uplink* guna mendapatkan *data rates* yang lebih baik dengan penggunaan *bandwidth* yang maksimal serta efisien [14].

Jaringan 4G LTE dapat memberikan kecepatan transfer data yang besar hingga 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Sistem 4G LTE terbagi menjadi dua *duplex*, yaitu *Frequency Division Duplex* (FDD) yang dapat bekerja pada 2 frekuensi FDD LTE 900 MHz dan FDD LTE 1.800 MHz. Proses komunikasi ini dapat berjalan secara dua arah (*full duplex*). *Time Division Duplex* (TDD) bekerja pada frekuensi TDD LTE B40 2.300 MHz, pada struktur kanal untuk *uplink* dan *downlink* dibedakan dengan terhadap waktu transmisi yang digunakan. Sistem kerjanya yaitu dengan menerima serta mengirim data di frekuensi yang sama dengan bergantian (*half duplex*) [24].

5. Generasi kelima

Jaringan 5G adalah jaringan seluler generasi kelima yang memberikan kecepatan internet jauh lebih tinggi dibandingkan pada generasi-generasi jaringan seluler sebelumnya. Jaringan seluler ini dapat memberikan layanan internet dengan kecepatan tinggi, hingga 20 *gigabytes per second* (Gbps). 5G berasal dari istilah dalam bahasa Inggris, *fifth-generation technology*. Istilah ini pada dasarnya

digunakan oleh standar generasi kelima dari teknologi seluler. Teknologi 5G telah diuji melalui proyek *Mobile dan Wireless Communications Enablers for the Twenty-Twenty Information Society* (METIS) dari Uni Eropa pada akhir 2012 di Cina. Samsung menjadi penguji dan memverifikasi terkait kelayakan teknis pada gelombang milimeter di pita sekitar 28 GHz. *International Telecommunication Union* (ITU) sudah mulai penelitiannya mengenai sistem *International Mobile Telecommunication 2020* (IMT-2020) pada tahun 2013 [25]. *The Third Generation Partnership Project* (3GPP) juga melakukan penelitian terkait spesifikasi *New Radio* (NR).

Jaringan 5G terdiri atas beberapa sel yang terbagi menjadi sektor-sektor dan bekerja dengan mengirimkan data melalui gelombang radio. Sel-sel yang terhubung ke tulang punggung jaringan dilakukan melalui koneksi kabel atau nirkabel. Guna meningkatkan efisiensi jaringan, sel dibagi lagi menjadi sel mikro dan pico. 5G menjadi perkembangan seluler baru yang diharapkan dapat memberikan kecepatan data dalam gigabit per detik. Jaringan 5G di setiap ponsel memiliki alamat IPv6 yang berbeda-beda tergantung pada lokasi serta jaringan yang digunakan. 5G menggunakan konsep jaringan dengan berpusat pada pengguna *World Wide Wireless Web* (WWWW). WWW dapat memberikan dukungan terhadap aplikasi serta layanan dan menghubungkan seluruh dunia. 5G terdiri atas beberapa teknologi terbaru seperti radio kognitif, *Internet of Things*, teknologi nano, dan *cloud computing* [25].

2.2 Teknologi 4G

Long Term Evolution (LTE) merupakan nama yang diberikan pada proyek yang berada pada *Third Generation Partnership Project* (3GPP). LTE adalah bentuk pengembangan dari teknologi UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) dan HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) yang biasa disebut dengan 4G. Jaringan 4G dapat memberikan kecepatan transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Kecepatan transfer data ini membuat 4G dapat memberikan cakupan hingga kapasitas layanan yang jauh lebih besar, biaya dalam operasional yang rendah, mendukung dilakukannya *multipleantenna*, penggunaan *bandwidth* operasi yang fleksibel hingga dapat

terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada sebelumnya. *Bandwidth* operasi yang digunakan pada 4G yaitu fleksibel dengan *up to* 20 MHz, dan maksimal bekerja berada pada rentang bandwidth yang bervariasi antara 1,4 sampai 20 MHz. 4G memiliki radio akses dan *core network* yang digunakan untuk mengurangi *network latency* dan meningkatkan kinerja sistem serta menyediakan *interoperability* dengan teknologi 3GPP yang sudah ada.

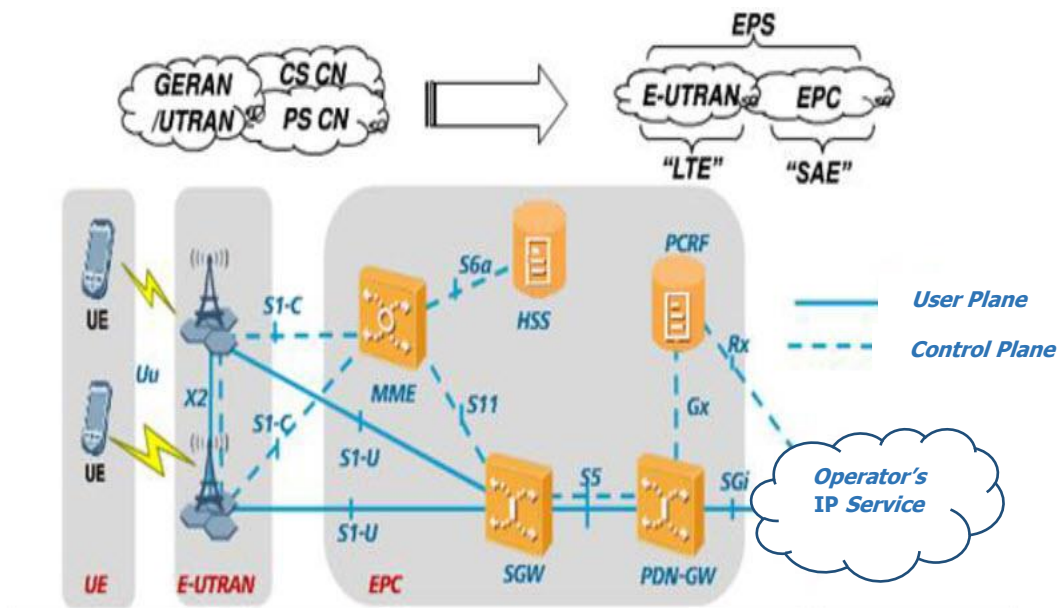
Radio Akses *Network* pada 3GPP yang disebut dengan *Evolved UTRAN* (E-UTRAN) dibahas pada *RAN Evolution Workshop* November 2004. *Workshop* ini mengidentifikasi beberapa kebutuhan (*high level requirement*) khusus dari LTE yaitu:

1. Memperkecil pengeluaran per bit
2. Meningkatkan pengadaan layanan (*service provisioning*) menjadi semakin banyak layanan dengan memerlukan pengeluaran yang kecil dan *user experience* yang lebih baik
3. Penggunaan pita frekuensi baru maupun yang sudah ada menjadi lebih fleksibel
4. Arsitektur yang lebih sederhana dengan *interface* yang terbuka
5. Penggunaan daya pada terminal yang *reasonable*.

Jaringan 4G secara khusus ditujukan guna memberikan penyediaan layanan dengan kualitas tinggi dan kecepatan dalam transfer data yang tinggi pula. Jaringan ini digunakan untuk memberikan peningkatan terhadap kualitas penerimaan agar menjadi lebih baik, laju transfer data lebih stabil serta pertukaran informasi yang lebih cepat. Jaringan 4G mempunyai karakteristik utama, yaitu:

1. *Peak downlink* (DL) dengan *rate* > 100Mbps sebagai aplikasi yang memberikan mobilitas tinggi serta > 1000 Mbps untuk aplikasi tetap
2. *Peak uplink* (UL) dengan *rate* > 50 Mbps.
3. Latensi pada *user plane* rendah sebesar kurang lebih sama dengan 5 ms
4. Berorientasi pada paket dengan mengadopsi arsitektur Flat All-IP, *open interface* dan *always-on*
5. *Seamless mobility*
6. Penyaluran *bandwidth* kanal radio yang fleksibel dengan rentang 1,4 MHz sampai 20 MHz

7. Kinerja yang tinggi
 8. *Spectrum* kerja yang lebar dimulai dari band 700 MHz sampai 5000 MHz.
- Jaringan 4G dapat menawarkan kecepatan dalam transfer data hingga mencapai 100 Mbps ketika pengguna dalam posisi bergerak atau mobile dengan kecepatan tinggi misalnya saat sedang berada di kereta api, serta sebesar 1 Gbps dalam posisi *stationery* diam. Berikut Gambar 2.2 merupakan arsitektur dari jaringan 4G.



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan 4G

Diketahui arsitektur jaringan seluler 4G pada Gambar 2.2 di atas memiliki keterangan yaitu sebagai berikut [16]:

a. *User equipment*

User equipment merupakan sebuah perangkat yang digunakan dalam teknologi LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan *user*.

b. E-UTRAN

Involved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) merupakan suatu komponen dalam arsitektur LTE yang berfungsi untuk menangani sisi radio akses dari UE menuju jaringan *core*. Sistem LTE E-UTRAN hanya terdiri dari satu komponen yaitu *Involved Node B* (*eNode B*). *Involved Node B* (*eNodeB*) berfungsi sebagai pengganti sebuah *NodeB* dan RNC di sebuah *Radio Access Network* (RAN) supaya biaya operasional dapat menjadi rendah dan perawatan

suatu perangkat serta arsitektur lebih konvensional. Sistem E-UTRAN bekerja dengan menggunakan OFDMA yang berperan sebagai teknik modulasi untuk *downlink* dan SC-FDMA sebagai teknik modulasi *uplink* yang dapat digunakan MIMO sampai 4 antena per stasiun *site*.

c. *Evolved packet core*

Sistem core network pada arsitektur LTE adanya perubahan arsitektur komunikasi seluler yaitu *Evolved Packet Core* (EPC). Sistem EPC terdiri atas beberapa komponen, yaitu:

1. *Mobility management entity*

komponen pengatur utama yang tersedia pada EPC disebut dengan *Mobility Management Entity* (MME). Selain itu MME berguna untuk bertanggungjawab dalam memilih *Serving Gateway* (SGW) yang akan digunakan oleh *user equipment* ketika *initial attach* pada waktu UE melakukan *intra-LTE handover*. MME juga berfungsi sebagai *bearer control*. Fungsi lain dari MME pada arsitektur jaringan LTE adalah sebagai *Mobility management* serta *security* dan *authentication*.

2. *Serving gateway*

Serving Gateway (SGW) merupakan salah satu komponen dalam arsitektur jaringan 4G LTE yang mengatur jalur dan meneruskan data ke tujuan dalam bentuk paket dari user. SGW dapat berfungsi sebagai perantara antara *eNodeB* dengan *user equipment* pada selang waktu *inter-handover* dan sebagai perantara teknologi 3GPP dengan teknologi 4G LTE. Komponen ini juga berperan sebagai infrastruktur jaringan yang berfungsi sebagai pusat *maintenance* dan operasional.

3. *Home subscription service*

Home Subscriber Server (HSS) merupakan komponen yang ada dalam arsitektur jaringan 4G yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan semua data *user* secara permanen. HSS digunakan sebagai tempat penyimpanan lokasi user pada *level node* guna mengatur jaringan, serta *security* dan *subscriber management*.

4. *Policy and charging rules function*

Policy and Charging Rules Function (PCRF) merupakan komponen yang ada pada arsitektur jaringan yang berfungsi untuk memobilisasi informasi ke jaringan, membantu operasional sistem dan sumber lainnya. Misal pada suatu portal secara *real time* dapat digunakan untuk membantu aturan pada pembentukan yang secara

otomatis membuat keputusan kepada setiap *costumer* yang memiliki peran aktif di jaringan, selain itu berguna dalam mengatasi permasalahan *Quality of Service* (QoS) serta mengatur dalam *charging* dan *rating*.

5. *Packet data network gateway*

Komponen ini berperan penting dalam melakukan proses terminasi oleh *packet data network* pada LTE yang disebut dengan *Packet Data Network Gateway* (PDNGW). Komponen ini berguna dalam menyediakan perantara untuk UE ke jaringan paket serta memberikan link hubungan antara non-3GPP (WIMAX) dengan teknologi LTE.

2.3 Teknologi 5G

Teknologi seluler 5G merupakan terobosan yang didasarkan pada teknologi 4G. Teknologi jaringan 5G dilandasi oleh teknik *Large Area Synchronized Code-Division Multiple Access* (LASCDMA), *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), *Multi-Carrier Code Division Multiple Access* (MCCDMA), *Ultra Wide Band* (UWB), Jaringan *Local Multipoint Distribution Service* (LMDS), dan IPv6 [26]. Diperkenalkan juga bahwa ada beberapa teknologi pada 5G di antaranya *Massive-MIMO* dan *Millimeter-wave* yaitu:

a. *Massive-MIMO*

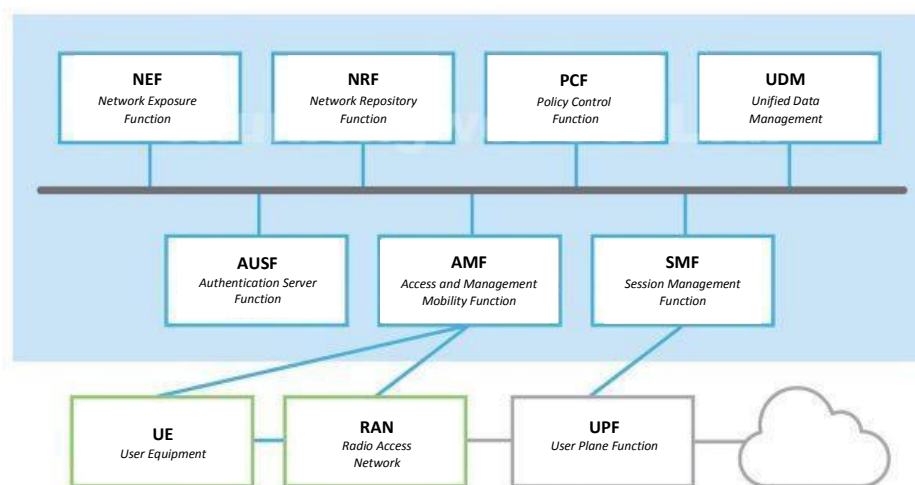
Multiple Input Multiple Output (MIMO) adalah suatu metode yang digunakan menaikkan kapasitas berlipat yang terdiri atas sebuah *link* radio yang menggunakan beberapa antena sebagai pengirim dan penerima untuk memanfaatkan *multipath propagation*. Pada teknologi 4G, banyaknya antena yang dipakai pada *Base Station* (BS) tidak lebih dari 64 antena sehingga kinerja *gain* dari MIMO menjadi terbatas. Teknologi 5G dan selanjutnya, untuk menaikkan efisiensi spektrum dan efisiensi energi, terdapat teknik baru yang dikenal dengan *Massive-MIMO* dengan memanfaatkan penggunaan antena dalam jumlah ratusan bahkan ribuan yang diperintahkan untuk melayani beberapa user pada *time-frequency resource* yang sama [27].

b. *Millimeter-wave*

Millimeter-wave (*mmWave*) adalah metode dalam penggunaan frekuensi tinggi yang berkisar antara 30-300 GHz sehingga menghasilkan panjang

gelombangnya menjadi relatif kecil, berkisar antara 10 milimeter sampai 1 milimeter. *MmWave* bekerja dengan mengandalkan modulasi yang memiliki kompleksitas rendah, sehingga dapat menurunkan kebutuhan *carrier agregation* serta kebutuhan untuk efisiensi spektrum [28]. Frekuensi tinggi yang digunakan mampu untuk penggunaan *bandwidth* yang lebih besar untuk mengirimkan data lebih cepat.

Selain teknologi antenna seperti di atas, pada jaringan 5G juga terdapat arsitektur yang disusun sebagai jaringan yang terbagi berdasarkan layanan. Hal ini yang menyebabkan arsitektur 5G disebut *5G core Service-Based Architecture* (SBA). Arsitektur jaringan 5G memperlihatkan komponen utama pada jaringan inti 5G yang terdiri atas 10 blok keseluruhan dari *Network Exposure Function* hingga *User Equipment* dapat berada pada bagian pengguna atau tujuan akhir yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan 5G [29]

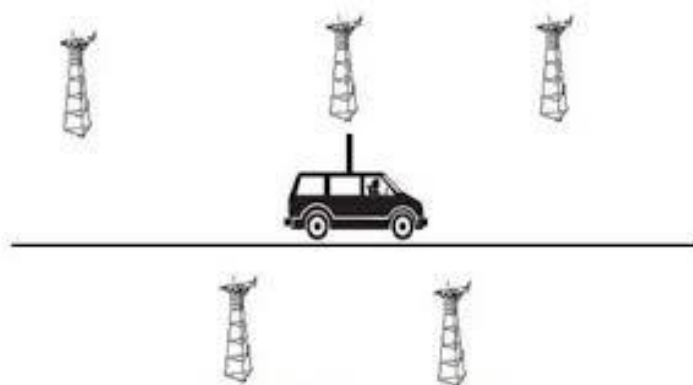
Berdasarkan pada Gambar 2.3 di atas, maka cara kerja jaringan 5G adalah sebagai berikut [29]:

- a. *User Equipment* (UE) seperti *smartphone* dengan jaringan 5G yang terhubung pada jaringan akses Radio (RAN) 5G ke inti 5G lalu ke jaringan data seperti internet.
- b. *Access dan Mobility Management Function* (AMF) berfungsi sebagai titik awal tunggal untuk terhubung ke UE.

- c. Sesuai dengan layanan yang diminta oleh UE, AMF memilih *Session Management Function* (SMF) masing-masing untuk mengelola sesi pengguna.
- d. *User Plane Function* (UPF) membawa lalu lintas data IP (bidang pengguna) antara *User Equipment* (UE) dan jaringan eksternal.
- e. *Authentication Server Function* (AUSF) dapat memberikan akses AMF untuk dapat mengotentikasi UE dan mengakses layanan inti 5G.
- f. Fungsi lain seperti *Session Management Function* (SMF), *Policy Control Function* (PCF), *Application Function* (AF) dan *Unified Data Management* (UDM) memberikan kerangka kerja pengawasan kebijakan, menjalankan keputusan kebijakan serta mengakses data langganan untuk mengatur perilaku jaringan.

2.4 Drive Test

Drive test adalah salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengambilan data secara *real time* di lapangan untuk mengetahui kondisi yang dialami oleh pengguna jaringan dengan menggunakan beberapa *software* dan *hardware* pendukung [30]. Metode ini digunakan untuk memperoleh presentase tingkat keberhasilan suatu jaringan atau performa jaringan tersebut di suatu daerah. Data yang akan diperoleh dari pengukuran *drive test* ini adalah jangkauan atau cakupan sinyal (*signal coverage*), kualitas sinyal (*quality of service*), dan *throughput download*. Gambaran mengenai proses pengukuran *drive test* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses *Drive Test* [30]

Gambar 2.4 merupakan gambaran proses pengukuran *drive test* dilakukan pada sisi gelombang radio di udara, yaitu pada arah BTS ke MS atau pada arah MS ke BTS. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan *handphone* yang telah dipersiapkan secara khusus untuk dapat melakukan pengukuran ini. Proses pengukuran *drive test* dilakukan secara bergerak menggunakan mobil mengikuti arah yang telah ditentukan sebelumnya. Perjalanan dalam proses pengukuran dilengkapi dengan peta digital, *Global Positioning System (GPS)*, *Handset* dan beberapa *software* penunjang *drive test*.

Apabila hasil yang dihasilkan dari percobaan *drive test* tidak sesuai dengan kriteria, maka perlu adanya optimasi kinerja jaringan. *Drive test* yang diperhatikan berdasarkan sisi penerima atau *mobile station (MS)* dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan *software* yang terintegrasi dengan laptop. Prinsip kerja pada *software* ini sama seperti alat *drive test* lainnya yaitu dengan menghubungkan *software* tersebut ke *handphone* dan GPS yang digunakan sebagai alat bantu untuk menentukan letak dan koordinat posisi MS atau *handphone* yang digunakan dalam pengukuran.

Kualitas kinerja suatu jaringan yang disebut dengan *Quality of Service (QoS)* adalah suatu metode pengukuran yang dilakukan guna mengetahui kemampuan sebuah jaringan dalam hal mengunduh (*download*) dan mengunggah (*upload*). Dalam pengukuran kualitas jaringan menggunakan metode *drive test* terdapat beberapa parameter, yaitu sebagai berikut [31].

2.4.1 *Reference Signal Received Power*

RSRP adalah kuat sinyal yang diterima oleh pengguna dalam rentang frekuensi tertentu. Jarak antara *site* dengan *user* semakin jauh menjadi salah satu faktor penentu baik buruknya kuat sinyal yang diterima, apabila nilai RSRP menjadi semakin kecil saat diterima oleh pengguna. *Reference Signal (RS)* atau RSRP perlu ada di setiap titik jangkauan *coverage* jaringan. Ketika pengguna berada diluar jangkauan, maka tidak akan mendapatkan layanan LTE. RSRP dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.1) sebagai berikut.

$$RSRP = RSSI - 10 \log (12 \times N) \quad (2.1)$$

Keterangan pada Persamaan (2.1) RSRP adalah *reference signal received power* (dBm), RSI adalah *reference signal strength indicator* (dBm) merupakan suatu *power* sinyal yang diterima oleh pengguna dalam rentang frekuensi tertentu termasuk *noise* dan interferensi, dan N adalah *number of resource block* yang digunakan oleh OFDMA.

RSRP adalah nilai rata-rata linear daya yang diberikan pada *resource elements* yang membawa *reference signal* dalam rentang *bandwidth* yang digunakan. Jika semakin jauh jarak antara *site* dengan *user*, maka nilai RSRP akan semakin kecil yang diterima oleh *user*. *Reference Signal* (RS) pada masing-masing titik jangkauan. Pengguna yang berlokasi di luar cakupan tidak akan mendapatkan layanan LTE. RSRP memiliki fungsi untuk memberi informasi ke *User Equipment* (UE) terkait kuat sinyal suatu *cell* sesuai dengan perhitungan *path loss* dan berperan dalam proses *handover* dan *cell selection-reselection*. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya daya sinyal rendah yaitu:

1. Lokasi *site*
2. Kesalahan alat
3. *Cell* yang tidak berfungsi dengan baik
4. Daya pada pemancar
5. Ketinggian antenna
6. Arah sudut antenna
7. Keadaan *missing neighbor*

RSRP mempunyai rentang frekuensi berada pada kisaran antara -140 dBm hingga -44 dBm. Dalam cakupan rentang tersebut masih dapat dikategorikan sesuai dengan kuat sinyalnya. Misalkan kategorinya dimulai dari yang sangat bagus sampai yang sangat buruk. Standarisasi nilai kuat sinyal RSRP dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 *Key Performance Indicator* RSRP Telkomsel

Kategori	Range Nilai RSRP
Sangat Baik	≥ -85
Baik	$-92 \leq \text{RSRP} \leq -85$

Kategori	Range Nilai RSRP
Cukup Baik	$-102 \leq \text{RSRP} \leq -92$
Buruk	$-120 \leq \text{RSRP} \leq -102$

Tabel 2.1 menunjukkan standarisasi nilai kuat sinyal RSRP berdasarkan pada *Key Performance Indicator (KPI) provider* Telkomsel. Diketahui bahwa nilai RSRP dapat dikategorikan sangat baik jika nilai RSRP berada pada $range \geq -85$. Nilai RSRP dapat dikategorikan baik jika nilai RSRP berada pada $range -92 \leq \text{RSRP} \leq -85$. Nilai RSRP dapat dikategorikan cukup baik jika nilai RSRP berada pada $range -102 \leq \text{RSRP} \leq -92$. Nilai RSRP dapat dikategorikan buruk jika nilai RSRP berada pada $range -120 \leq \text{RSRP} \leq -102$.

2.4.2 *Signal to Interference Noise Ratio*

SINR adalah nilai rasio perbandingan yang terjadi antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi yang ada. Rasio adalah nilai perbandingan antara rata-rata *power* yang diterima dengan rata-rata interferensi serta *noise* yang muncul. SINR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.2) berikut:

$$SINR = \frac{P}{I} + N \quad (2.2)$$

Keterangan pada Persamaan (2.2) SINR adalah *signal to interference noise ratio* (dB), P adalah *power* yang diterima pada jarak tertentu, I adalah interferensi yang diterima P akibat *site* lain yang bekerja pada frekuensi yang sama, N adalah *noise* yang diterima P.

SINR mempunyai rentang frekuensi tertentu yang berada pada kisaran antara 5 dB hingga 20 dB. Dalam jangkauan *range* tersebut masih dapat dikategorikan berdasarkan kuat sinyalnya, yaitu dimulai dari yang sangat bagus hingga yang sangat buruk. Standarisasi nilai kuat sinyal SINR dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 *Key Performance Indicator* SINR Telkomsel

Kategori	Range Nilai SINR
Sangat Baik	$10 \leq \text{SINR} \leq 30$
Baik	$3 \leq \text{SINR} \leq 10$
Cukup Baik	$0 \leq \text{SINR} \leq 3$
Buruk	$-20 \leq \text{SINR} \leq 0$

Tabel 2.2 menunjukkan standarisasi nilai kuat sinyal SINR berdasarkan pada *Key Performance Indicator* (KPI) *provider* Telkomsel. Diketahui bahwa nilai RSRP dapat dikategorikan sangat baik jika nilai SINR berada pada *range* $10 \leq \text{SINR} \leq 30$. Nilai SINR dapat dikategorikan baik jika nilai RSRP berada pada *range* $3 \leq \text{SINR} \leq 10$. Nilai SINR dapat dikategorikan cukup baik jika nilai RSRP berada pada *range* $0 \leq \text{SINR} \leq 3$. Nilai SINR dapat dikategorikan buruk jika nilai RSRP berada pada *range* $-20 \leq \text{SINR} \leq 0$.

2.5 Optimasi Jaringan

Optimasi jaringan merupakan suatu upaya yang dilakukan oleh penyedia layanan jaringan untuk memperbaiki performansi jaringan seluler dengan menggunakan data yang telah disediakan secara efisien. Optimasi dilaksanakan setelah dilakukannya pengujian *drive test* serta analisis mengenai masalah yang terjadi pada performansi jaringan. Optimasi suatu jaringan meliputi beberapa hal, yaitu [30]:

- Terdapat data secara aktual dan dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi setelah dilakukannya optimasi pada suatu *site*.
- Dapat dilakukan secara berkala dan teratur supaya mendapatkan peningkatan kualitas jaringan secara menyeluruh.
- Setelah dilakukannya optimasi pada suatu jaringan, maka tidak diperbolehkan menurunkan kualitas jaringan lainnya.
- Optimasi jaringan dilakukan pada area cakupan yang lebih kecil guna memudahkan penanganan dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi.

Dalam pelaksanaan optimasi suatu jaringan, terdapat hal penting yang perlu diketahui dalam pelaksanaannya, yaitu navigasi. Navigasi merupakan petunjuk arah

yang terjadi di lapangan atau pada peta. Navigasi sangat dibutuhkan dalam pelaksanaan optimasi untuk mengetahui lokasi *site* BTS maupun sebagai penentu arah sebuah antena sektoral. Navigasi terbagi dalam beberapa hal, yaitu:

- a. Titik koordinat (*latitude, longitude*)

Titik koordinasi sangat diperlukan dalam suatu optimasi untuk mengetahui tempat tujuan pancaran sinyal atau lokasi suatu *eNodeB* yang akan diperhitungkan jaraknya.

- b. Arah acuan (0°)

Arah acuan sangat diperlukan dalam dunia telekomunikasi guna menentukan titik acuan suatu antena sektor1, antena sektor 2, dan antena sektor 3.

Pada sebuah antena *eNodeB* terdapat beberapa sektor penting yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Tinggi antena
- b. Koordinat
- c. Azimut
- d. *Tilting*
- e. VBW (*Vertical Beam Width*)
- f. HBW (*Horizontal Beam Width*)
- g. Frekuensi kerja
- h. Frekuensi *beam width*
- i. Jumlah *port*
- j. *Tilting* antena
- k. Polarisasi

2.6 Metode Optimasi

Optimasi dilakukan guna mengetahui permasalahan pada suatu jaringan sehingga dapat dilakukan peningkatan kualitas jaringan tersebut. Ada beberapa aspek yang perlu diketahui dalam optimasi jaringan seluler, yaitu [30]:

- a. Tinggi antena

Tinggi antena pada *Base Transceiver Station* (BTS) sangat mempengaruhi jarak pancar sinyal suatu *eNodeB*. Tinggi antena yang terlalu rendah yang berlokasi pada suatu wilayah yang berbukit, akan mengakibatkan adanya suatu *obstacle*

sehingga pancaran sinyal yang ditujukan menjadi kurang maksimal. Adanya peraturan terkait tinggi antenna dengan mempertimbangkan kontur tanah dan tinggi bangunan di sekitar lokasi supaya pancaran sinyal tidak terhalang oleh suatu bukit maupun gedung.

b. Skema *physical tuning*

Skema *physical tuning* merupakan suatu metode yang dilakukan dengan cara melakukan perubahan fisik pada sebuah antenna supaya mendapatkan performa yang lebih optimal. *Physical tuning* dapat diimplementasikan pada suatu jaringan seluler yaitu pada pengaturan ketinggian antenna, pengautran *tilting* antenna, serta pengaturan *azimuth* antenna.

c. *Downtilt* antenna

Downtilt antenna dilakukan dengan cara mengubah arah pancaran antenna dengan merubah kemiringan antenna menjadi lebih kebawah supaya mempersempit daerah cakupan pada pancaran di antenna.

d. *Uptilt* antenna

Uptilt antenna dilakukan guna memperluas daerah cakupan pancaran antenna. Pada cakupan *upper 3dB*, didapatkan penguatan sinyal pada antenna sebesar 0 sampai 0,5 kali kuat sinyal maksimum.

e. *Electrical tilt* antenna

Electrical tilting merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk mengubah daya pancar sebuah antenna dengan mengimplementasikan pengaturan parameter kelistrikan pada antenna tersebut. Implementasi yang dilakukan pada *electrical tilting* yaitu meruba ukuran *main lobe* yang dipancarkan oleh antenna.

f. *Azimuth* antenna

Pengaturan *azimuth* antenna digunakan untuk mengarahkan *main lobe* pada antenna di area yang sudah ditentukan. Area yang mendapatkan sinyal dari *main lobe* antenna akan mendapatkan kuat sinyal yang relative tinggi.

2.7 *Software Pendukung Drive Test*

Proses pengukuran *drive test*, diperlukan beberapa *software* untuk mendukung proses pengukuran ini. Berikut penjelasan *software* yang digunakan untuk pengukuran *drive test* [31].

a. G-Net Track Pro

G-Net Track Pro merupakan suatu aplikasi *monitoring* dan alat *drive test* untuk jaringan 5G/4G/3G/2G. Aplikasi ini memungkinkan pemantauan dan pencatatan layanan jaringan seluler dan informasi sel tetangga tanpa menggunakan peralatan khusus. *G-Net Track Pro* dapat digunakan untuk mengukur performansi jaringan *indoor* ataupun *outdoor*. Aplikasi ini mendukung teknologi *Long Term Evolution* (LTE), *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), GSM, CDMA, dan *Evolution Data Optimized* (EVDO). Aplikasi ini menghasilkan *logfile* hasil *drive test* yang dapat di-*export* ke aplikasi *google earth*. *G-Net Track Pro* adalah *software* yang beroperasi pada perangkat dengan sistem operasi *android*. Berikut beberapa fitur yang ada pada *G-Net Track Pro*, yaitu sebagai berikut:

1. Penyajian jaringan 2G/3G/4G/5G dan pengukuran sel tetangga.
2. Hasil rekam pengukuran dapat disimpan dalam bentuk *file log* (format teks dan kml).
3. *Import* atau *eksport file* sel dan situs serta visualisasi garis penyajian dan sel tetangga pada peta.
4. Dapat melakukan pengukuran *outdoor* maupun *indoor*.
5. Dalam mode *auto indoor* untuk terowongan dan tempat dengan penerimaan GPS yang buruk.
6. Mendukung SIM ganda.

b. *Open Signal*

Open Signal merupakan suatu *software* yang dikeluarkan oleh perusahaan bernama *Open signal* yang bertujuan untuk meningkatkan konektivitas seluler di penjuru dunia. Salah satu kegunaan dari *software* ini adalah untuk menemukan titik tower BTS suatu layanan jaringan seluler dengan mudah.

c. *Atoll*

Atoll merupakan suatu *software* multi teknologi yang dipergunakan pada bidang telekomunikasi. *Software* ini berfungsi untuk mendukung seluruh jaringan *wireless* operator untuk tahap perencanaan dan optimasi suatu jaringan. *Atoll* adalah sebuah *software radio planning* yang menyediakan alat dan fitur yang

komperhensif serta terpadu yang dapat memungkinkan pengguna dapat membuat suatu proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu *software*.

d. *Google Earth*

Google Earth (GE) merupakan sebuah program *global virtual* yang digunakan untuk mengetahui kondisi morfologi dan kontur permukaan bumi secara nyata. GE juga biasa digunakan untuk mencari alamat dengan menggunakan bantuan GPS, serta mengkalkulasi jarak suatu tempat melalui salah satu fitur *tool* yaitu *ruler*. GE memiliki fitur 3D yang dapat memungkinkan untuk melihat suatu objek dipermukaan bumi dalam bentuk aslinya.

2.8 Kajian Pustaka

Sudah banyak penelitian sebelumnya yang membahas mengenai analisis kualitas jaringan menggunakan metode *drive test* pada suatu jaringan seluler. Jurnal dan penelitian yang membahas tentang teori maupun subjek penelitian yang dijadikan sebagai acuan dalam penyusunan skripsi ini. Berikut beberapa penelitian terdahulu yang membahas mengenai analisis kualitas jaringan menggunakan metode *drive test*.

1. Hasil *drive test* kualitas jaringan 4G Telkomsel di Kota Tanjungpinang berada pada kategori baik, tetapi terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kualitas jaringan menjadi buruk pada beberapa titik. Lokasi yang padat, banyaknya gedung tinggi, serta cuaca menjadi faktor kualitas sinyal menjadi menurun dan tidak stabil [14].
2. Hasil *drive test* jaringan 4G pada operator Telkomsel di Kecamatan Siantan diperoleh bahwa kualitas jaringan dalam kategori baik dengan nilai rata-rata RSRP sebesar -102,2 dBm, nilai rata-rata SINR sebesar 5,8 dB. Nilai RSRP dan SINR pada operator Telkomsel tersebut diketahui lebih baik dibandingkan dengan operator lainnya [32].
3. Hasil *drive test* jaringan 4G di kawasan Perumahan Singgalang Kota Padang diperoleh hasil bahwa terdapat 60,85% dari 411 sampel berada pada kategori buruk sehingga menyebabkan beberapa titik area mengalami bad spot. Hal ini

terjadi karena tidak adanya cell yang menjangkau dari site terdekat pada area tersebut sehingga menyebabkan beberapa area mengalami kualitas jaringan yang buruk [33].

4. Hasil pengukuran *drive test* pada jaringan 4G XL Axiata mendapatkan nilai dengan kategori sangat baik di kawasan SMPN 257 Jakarta dan nilai dengan kategori sangat buruk berada pada kawasan SMA Teladan 1. Pada *provider* Telkomsel, nilai dengan kategori sangat baik berada pada kawasan SDN Susukan 09 dan nilai dengan kategori sangat buruk berada pada kawasan SMA Teladan 1. Pada *provider* Indosat Ooredoo, nilai dengan kategori sangat baik berada pada kawasan SMPN 257 Jakarta dan nilai dengan kategori sangat buruk berada pada kawasan SDIT Al-Kahfi. Adanya kelebihan dan kekurangan pada masing-masing *provider*. Perbedaan jarak BTS pada ketiga *provider* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas jaringan. Adanya pepohonan dan bangunan di sekitar juga menjadi penyebab kurang stabilnya jaringan [34].
5. Hasil *drive test* kualitas jaringan 4G *provider* Indosat Ooredoo di Kebayoran Lama mendapatkan nilai dengan kategori sangat baik pada parameter RSRP dan RSRQ untuk cakupan area di sekitar *site* BTS, tetapi untuk parameter SINR mendapatkan nilai yang kurang baik untuk cakupan area di sekitar *site* BTS [35].