

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggali informasi dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya maupun buku-buku dan skripsi sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kelebihan atau kekurangan yang sudah ada sehingga didapat suatu informasi tentang teori yang berkaitan dengan judul untuk mendapatkan landasan teori ilmiah.

Berdasarkan topik tugas akhir yang diambil, ada beberapa referensi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berkaitan dengan penulisan tugas akhir ini. Antara lain sebagai berikut:

1. Jurnal (V.S. Kusumo dkk, 2015) dengan judul “Analisis Performansi dan Optimalisasi Coverage Layanan LTE Telkomsel di Denpasar Bali” membahas tentang analisis performansi dan optimalisasi *coverage* salah satu provider di Indonesia pada frekuensi 900 MHz dengan melakukan *drive test* pada *cluster* wilayah Denpasar Barat dengan memperhitungkan parameter RSRP, SINR, dan PDCP Throughput. Parameter tersebut dibandingkan dengan KPI teori dan KPI Telkomsel.
2. Skripsi Suko Fajar Anugerah (2017) dengan judul “Analisis Performansi Jaringan 4G LTE di Gedung E6 dan E7 (*Twin Tower Building*) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta”. Penelitian ini membahas tentang analisis performansi jaringan 4G LTE dengan melakukan *drive test* menggunakan aplikasi *G-Net Track Pro*. Penelitian ini menggunakan parameter RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*), dan SNR (*Signal to Noise Ratio*).
3. Skripsi Danang Yaqinuddin Haq (2017) dengan judul “Optimalisasi dan Simulasi Jaringan 4G LTE di Area Universitas Muhammadiyah Yogyakarta”. Penelitian ini melakukan optimasi jaringan 4G LTE dengan studi kasus di

area sekitar Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Optimasi dilakukan dengan cara menganalisis kekuatan sinyal yang didapat dari hasil drive test dengan RSRP, RSRQ, dan SINR sebagai parameternya. Dari hasil tersebut dilakukan *physical tuning (tilting antenna)* untuk memperbaiki kualitas performansi di daerah tersebut.

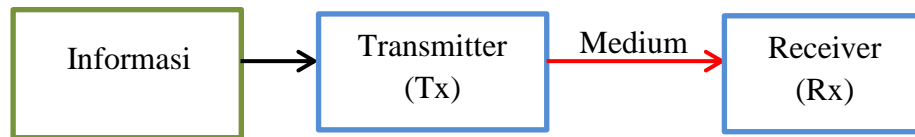
2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem Telekomunikasi

Telekomunikasi berasal dari kata “tele” yang berarti jauh, dan “komunikasi” yang berarti sebuah proses interaksi untuk berhubungan dari pihak satu ke pihak lainnya. Berdasarkan hal tersebut, telekomunikasi dapat diartikan sebagai teknik penyampaian informasi oleh dua orang atau lebih yang dilakukan dari jarak jauh. Telekomunikasi bertujuan untuk menyampaikan informasi dari suatu lokasi pengirim ke lokasi penerima. Pada zaman ini telekomunikasi telah menjadi sebuah kebutuhan bagi manusia. Teknologi telekomunikasi berkembang dengan pesat dari waktu ke waktu sehingga dibutuhkan pengetahuan yang *komperhensif* mengenai teknologi telekomunikasi dan perkembangannya.

Jaringan telekomunikasi merupakan rangkaian perangkat telekomunikasi dan kelengkapannya yang digunakan dalam bertelekomunikasi sehingga dapat menghubungkan pengguna yang satu dengan pengguna lainnya sehingga dapat dilakukan pertukaran informasi dengan cara bicara, menulis, menggambar, atau mengetik pada saat itu juga.

Sistem telekomunikasi merupakan seluruh elemen baik infrastruktur, perangkat, sarana dan prasarana, maupun penyelenggara telekomunikasi sehingga komunikasi jarak jauh dapat dilakukan. Basis dari sistem komunikasi yaitu adanya informasi baik berupa suara, video, ataupun data yang dikirimkan menggunakan *Transmitter (Tx)* melalui medium transmisi sehingga dapat diterima oleh *Receiver (Rx)*.



Gambar. 2.1. Gambaran Umum Sistem Komunikasi

Bentuk komunikasi jarak jauh yang menggunakan sinyal telekomunikasi dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Komunikasi satu arah (*Simplex*)

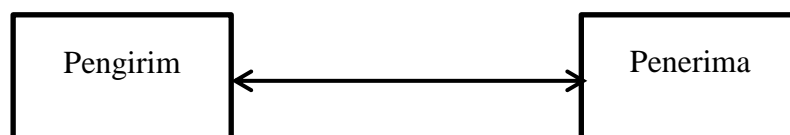
Komunikasi *simplex* merupakan metode komunikasi elektronik paling sederhana. Dalam komunikasi jenis ini hanya dapat dilakukan pengiriman tanpa bisa menerima. Dengan kata lain antara pengirim dan penerima informasi tidak dapat menjalin komunikasi yang berkesinambungan melalui media yang sama. Contoh komunikasi satu arah yaitu TV *Broadcasting*, dan radio.



Gambar. 2.2. Metode *Simplex*

2. Komunikasi dua arah (*Full Duplex*)

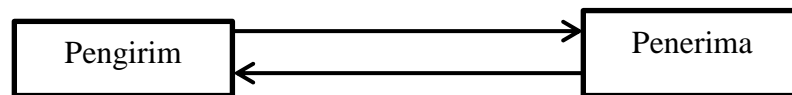
Komunikasi dua arah ini merupakan metode komunikasi yang digunakan oleh komunikasi elektronik. Komunikasi ini dapat mengirim dan menerima sebuah informasi dan juga dapat berkomunikasi menggunakan perangkat elektronik yang sama sehingga dapat dilakukan komunikasi yang berkesinambungan. Telepon merupakan contoh telekomunikasi jenis ini.



Gambar. 2.3. Metode *Full Duplex*

3. Komunikasi semi dua arah (*Half Duplex*)

Dalam komunikasi dua arah, pengirim dan penerima informasi berkomunikasi secara bergantian namun tetap berkesinambungan. Contoh komunikasi ini yaitu radio amatir, *citizen band* (CB), dan *handy talkie*.



Gambar. 2.4. Metode *Half Duplex*

2.2.2. Teknologi Selular

Perkembangan yang begitu cepat berpengaruh pada perkembangan teknologi selular. Teknologi selular dimulai dari generasi pertama (1G) hingga pada sekarang ini telah menjadi teknologi generasi keempat (4G). Standar teknologi selular dibedakan menjadi 2 yaitu standar 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) dan 3GPP2 (*3rd Generation Partnership Project 2*). Pada standar 3GPP, perkembangan teknologi dimulai dari AMPS yang berbasis *analog* dengan menggunakan teknologi FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).

Pada standar 3GPP2, perkembangan teknologi selular dimulai dari teknologi CDMA-One (Code Division Multiple Access) yang berbasis digital dengan memadukan dua teknik multiplexing yaitu FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) dan TDMA (*Time Division Multiple Access*). CDMA 2000 merupakan bagian dari spesifikasi IMT-2000 dan merupakan perluasan dari platform teknologi CDMAOne yang menggunakan standar IS-95A/B dan J-STD-008.

Berdasarkan evolusinya, terdapat perbedaan perkembangan antara standarisasi 3GPP dengan 3GPP2. Perkembangan 3GPP adalah teknologi GSM yang merupakan generasi ke dua (2G) sampai dengan LTE yang merupakan generasi keempat (4G). Teknologi yang termasuk dalam perkembangan 3GPP2 adalah CDMA yang merupakan teknologi selular generasi kedua (2G) sampai dengan CDMA EVDO (*Evolution Data Optimized*).

Melihat perkembangan teknologi informasi pada saat ini berkembang seiring dengan revolusi teknologi, sistem komunikasi selular mendapat dampak

perkembangan yang sangat cepat menyesuaikan kebutuhan untuk berkomunikasi dan bertukar data dengan cepat, mudah, dan mobilitas yang tinggi. Adapun perkembangan teknologi selular dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Generasi pertama (1G)

Teknologi telekomunikasi selular generasi pertama ini sebagian besar menggunakan sistem analog. Teknologi ini memiliki kecepatan yang rendah (*low-speed*) dan layanan yang tersedia hanya berupa percakapan suara. Pada generasi ini menggunakan standar AMPS (*Analog Mobile Phone System*) yang kemudian dijadikan sebagai standar komunikasi di seluruh dunia. Dengan AMPS, bandwidth 1,25 Mhz yang diberikan untuk penggunaan selular dibagi menjadi channel dengan lebar 30 KHz, masing-masing hanya dapat melayani satu subscriber pada satu waktu (Stiawan, 2003). Selain AMPS, terdapat beberapa sistem analog ponsel generasi pertama yaitu NMT (*Nordic Mobile Communications*) dan ETACS (*Extended Total Access Telecommunication Service*).

2. Generasi ke-dua (2G)

Teknologi telekomunikasi selular generasi kedua telah menggunakan teknologi digital. Generasi ini menggunakan mekanisme TDMA (*Time Division Multiple Access*) dan CDMA (*Code Division Multiple Access*) sebagai teknik multiplexingnya. Teknologi ini memiliki kecepatan menengah dan sudah mampu menyediakan layanan berupa *voice* dan data.

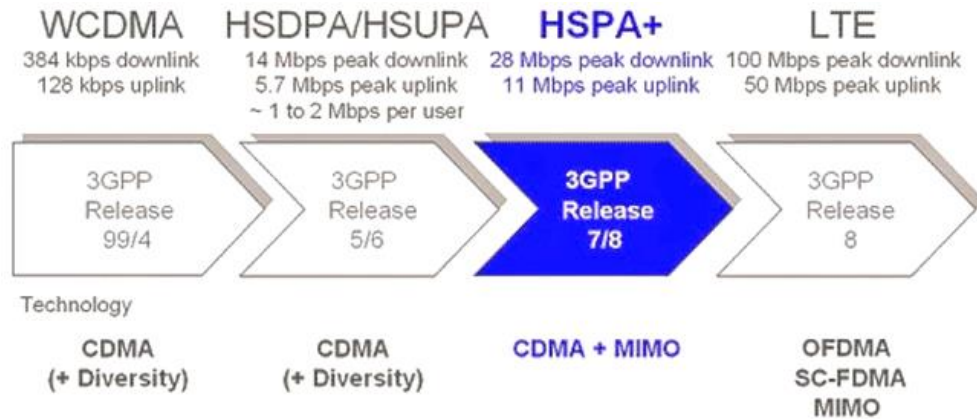
3. Generasi ke-tiga (3G)

Teknologi telekomunikasi generasi ketiga ini menawarkan kecepatan dalam melakukan akses data. Dengan kecepatan akses data yang tinggi, generasi ini mampu melayani layanan data *broadband* seperti internet, video, music, dan games.

4. Generasi ke-empat (4G)

Generasi ke-empat ini meliputi seluruh teknologi *broadband wireless* yang memiliki kemampuan di atas teknologi 3G yang mampu memberikan layanan *IP-based voice*, data, dan streaming multimedia dengan kecepatan QoE

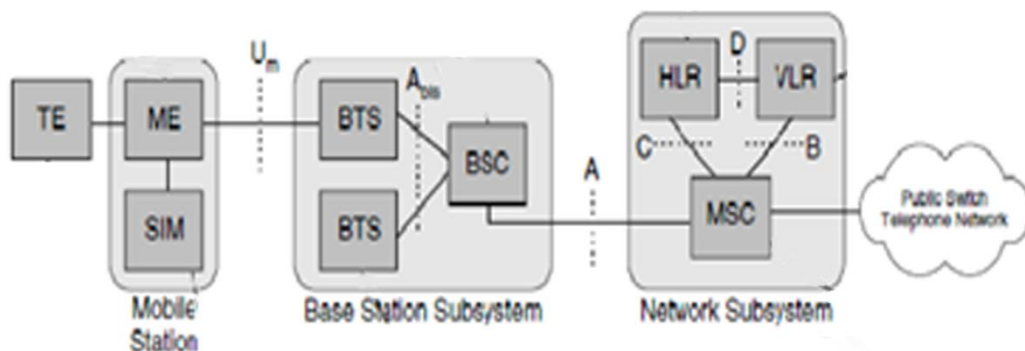
(*Quality of Experience*) / QoS (*Quality of Service*) yang lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya.



Gambar. 2.5. Evolusi 3GPP

2.2.3. Arsitektur Jaringan Komunikasi Selular

Menurut (Haq, 2017), komunikasi selular merupakan suatu sistem yang menggunakan media transmisi udara ataupun tanpa kabel. Komunikasi ini dapat melayani setiap *user* yang diam ataupun sedang bergerak (*mobile*). Pada jaringan komunikasi selular, GSM merupakan standar yang diterima secara global sebagai komunikasi selular digital. Gambar 2.5 menunjukkan jaringan GSM yang terdiri dari tiga sub sistem yaitu: MS (*Mobile Station*), BSS (*Base Station Subsystem*), NSS (*Network Subsystem*).



Gambar. 2.6. Arsitektur Dasar Jaringan Komunikasi Selular

Sumber: AP Warassih, I Santoso, Y Christyono, 2011.

1. MS (*Mobile Station*)

Mobile Station (MS) adalah perangkat yang mengirim dan menerima sinyal radio. MS terdiri dari *Mobile Equipment* (ME) dan *Subscriber Identity Module* (SIM) (Warrasih, dkk, 2011). ME berfungsi sebagai terminal *transceiver* (pengirim dan penerima sinyal) untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat lainnya. SIM merupakan sebuah *microchip* yang tertanam pada semua *check card* agar *network* dapat mengenali *user*.

2. BSS (*Base Station Subsystem*)

BSS merupakan gabungan sebuah BSC dan BTS yang dikontrolnya.

- a. BTS (*Base Transceiver Station*)

BTS merupakan perangkat jaringan telekomunikasi yang memudahkan komunikasi nirkabel antara perangkat dan jaringan. BTS mengirim dan menerima sinyal radio ke *mobile station* dan mengkonversi sinyal tersebut menjadi sinyal digital untuk dikirim ke *mobile station* lainnya. Di dalamnya termasuk modulasi signal, demodulasi, *equalize signal*, dan *error coding*. (Warrasih dkk, 2011)

- b. BSC (*Base Station Controler*)

BSC merupakan sebuah perangkat yang mengontrol koneksi beberapa BTS. Fungsi tersebut memungkinkan operasi seperti *handover*, *cell site configuration*, *management of radio resources*, dan menyetel power level dari frekuensi radio BTS (Warrasih dkk, 2011).

3. NSS (*Network Subsystem*)

NSS berperan dalam mengkoneksikan antar *user* dalam sebuah jaringan atau ke jaringan lainnya. NSS terdiri dari beberapa komponen yaitu:

a. MSC (*Mobile Switching Center*)

MSC merupakan inti dari sebuah NSS (*Network Subsystem*). MSC berperan sebagai interkoneksi hubungan antar BSS, antar MSC, dengan jaringan telepon kabel PSTN, ataupun dengan jaringan data. MSC melakukan fungsi registrasi, *otentikasi*, update lokasi *user*, *billing service*, dan sebagai *interface* dengan jaringan lain. Selain itu MSC juga bertanggung jawab untuk *call set-up*, *release*, dan *routing* (Warrasih dkk, 2011).

b. VLR (*Visitor Location Register*)

VLR berfungsi sebagai media penyimpanan data dan informasi pelanggan. VLR bertindak sebagai database pelanggan yang bersifat dinamis karena berubah setiap waktu menyesuaikan dengan pelanggan yang masuk ataupun berpindah naungan MSC. Dengan fungsi tersebut, VLR memungkinkan MSC untuk melakukan hubungan *incoming* (panggilan masuk) ataupun *outgoing* (panggilan keluar).

c. HLR (*Home Location Register*)

HLR merupakan elemen jaringan yang berisi detail dari setiap pelanggan. HLR berfungsi untuk menyimpan semua data dan informasi mengenai pelanggan yang tersimpan secara permanen dan tidak tergantung pada posisi pelanggan. HLR bertindak sebagai pusat informasi pelanggan yang setiap waktunya akan dibutuhkan oleh VLR untuk merealisasikan terjadinya komunikasi.

2.2.4. 4G LTE (*Long Term Evolution*)

4G merupakan sebutan bagi generasi ke empat dari teknologi jaringan selular. 4G diciptakan untuk menggantikan generasi 3G dan menawarkan koneksi yang lebih andal dan memberikan kecepatan yang jauh lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya. Secara teoritis, jaringan 4G mempunyai kecepatan transmisi berkisar antara 100 Mbps hingga 1Gbps. Dengan menggunakan jaringan 4G,

layanan *voice*, data/internet, *chatting*, jajaring, *games*, video, dan fitur lainnya dapat dinikmati dengan lebih baik dibanding jaringan 3G. Kecepatan 4G memiliki lebih sedikit buffering bagi pengguna, sehingga menjadikannya ideal bagi pengguna yang memanfaatkan banyak fitur yang ditawarkan oleh smartphone saat ini. Terdapat 2 standar jaringan 4G yang dikomersialkan di dunia, yaitu standar WiMax yang berasal dari Korea Selatan dan standar LTE yang berasal dari Swedia.

LTE (*Long Terms Evolution*) merupakan sebuah standar komunikasi akses data nirkabel keluaran dari 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). LTE berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. Pada UMTS, kecepatan transfer data maksimum yang dihasilkan yaitu 2Mbps, sedangkan pada HSPA, kecepatan transfer data mencapai 14Mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*. LTE mampu memberikan kecepatan transfer data mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain memberikan kecepatan transfer data yang tinggi, LTE juga dirancang dengan *latency* yang lebih rendah, spektrum yang luas dan teknologi paket *radio access* yang lebih optimal mendukung penyebaran *bandwidth* yang fleksibel.

Teknologi LTE menggunakan OFDMA pada sisi *downlink* dan SC-FDMA (*Single Carrier – Frequency Division Multiple Access*) pada sisi *uplink*. SC-FDMA secara teknis sama dengan OFDMA tetapi pengaplikasiannya lebih cocok pada *device handheld* karena lebih sedikit dalam konsumsi baterai.

LTE mendukung teknik MIMO (*Multiple-Input and Multiple Output*) sebagai pengirim data pada sinyal path secara terpisah yang menduduki *bandwidth* RF yang sama pada saat waktu yang sama, sehingga mampu meningkatkan *data rates* dan *throughput*.

MIMO merupakan salah satu contoh teknologi yang memiliki kualitas baik dari LTE. Fokus yang ditunjukkan saat ini yaitu menciptakan frekuensi yang lebih efisien. Untuk memenuhi hal tersebut, teknologi MIMO mampu menghasilkan frekuensi yang efisien dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar terpisah kepada sejumlah penerima sehingga mampu

mengurangi informasi yang hilang dibanding bila menggunakan sistem transmisi tunggal.

Fleksibilitas penggunaan *spektrum* merupakan sebuah corak utama pada teknologi LTE. Tidak hanya bersifat tahan terhadap interferensi antar cell tetapi juga efisiensi penyebaran transmisi pada *spektrum* yang tersedia. LTE dirancang untuk mampu ditempatkan di berbagai *band frekuensi* dengan sedikit perubahan *radio interface*. LTE juga dapat digunakan di bandwidth 1.4, 1.6, 3, 3.2, 5, 10, 15, dan 20 MHz (Riyansyah, 2010).

Berikut merupakan tabel secara teoritis perbedaan kecepatan antara 2G, 3G, dan 4G LTE (Gunawan, 2016):

Tabel. 2.1. Perbandingan kecepatan 2G, 3G, dan 4G LTE:

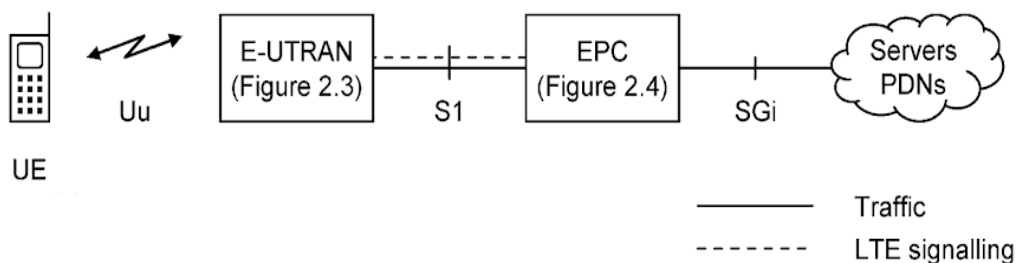
Nama Umum	Jaringan Utama	Downstream	Upstream
GPRS EDGE Evolution	2G/2.5G Mobile Internet (PRE 3G)	56-144 Kbps 1.6 Mbps	50 Kbps 0.5 Mbps
HSPA (HSDPA+HSUPA)	General 3G	14.4 Mbps	5.76 Mbps
HSPA+	3G Data	21 Mbps 42 Mbps 84 Mbps 672 Mbps	5.8 Mbps 11.5 Mbps 22 Mbps 128 Mbps
iBurst	Mobile Internet	95 Mbps	36 Mbps
WiMax Rel 2	WirelessMAN	2x2 MIMO 110 Mbps (20 MHz TTD) 183 Mbps (2x20 Mhz FDD)	2x2 MIMO 70 Mbps (20 MHz TDD) 188 Mbps (2x20 FDD)

Tabel. 2.1. Perbandingan kecepatan 2G, 3G, dan 4G LTE:

Nama Umum	Jaringan Utama	Downstream	Upstream
WiMax Rel 2	WirelessMAN	4x4 MIMO 219 Mbps (20 Mhz TDD) 365 Mbps (2x20 Mhz FDD)	4x4 MIMO 140 Mbps (20MHz TDD) 376 Mbps (2x20 Mhz FDD)
LTE	General 4G	102 Mbps Cat3 150.8 Mbps Cat4 301.5 Mbps Cat5	51Mbps Cat3 51 Mbps Cat4 75.4 Mbps Cat5

2.2.5. Arsitektur LTE

Setiap teknologi selalu memiliki arsitektur jaringan yang berbeda-beda. Arsitektur LTE dikenal dengan sebutan SAE (*System Architecture Evolution*) yang berartikan sebuah evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Keseluruhan jaringan teknologi generasi ke empat disebut dengan EPS (*Evolved Packet System*). Pada gambar 2.7 menunjukkan sebuah arsitektur dari sistem EPS (*Evolved Packet System*). Terdapat 3 komponen utama dari arsitektur LTE yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). Setiap komponen tersebut memiliki arsitektur yang berbeda-beda.



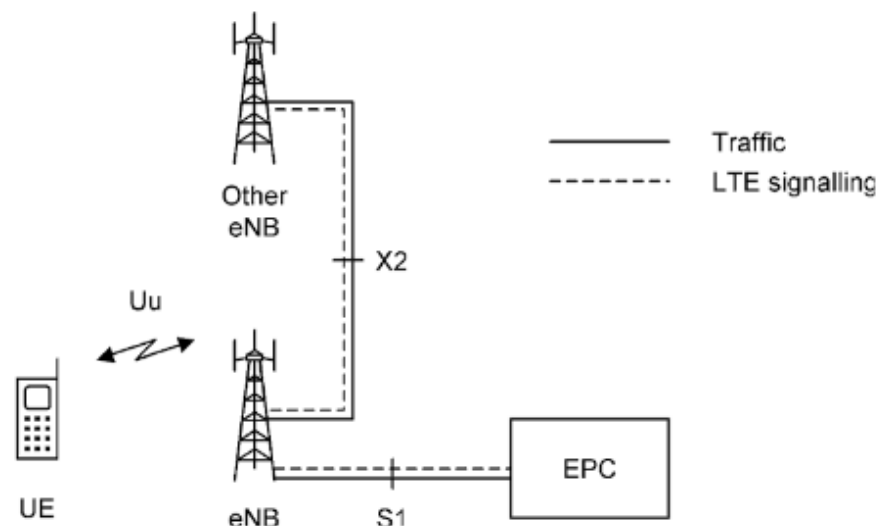
Gambar. 2.7. Arsitektur LTE secara garis besar

(Sumber: Cox, Christopher. 2012)

1. UE (*User Equipment*)

User equipment merupakan perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan *user*. Dengan kata lain, *user equipment* merupakan perangkat komunikasi pengguna. Perangkat ini dapat berupa *handphone*, tablet, ataupun segala perangkat *mobile* yang dapat terhubung dengan internet. *User equipment* juga bisa disebut dengan ME (*mobile equipment*). ME dibagi menjadi dua komponen, yaitu MT (*Mobile Termination*) yang menangani fungsi komunikasi, dan TE (*Terminal Equipment*) yang berfungsi untuk mengakhiri aliran data.

2. E-UTRAN



Gambar. 2.8. Arsitektur E-UTRAN

(Sumber: Cox, Christopher. 2012)

E-UTRAN adalah salah satu bagian arsitektur LTE yang berfungsi untuk menangani sisi radio akses dari UE (*User Equipment*) ke jaringan utama. E-UTRAN menggunakan OFDMA sebagai teknik modulasi untuk *downlink* dan SC-FDMA sebagai teknik modulasi untuk *uplink*, serta mampu menggunakan MIMO hingga empat antena per *site*. E-UTRAN terdiri dari satu komponen yaitu *evolved Node B* (eNB).

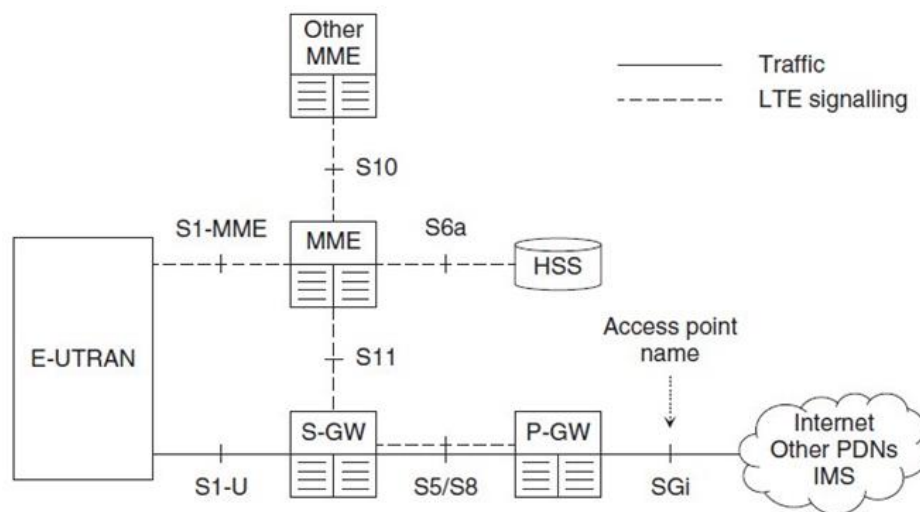
Evolved Node B (E-Node B) digunakan sebagai pengganti sebuah *node B* dan RNC dalam RAN (*Radio Access Network*) sehingga mampu mengurangi biaya operasional dan perawatan perangkat.

Menurut (Cox, 2012), eNB memiliki 2 fungsi utama, yaitu:

- a. Pertama, eNB mengirim transmisi radio ke semua *mobile* pada proses *downlink* dan menerima transmisi dari *mobile* pada proses *uplink* dengan menggunakan proses sinyal analog dan digital dari *air-interface* LTE.
- b. Kedua, eNB sebagai pemroses *signalling messages* untuk mengendalikan *low level operation* dari sebuah *mobile*.

Dalam menjalankan fungsi-fungsi tersebut, eNB menggabungkan fungsi sebelumnya dari *node B* dan RNC untuk mengurangi *latency* yang muncul ketika *mobile* bertukar informasi dengan jaringan.

3. EPC (Evolved Packet Core)



Gambar. 2.9. Komponen EPC

(Sumber: Cox, Christopher. 2012)

Pada gambar 2.9, dapat dilihat beberapa komponen dari EPC yaitu MME, S-GW, P-GW, dan HSS. Terdapat dua jenis *interface* yang menghubungkan E-UTRAN dengan EPC yaitu eNB ke MME dan ke S-GW. *Interface* S1-MME menangani *signalling message (control plane)* dan *interface* S1-U

menangani *traffic (user plane)*. MME dihubungkan dengan S-GW menggunakan *interface S10* dimana *interface* ini disebut dengan *control plane*. Untuk menghubungkan S-GW dengan P-GW digunakan *interface S5/S8* dimana S5 digunakan jika S-GW dan P-GW berada di jaringan yang sama, sedangkan *interface S8* digunakan jika S-GW dan P-GW berada di jaringan yang berbeda. SGi merupakan *interface* yang digunakan untuk menghubungkan antara P-GW dengan internet IMS (*IP Multimedia Subsystem*). *Interface* yang terakhir merupakan S6a yang menghubungkan antara MME dengan HSS.

a. MME (*Mobility Management Entity*)

MME merupakan komponen yang mengatur *high-level operation* dari *mobile* dan menangani *mobility message (signalling message)*. MME mengontrol setiap node yang ada pada jaringan akses LTE. Selain itu, MME juga bertanggung jawab untuk memilih S-GW (*Serving Gateway*) yang akan digunakan UE ketika *initial attach* saat UE melakukan *intra-LTE handover*. Ketika UE terhubung dengan sebuah MME disebut dengan *-serving MME*. UE dapat berpindah MME jika UE tersebut berpindah cukup jauh.

b. S-GW (*Serving Gateway*)

S-GW merupakan bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat *operational* dan *maintenance*. S-GW berfungsi sebagai *high-level router* yang mana meneruskan data antara eNB dan P-GW.

c. P-GW (*Packet Data Network Gateway*)

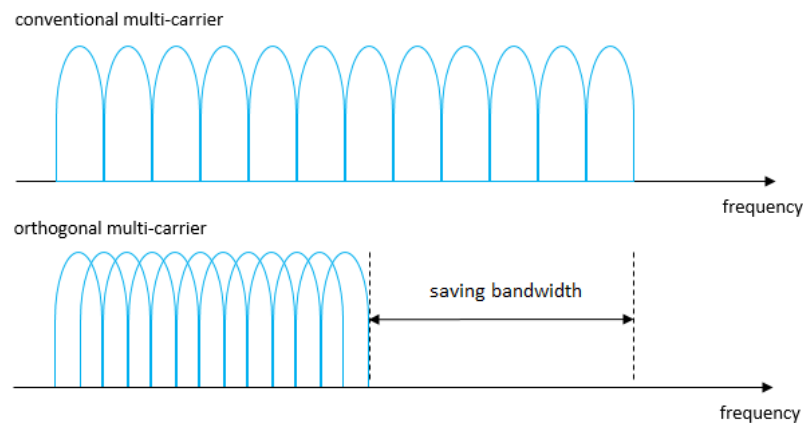
P-GW merupakan titik akhir *network* berhubungan dengan komponen luar seperti halnya internet, *network operator server*, dan *IP multimedia subsystem*.

d. HSS (*Home Subscriber Server*)

HSS merupakan server yang menyimpan seluruh data pelanggan untuk semua data permanen *user*. HSS juga menyimpan lokasi pengguna pada level yang dikunjungi *node* pengontrol jaringan.

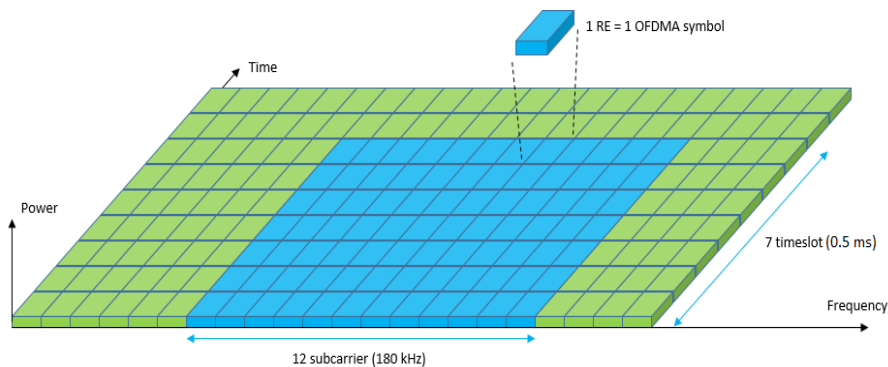
2.2.6. OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*)

OFDMA merupakan teknik *multiple access* yang menggunakan frekuensi dan juga waktu sebagai pemisah antara para *user*-nya. Selain bisa membagi *user* berdasarkan waktu dan frekuensi, OFDMA juga memiliki kelebihan lainnya yaitu mampu menghemat *bandwidth* karena sinyal masing-masing *subcarrier* pada OFDMA dapat *overlap* dengan yang lainnya.



Gambar. 2.10. Ilustrasi penghematan bandwidth OFDMA

OFDMA menggunakan RB (*Resource Block*) sebagai satuan *resource*. Setiap *user* tidak mungkin mendapat *resource* yang kurang dari 1 RB. Setiap RB terdiri dari 12 *subcarrier* dan 7 *timeslot*. Pada gambar 2.11 dapat dilihat bagian berwarna biru merupakan 1 RB yang berisi 12 *subcarrier* dan 7 *timeslot*. Satuan terkecil dari RB merupakan RE (*Resource Element*) berisikan 1 simbol OFDMA yang mana 1 RB terdiri dari 84 RE.



Gambar. 2.11. Ilustrasi *Resource Block*

Nilai *Resource Block* dipengaruhi oleh jumlah *bandwidth* yang digunakan. OFDMA pada LTE memiliki *bandwidth* yang dikonfigurasi menjadi 6 macam yaitu 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, dan 20Mhz.

Tabel. 2.2. Jumlah RB berdasarkan konfigurasi *bandwidth*.

Konfigurasi Bandwidth	1.4 Mhz	3 Mhz	5 Mhz	10 Mhz	15 Mhz	20 Mhz
Jumlah RB	6	15	25	50	75	100

2.2.7. Parameter Performansi Radio LTE

Menurut (Haq, 2017), optimasi jaringan merupakan kegiatan yang dilaksanakan untuk meningkatkan kinerja performansi suatu jaringan selular. Optimasi dilakukan untuk mendapat kualitas jaringan terbaik dengan menggunakan data yang tersedia. Berikut merupakan beberapa parameter performansi jaringan LTE:

1. RSSI (*Reference Signal Strength Indicator*)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) adalah ukuran power *bandwidth* termasuk *-serving cell power*, *noise*, dan *interference power* (Haq, 2017).

2. RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP merupakan rata-rata *linear* daya yang dibagikan pada *resource elements* yang membawa *reference signal* dalam rentang *bandwidth* yang digunakan. Semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, maka akan semakin kecil nilai RSRP yang diterima oleh *user*. RS merupakan *reference signal* di tiap titik jangkauan. Pengguna yang berada di luar jangkauan akan tidak mendapatkan layanan LTE. Fungsi RSRP yaitu untuk memberi informasi ke UE (*User Equipment*) mengenai kuat sinyal suatu *cell* berdasarkan perhitungan *path loss* dan memiliki peranan dalam proses *handover* dan *cell selection-reselection*. Menurut (Pratama, AY. 2018) Faktor yang mempengaruhi terjadinya daya sinyal rendah yaitu:

- a. Lokasi site
- b. Kesalahan pada perangkat keras

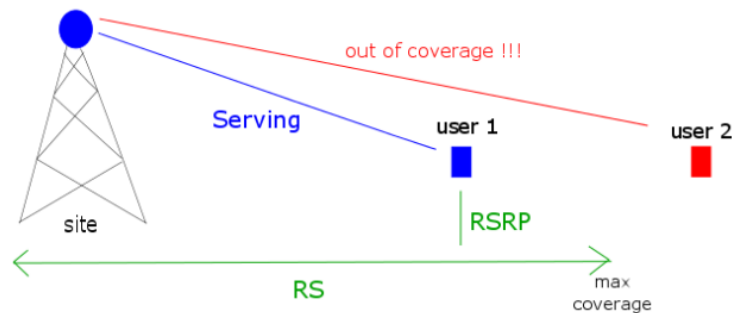
- c. *Cell* tidak berfungsi
- d. Daya pemancar
- e. Tinggi antenna
- f. Arah antenna
- g. Kondisi *missing neighbor*

Pada teknologi 2G, parameter RSRP dapat dianalogikan sebagai RxLevel dan pada teknologi 3G dianalogikan sebagai RSCP. Menurut (Nurhasanah, dkk, 2017) RSRP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{RSRP} = \text{RSSI}(\text{dBm}) - 10 \cdot \log(12 \cdot N) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- a. RSSI = *Received Signal Strength Indicator* (dBm)
- b. N = Jumlah RBs di seluruh RSSI diukur dan tergantung pada BW



Gambar. 2.12. *User Equipment* menerima sinyal *-serving* RSRP dari *site*.

3. RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ merupakan parameter yang menentukan kualitas sinyal yang diterima. RSRQ adalah rasio antara RSRP dan RSSI. RSRQ dapat dirumuskan sebagai berikut (Suhermawan, dkk, 2017):

$$\text{RSRQ} = 10 \cdot \log_{10}(\text{RB}) + (\text{RSRP})_{\text{dBm}} - \text{RSSI}_{\text{dBm}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- a. RB = *Resource Block* dari *bandwidth* yang diukur.
- b. RSRP = *Reference Signal Received Power* (dBm)
- c. RSSI = *Reference Signal Strength Indicator* (dBm)

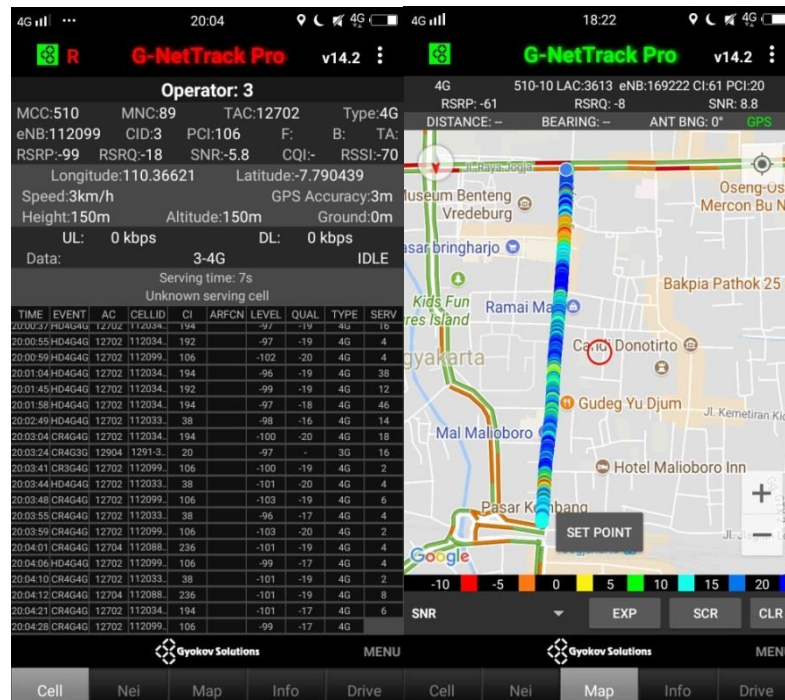
2.2.8. *Drive Test / Walk Test*

Drive test / walk test merupakan proses pengukuran yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi dari kualitas sinyal pada suatu jaringan sehingga dapat dilakukan optimasi agar performansi jaringan sesuai dengan kriteria. *Drive test* dilakukan dengan menggunakan kendaraan dengan kecepatan rendah, sedangkan *walk test* dilakukan dengan berjalan kaki dikarenakan area yang diteliti tidak bercakupan luas. Tujuan umum dilakukannya *drive test* yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui *coverage* yang terjadi dilapangan disesuaikan dengan prediksi *coverage* ketika *planning*.
- b. Untuk mengetahui performansi jaringan setelah dilakukannya perubahan.
- c. Untuk mengetahui adanya interferensi.
- d. Untuk mencari adanya daerah yang memiliki daya terima sinyal yang rendah (*poor coverage*).
- e. Untuk mencari RF issue yang berkaitan dengan *drop call* dan *block call*.
- f. Untuk mengetahui performansi jaringan operator lain.

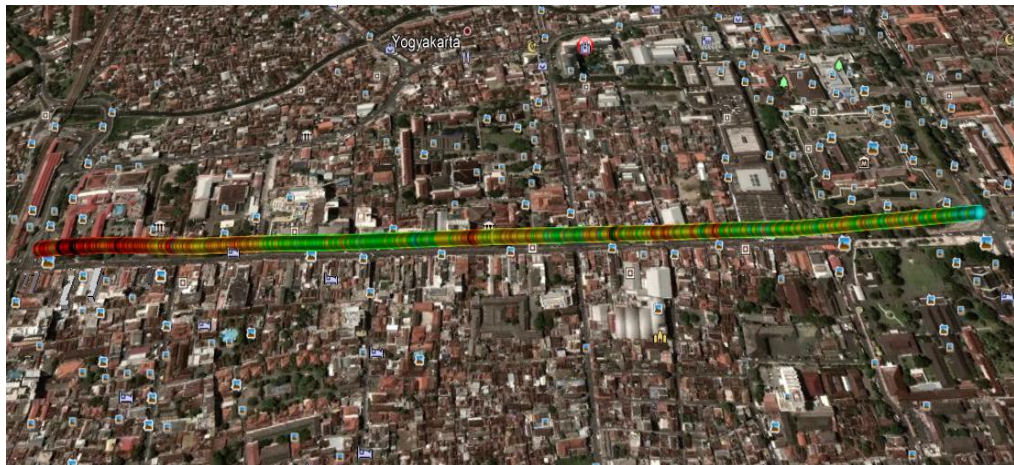
2.2.9. *G-Net Track Pro*

G-Net Track Pro merupakan *software* berbayar yang terdapat pada *handphone* berbasis android yang digunakan untuk melakukan *drive test*. *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.



Gambar. 2.13. Tampilan aplikasi *G-Net Track Pro*.

2.2.10. Google Earth



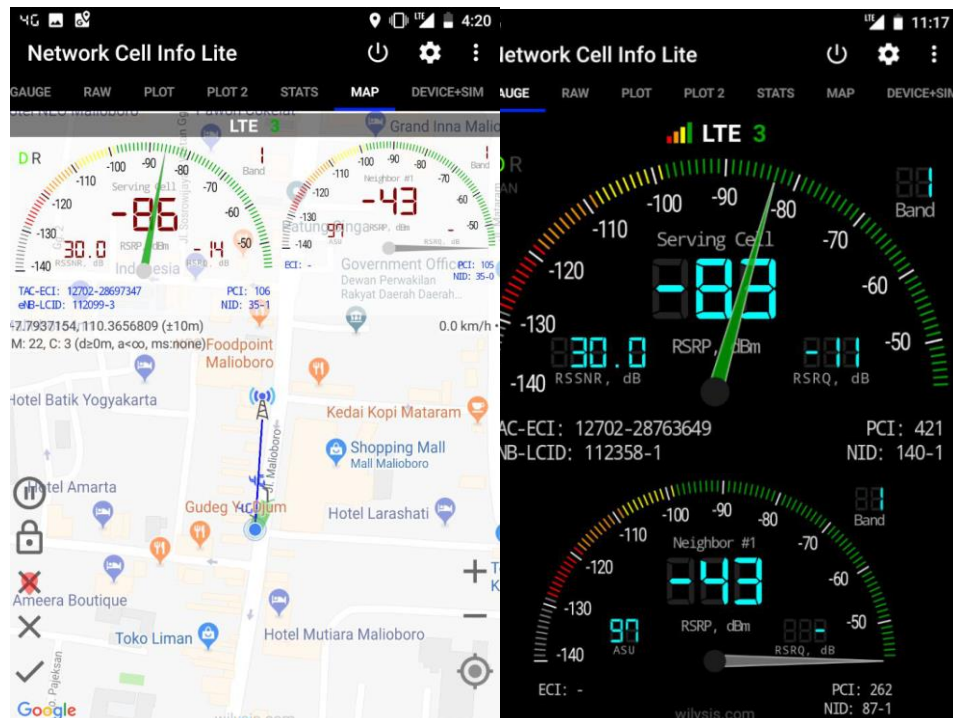
Gambar. 2.14. Hasil ekspor file *G-Net Track Pro* ke *Google Earth*.

Google earth merupakan sebuah program *globe virtual* yang yang sebenarnya disebut dengan *Earth Viewer* dan dibuat oleh Keyhole, Inc. Program ini berfungsi untuk mengetahui kondisi morfologi maupun kontur permukaan bumi secara nyata yaitu foto tampak dari atas permukaan bumi dengan resolusi

gambar yang cukup bagus dan memiliki keterangan derajat lintang dan bujur untuk setiap daerah di muka bumi. Google *earth* juga dapat digunakan untuk mencari alamat, GPS, mengetahui tempat-tempat di suatu wilayah dengan penjelasan dan foto aslinya. Google earth menggunakan ekstensi file yang sama dengan ekstensi yang digunakan oleh aplikasi *G-Net Track Pro* yaitu *.kml sehingga hasil *walk test* dari *G-Net Track Pro* bisa diekspor ke program google *earth*.

2.2.11. Network Cell Info Lite

Network Cell Info Lite merupakan aplikasi yang tersedia *handphone* berbasis android. Aplikasi ini memiliki fitur untuk mengetahui letak *cell* BTS provider yang digunakan, dan mengetahui letak *cell* BTS yang sedang terhubung dengan *handphone* yang digunakan. Aplikasi ini juga dapat mengetahui kuat sinyal yang diterima oleh *handphone*. *Network cell info lite* mendukung jaringan 4G LTE, 3G, maupun 2G.



Gambar. 2.15. Tampilan aplikasi *Network Cell Info Lite*

2.2.12. Standar Performansi Jaringan

Standar performansi jaringan atau yang biasa disebut dengan KPI (*Key Performance Indicator*) merupakan standar yang digunakan sebagai target pencapaian yang digunakan oleh perusahaan ataupun operator jaringan. Aplikasi G-Net Track Pro memiliki standar pada setiap parameter performansi radio LTE nya, pada tabel 2.3 menunjukkan standar KPI untuk RSRP, tabel 2.4 menunjukkan standar KPI RSRQ.

Tabel 2.3. Standar KPI RSRP berdasarkan G-Net Track Pro.

Warna	RSRP (dBm)
Merah (sangat baik)	Kurang dari -60 dBm
Orange (sangat baik)	-60 s/d -70 dBm
Kuning (baik)	-70 s/d -80 dBm
Hijau (baik)	-80 s/d -90 dBm
Biru Muda (normal)	-90 s/d -100 dBm
Biru Tua (buruk)	-100 s/d -110 dBm
Abu-abu (buruk)	-110 s/d -120 dBm
Hitam (sangat buruk)	Lebih dari -120 dBm

Tabel. 2.4. Standar KPI RSRQ berdasarkan G-Net Track Pro.

Warna	RSRQ (dB)
Biru Tua (sangat baik)	Lebih dari 5 dB
Biru (sangat baik)	5 s/d 2 dB
Tosca (sangat baik)	2 s/d -1 dB
Hijau (sangat baik)	-1 s/d -7 dB
Kuning (baik)	-7 s/d -10 dB
Orange (normal)	-10 s/d -14 dB
Merah (buruk)	-14 s/d -20 dB
Hitam (sangat buruk)	kurang dari -20 dB