

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam perkembangannya sistem teknologi komunikasi senantiasa berkembang di mulai dari teknologi 1G sampai yang terbaru dan sudah di komersialkan yaitu 4G LTE (*Fourth Generation LTE*) adalah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. (Saputra, 2016), juga melakukan penelitian tentang unjoke kerja atau performansi dari sistem seluler generasi 4G LTE yang pada masa sekarang telah sangat banyak diterapkan dan menjadi sistem terancangih dari evolusi sistem telekomunikasi *seluler* saat ini yang sudah dikomersialkan. Pada jurnal ini menjadikan objek penelitian yaitu wilayah di Yogyakarta dengan melakukan penelitian beberapa aspek performa dari sistem ini yaitu RSSI, RSRP, RSRQ. Penelitian kali ini menggunakan *software* pengukuran yaitu TEMS *pocket* dan mendapatkan hasil yaitu kecepatan rerata akses *download* bernilai 21,29 Mbps dan laju *upload* 5,51 Mbps. Prosentase browsing 47,88% dan untuk streaming sebesar 85,94%. Sedangkan pengukuran rerata RSSI sebesar -69,3dBm, RSRP sebesar -87,3dBm, dan RSRQ sebesar -7,3dB.

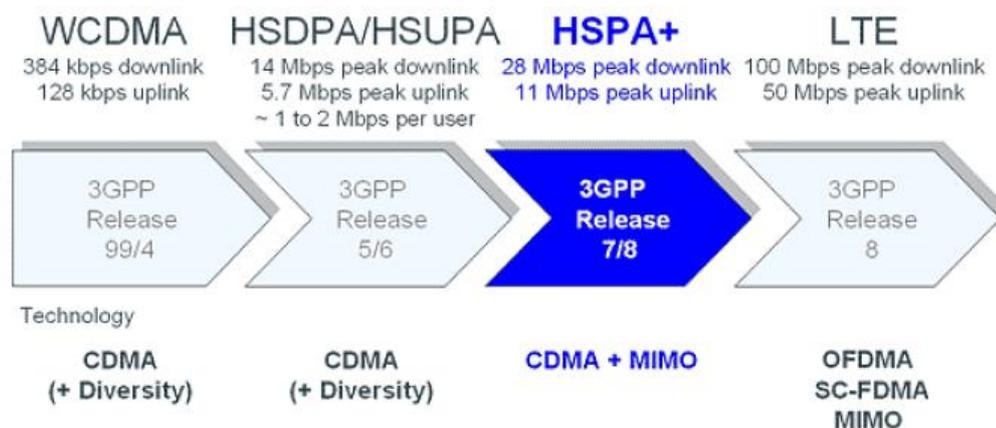
Pada penelitian yang lain (Chandra, 2015) melakukan tes performansi antara beberapa *provider* yaitu XL Axiata, Telkomsel, *Hutchison* dan Telkomsel. Pengukuran pada penelitian menggunakan *software Signal Tracker* dengan mengukur *signal strength*. *Drive test* kali ini memilih objek penelitan beberapa jalan protokol di Pekanbaru. Didapatkan hasil dari penelitian ini sinyal terkuat dari objek penelitian yaitu rerata tiap *provider* Hutchison -74,401 ;Indosat -85,84; Telkomsel -62,335; XL Axiata -66,323. Dapat disimpulkan bahwa Telkomsel memiliki kekuatan sinyal yang paling baik.

(Bursandy, 2017) juga meneliti analisis kinerja 4G LTE yang juga banyak telah dilakukan penelitian oleh peneliti-peneliti lain dan yang menjadi topik pembahasan dari jurnal ini adalah beberapa aspek / variabel menggunakan RSRP, RSRQ dan SINR yang telah menjadi aspek penting dan sering digunakan pada pengukuran performa sebuah sistem seluler. Objek penelitian kali ini mengambil objek penelitian di kota Palembang dan difokuskan pada daerah Jakabaring. Dapat kita simpulkan dari penelitian kal ini adalah dalam wilayah 10Mhz & 15Mhz mendapatkan hasil RSRP sebesar 100% untuk $\geq(-100)$ dBm, SINR pada wilayah Bukit 94.34% >0 dBm, dan wilayah Jakabaring 70.27% belum optimal dan troughput pada wilayah Bukit 72.57% ≥ 2 Mbps dan di Jakabaring 48.28% sehingga troughputnya belum optimal dengan kualitas RSRP dan RSRQ yang sudah memenuhi standar KPI telkomsel.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian LTE

Long Term Evolution (LTE) adalah generasi teknologi telekomunikasi selular. Menurut standar, LTE memberikan kecepatan *uplink* sampai 50 Mbps dan kecepatan *downlink* sampai 100 Mbps. Tidak diragukan lagi, LTE membawa banyak manfaat dan perubahan jaringan selular. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP (*third generation partnership project*) terlihat seperti gambar :



Gambar 2.1 Standar 3GPP

Bandwidth 4G LTE berkisar antara 1,4 MHz hingga 20 MHz. Operator jaringan bisa memilih *bandwidth* yang berbeda dan memberikan layanan yang berbeda sesuai dengan spektrum yang ditentukan. Hal ini juga merupakan tujuan desain dari LTE yaitu untuk meningkatkan efisiensi spektrum pada jaringan, yang memungkinkan operator untuk menyediakan lebih banyak paket data pada suatu *bandwidth*. Karakteristik perkembangan teknologi selular menurut standar 3GPP sebagai berikut: (Deris Riansyah, 2010)

Tabel 2.1 Karakteristik Perkembangan Teknologi Selular

	WCDMA (UMTS)	HSPA	HSPA+	LTE
Downlink Max Speed (bps)	384k	14M	28M	100 M
Uplink Max Speed (bps)	128k	5.7M	11M	5 M
Latency-RTT	150ms	100 ms	50 ms	~10ms
3GPP Release	Rel 99/4	Rel 5/6	Rel 7	Rel 8
Access Methodology	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/SC-FDMA

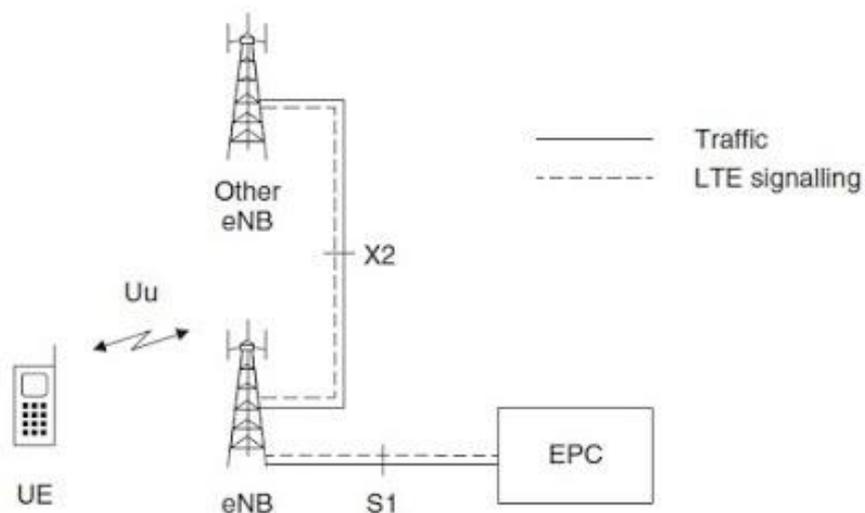
2.2.2 Arsitektur LTE

Di setiap teknologi yang satu dengan yang lain pasti memiliki arsitektur jaringannya sendiri-sendiri. GSM, CDMA, WCDMA dan 4G LTE (*Long Term Evolution*) juga sama. Sekedar untuk permulaan bahwa, kebanyakan orang salah menamai keseluruhan jaringan generasi ke empat disebut dengan LTE, padahal sejatinya LTE merupakan bagian *air interface* dari jaringan generasi keempat tersebut. Keseluruhan jaringan generasi ke empat disebut dengan EPS (*Evolved Packet System*), namun terkenal dengan nama LTE pada akhirnya nama inilah yang sering digunakan. Untuk mempermudah memahami arsitekturnya, kita pisahkan menjadi dua, yaitu :

1. Arsitektur dari E-UTRAN
2. Arsitektur dari EPC (*Evolved Packet Core*)

A. Arsitektur E-UTRAN

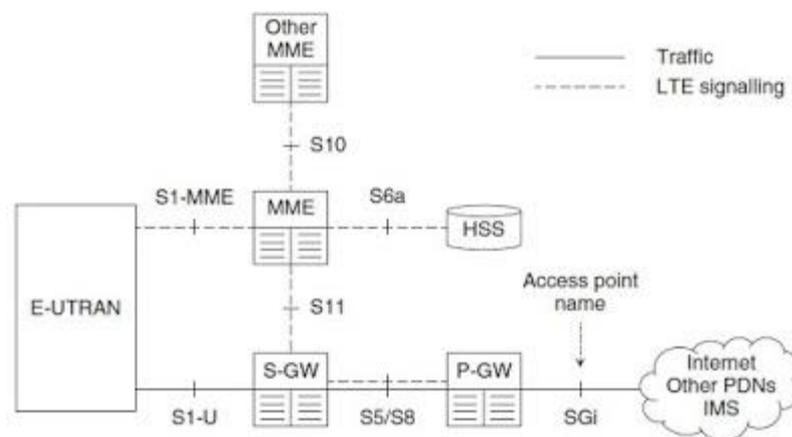
E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*) berfungsi untuk menghubungkan antara *mobile* dan EPC. E-UTRAN terdiri dari satu komponen yakni *evolved Node B* (eNB). Jika kita melihat pada teknologi sebelumnya (3G), di bagian ini terdiri dari dua komponen yaitu *Node B* dan RNC. Pada jaringan 4G, eNB memiliki fungsi yaitu dari *Node B* dan RNC. Hal ini semakin mempersingkat waktu komunikasi antara *mobile* dengan *base station* tersebut, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk *handover* akan jauh lebih cepat. Dua fungsi utama dari E-UTRAN pertama adalah sebagai pengirim transmisi radio ke semua *mobile* yang ada di jangkauannya. Dengan pemrosesan sinyal analog dan sinyal digital. Kedua, sebagai pemroses *signalling messages* yaitu untuk mengendalikan *low level operation* dari sebuah *mobile*.



Gambar 2.2 Arsitektur E-UTRAN

B. Arsitektur EPC

Beberapa komponen penting dari EPC adalah seperti MME, S-GW, P-GW, HSS. HSS (*Home Subscriber Server*) adalah server yang menyimpan seluruh data *subscriber network* operator.



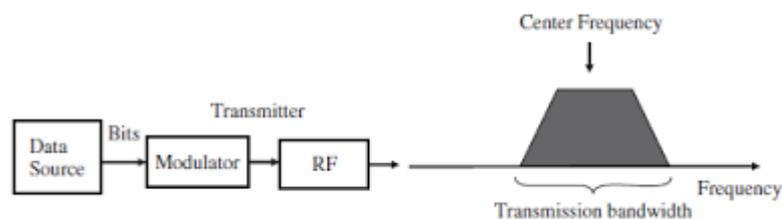
Gambar 2.3 Komponen EPC

Ada dua jenis *interface* yang menghubungkan antara E-UTRAN dengan EPC (eNB ke MME dan S-GW), yaitu *interface* S1-MME yang menangani *signalling message (control plane)* dan *interface* S1-U yang menangani *traffic (user plane)*. Kemudian S-GW dihubungkan dengan MME pada sebuah *interface* yang disebut *interface* S10 (control plane), sedangkan *interface* yang menghubungkan antara S-GW dan P-GW adalah S5/S8. Dimana disebut S5 apabila S-GW dan P-GW berada dalam satu jaringan, dimana hubungannya dengan *roaming network*. Sedangkan S8 jika S-GW dan P-GW berada di *network* yang berbeda. *Interface* yang menghubungkan *network* dengan dunia luar adalah SGi yaitu antara PDN gateway dan internet atau *server network* operator atau IP Multimedia Subsystem. *Interface* S6a menghubungkan antara MME dan HSS.

2.2.3 Teknik *Multiplexing*

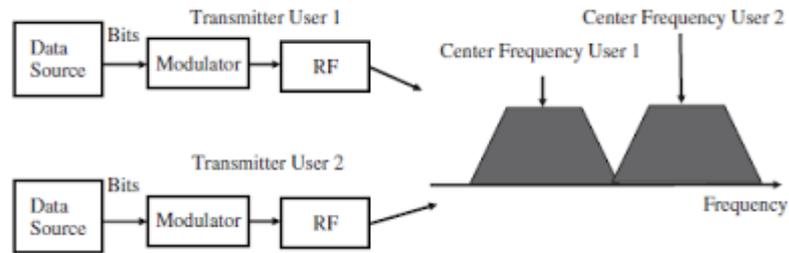
Akses LTE berbeda dengan yang WCDMA. Dalam LTE, akses *downlink* didasarkan pada *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) dan akses *uplink* didasarkan pada *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA).

Multiple Access Single carrier (SC) mengartikan bahwa informasi dimodulasi hanya untuk satu *carrier*, menyesuaikan fase atau amplitudo pembawa atau keduanya. Frekuensi juga bisa disesuaikan, tetapi dalam LTE ini tidak terpengaruh. Semakin tinggi kecepatan data, semakin tinggi tingkat *symbol* dalam sistem digital dan dengan demikian *bandwidth* juga lebih tinggi. Misalnya dengan menggunakan *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) pemancar menyesuaikan sinyal untuk membawa jumlah yang diinginkan dari bit per *symbol* modulasi. Gelombang spektrum yang dihasilkan adalah pembawa spektrum tunggal, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



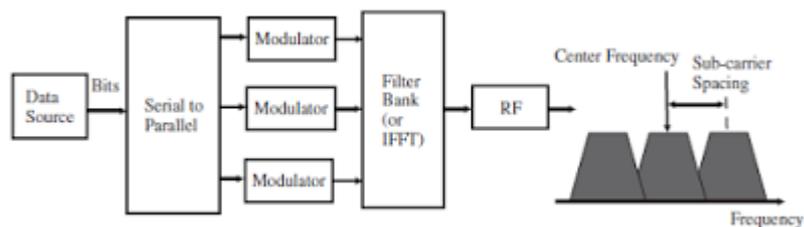
Gambar 2.4 SC-FDMA

Dengan prinsip *Frekuensi Division Multiple Access* (FDMA), pengguna yang berbeda akan kemudian akan menggunakan *carrier* yang berbeda atau *sub-carrier*, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:

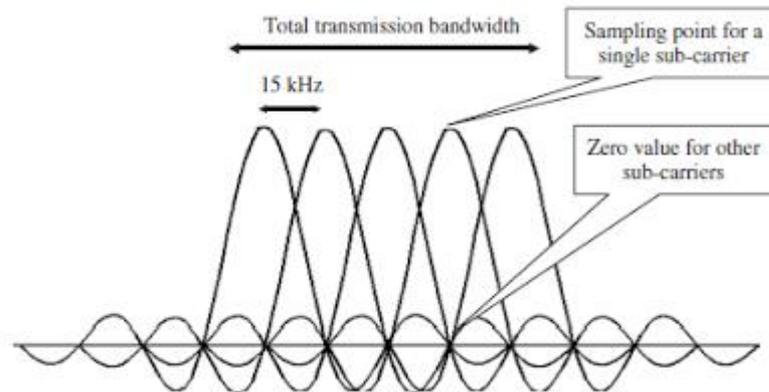


Gambar 2.5 SC-FDMA dengan dua pengguna

Penggunaan prinsip *multi-carrier* ditunjukkan pada Gambar 2.6, dimana data dibagi pada *sub-carrier* yang berbeda dari satu pemancar. Contoh pada Gambar 3 memiliki *filter bank* yang untuk solusi praktisnya biasanya diganti dengan *Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)* dimana jumlah *subcarrier* banyak.

Gambar 2.6 Prinsip *Multicarrier*

Salah satu contoh pendekatan *multi-carrier* adalah *dual carrier WCDMA (dual cell HSDPA)*, yang mana menggunakan *dual carrier WCDMA* namun tidak menggunakan prinsip-prinsip pemanfaatan spektrum tinggi. Untuk mengatasinya, digunakan pendekatan *orthogonality* diantara transmisi yang berbeda, untuk menciptakan *sub-carrier* yang tidak mengganggu satu sama lain, meskipun spektrum masih tumpang tindih dalam domain frekuensi. Ini adalah dapat dicapai dengan prinsip *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDMA)*, di mana masing-masing frekuensi *sub-carrier* ini memiliki perbedaan dalam domain frekuensi, kemudian *sub-carrier* yang berdekatan memiliki nilai nol saat itulah dilakukan sampling dari *sub-carrier* yang diinginkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 berikut:



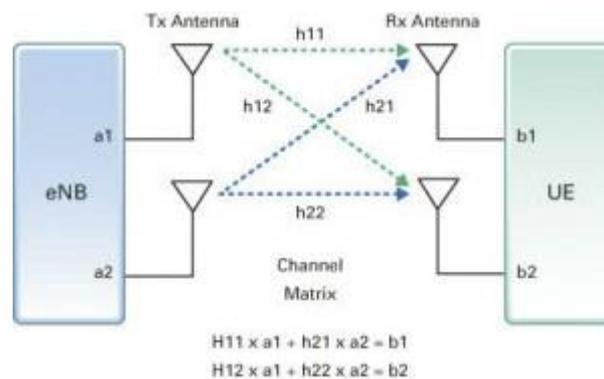
Gambar 2.7 *Sub-Carrier Orthogonality*

2.2.4 Antena MIMO

Sistem *multiple-input multiple-output* (MIMO) adalah sistem yang menggunakan multi antena baik pada *transmitter* maupun *receiver* untuk mengatasi kelemahan pada sistem komunikasi *wireless* konvensional diantaranya adalah *large scale fading*, *small scale fading* termasuk didalamnya *multipath fading* serta interferensi dari sinyal lain. Sistem MIMO memberikan penambahan efisiensi spektral yang didasarkan pada penggunaan *space diversity* pada *transmitter* dan *receiver*. Sistem MIMO disebut juga sistem *multiple element antenna* (MEA) dilihat dari penggunaan *space diversity*.

MIMO adalah singkatan dari *multiple input multiple output*. Teknologi ini diperkenalkan kali pertama oleh seorang ahli dari *Bell Laboratories* pada tahun 1984. Dengan teknologi MIMO, sebuah *receiver* atau *transmitter* menggunakan lebih dari satu antena, tujuannya adalah untuk menjadikan sinyal pantulan sebagai penguat sinyal utama sehingga tidak saling menggagalkan. MIMO juga memiliki kelemahan, yaitu adanya waktu interval yang menyebabkan adanya sedikit *delay* pada antena saat mengirimkan sinyal, meskipun pengiriman sinyalnya sendiri lebih cepat. Waktu interval ini terjadi karena adanya proses dimana sistem harus membagi sinyal mengikuti jumlah antena yang dimiliki oleh perangkat MIMO yang jumlahnya lebih dari satu.

Dalam sistemnya, MIMO tidak hanya menggunakan satu antenna tetapi menggunakan dua atau lebih banyak (jamak) baik pada pemancar maupun penerimanya. Dengan menggunakan antenna jamak tersebut mengakibatkan kinerja menjadi lebih baik, hal tersebut dapat dibandingkan dengan sistem *Single Input Single Output* (SISO).



Gambar 2.8 Sistem MIMO

Beberapa teknologi yang telah menggunakan MIMO adalah IEEE 802.11n (wi-fi), IEEE 802.11ac (wi-fi), 4G, 3GPP *Long Term Evolution*, Wimax dan HSPA+. MIMO dibagi menjadi 3 kategori

1. Precoding

Precoding dikenal juga dengan *multi-stream beamforming*. Dalam istilah yang lebih umum adalah proses *spatial* yang terjadi pada *transmitter*. Tujuan dari *beamforming* adalah untuk meningkatkan sinyal gain yang diterima, dengan sinyal yang dipancarkan dari antenna yang berbeda secara konstruktif, dan juga mengurangi multipath fading. Kelemahan dari beamforming adalah pengiriman data tidak dilakukan secara bersamaan sehingga menambah *delay* yang terjadi. *Precoding* membutuhkan informasi tentang *Channel State Information* (CSI) pada sisi *transmitter* dan *receiver*.

2. *Spatial Multiplexing*

Spatial Multiplexing merupakan teknik yang digunakan untuk meningkatkan kapasitas kanal sehingga menghasilkan *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang lebih tinggi. Untuk meningkatkan kecepatan sinyal maka sinyal dibagi menjadi aliran sinyal yang lebih kecil, setiap aliran yang dikirimkan dari antenna yang berbeda tetap menggunakan frekuensi yang sama. Jika sinyal yang datang pada *receiver*, pada beberapa antenna yang berbeda, maka akan dilakukan proses signatur dan proses CSI di sisi penerima. *Spatial multiplexing* dapat digunakan tanpa CSI di sisi transmitter akan tetapi dapat dikombinasikan antara *precoding* dan CSI. *Spatial multiplexing* dapat digunakan secara transmisi secara bersamaan ke multiple *receivers*, ini yang kita kenal dengan *space division multiple access* atau *Multi User MIMO*, dimana CSI dibutuhkan pada *transmitter*.

3. *Diversity Coding*

Teknik yang digunakan untuk ketika tidak ada kanal informasi di sisi pengirim. *Metode diversity*, menggunakan aliran *single* ketika ditransmisikan tetapi sinyal sudah dikodekan atau yang kita sebut dengan *space time coding*. *Diversity coding* dapat dikombinasikan antara *spatial multiplexing* dengan beberapa kanal informasi pada sisi *transmitter*.

2.2.5 Pengukuran Performansi 4G LTE

Pengukuran performa pada 4G LTE umumnya memiliki 2 aspek penilaian secara umum yaitu *Key Performance Indicator* (KPI) dan *user perceived experienced*.

a. Network KPI (*Key Performance Indicator*)

Adalah indikator kinerja jaringan yang sudah ditargetkan mengenai *traffic growth*, *accessibility* dan *mobility*.

b. *User perceived experience*

Yaitu suatu pengalaman yang dirasakan langsung oleh *user* berkaitan dengan kecepatan data *downlink* dan *uplink*, *battery lifetime*, serta durasi waktu saat melakukan panggilan terhubung dan panggilan terputus.

Standard RF KPI jaringan LTE dan HSPA+ dapat dilihat pada tabel dibawah ini:
(Slamet Pranoto , 2015)

Tabel 2.2 RF KPI LTE dan HSPA+

Tes Skenario	LTE RSRP	LTE RSRQ	LTE SINR	LTE CQI
RF Baik	RSRP/RSRC >-50 dBm	RSRQ>- 8 dB EcNo>-10 dB	>20 dB	(12-15) (26-30)
RF Normal	-80 dBm< RSRP/ RSCP <-70 dBm	-12dB <RSRQ/ EcNo<-10 dB	10dB <SINR <15 dB	(7-11) (20-25)
RF Buruk	-100 dBm< RSRP/RSCP <90 dBm	-15 dB <RSRQ/ EcNo<-12 dB	SINR <5 dB	(<6) (<20)

2.2.6 Parameter *Drive Test* Performansi 4G LTE

Secara umum *drive test* teknologi 4G LTE dapat dilakukan dari aspek mana saja dimuali dari *uplink*, *downlink*, teknologi antena yang dipakai , teknik *multiplexing* yang digunakan dan masih banyaka lagi. Akan tetapi dalam

perjalanan penelitian dan pengembangan dari teknologi ini para peneliti lebih banyak meneliti tentang RSRP dan RSRQ yang dimana menyangkut atau membahas tentang signal yang diterima oleh *receiver* daripada *transmitter*. Pada penjelasan dibawah ini akan membahas lebih detil tentang RSRP dan RSRQ.

a. RSRP (*Reference Signal Received Power*)

Suatu Tipe Pengukuran Sinyal LTE yang mana sebagai indicator Power rata-rata pada suatu *resource element* yang membawa *reference signal* dalam *subcarrier* dinamakan RSRP. Dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\text{RSRP (dBm)} = \text{RSSI (dBm)} - 10 * \log (12 * N) \dots\dots\dots (\text{Jolly,2016})$$

Keterangan:

RSSI= Indikator kekuatan sinyal (dBm).

N= Jumlah RB (*Resource Blok*).

b. RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

Suatu tipe pengukuran sinyal LTE yang mana sebagai parameter yang mana untuk menentukan kualitas dari sinyal yang diterima dinamakan RSRQ. Selain itu RSRQ sebagai rasio antara jumlah N RSRP terhadap RSSI (*Received Signal Strength Indication*). Dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\text{RSRQ} = 10 \log (\text{NRb}) + \text{RSRP} - \text{RSSI} \dots\dots\dots (\text{Larocca, 2018})$$

Keterangan:

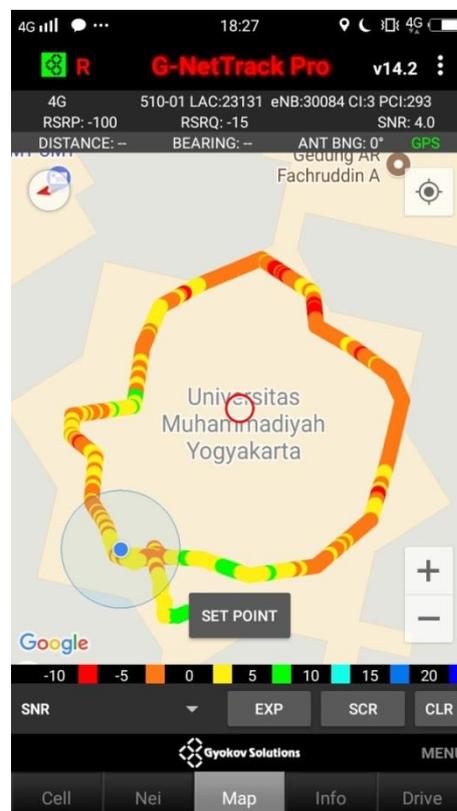
NRb: Jumlah *Resource Block*

RSRP: *Reference Signal Received Power*

RSSI: *Receive Signal Strenth Indicator*

2.2.6 Software Gnet Track Pro

Software *Gnet Track Pro* merupakan software yang dibuat memiliki fungsi untuk mengukur kualitas sinyal yang didapatkan sebuah ponsel dari BTS yang mensuplai sinyal tersebut. *Software* ini memiliki beberapa parameter pengukuran seperti RSSI, RSRP, RSSQ dan SNR. Pada software ini kita juga dapat mendapatkan hasil kualitas sinyal menggunakan *maps* dengan menunjukkan warna yang mewakili nilai dari masing-masing parameter pengukuran. *Software* ini berbayar pada *Play Store* pada OS Android seharga Rp 199.000.



Gambar 2.8 Software *Gnet Track Pro*