

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian [7] mengangkat masalah penerapan *Long Term Evolution* (LTE) di Bali yang mengalami kendala, terutama dalam menjaga kinerja jaringan yang disebabkan oleh peningkatan lonjakan data dan kualitas cakupan yang tidak memadai. Sehingga perlu dilakukan pemeliharaan jaringan untuk mengetahui kualitas suatu jaringan yang dapat dilakukan melalui pengamatan nyata di lapangan dengan pengukuran parameter 4G LTE di area yang belum optimal. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan *Drive test* menggunakan software GENEX Probe dan menganalisis hasil *drive test* menggunakan software GENEX Assistant. Parameter yang diukur antara lain RSRP, SINR, RSSI, RSRQ, CQI, PCI dan PDCP *Throughput* yang kemudian dibandingkan dengan standar XL KPI.

Penelitian [8] ini merupakan jenis penelitian deskriptif, yang menganalisis hasil uji coba berdasarkan parameter RSRP, RSRQ, & SNR. Dan hasil kinerja pada bangunan ini dapat dikategorikan cukup baik, namun tidak maksimal dan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat belum merata. Sehingga perlu ditingkatkan kualitas jaringan dalam rangka meningkatkan kinerja dan kekuatan sinyal yang maksimal & merata di seluruh area bangunan.

Penelitian [9] membahas kualitas sinyal yang akan mempengaruhi kinerja frekuensi *handover* baik intra frekuensi *handover* maupun *handover* antar frekuensi pada jaringan 4G LTE dengan memperhatikan KPI site. Metode yang digunakan untuk mengetahui kualitas sinyal dan kinerja jaringan di suatu area adalah dengan melakukan pengukuran dan mengambil data dengan *drive test*. Salah satu teknik pengambilan data pada jaringan 4G adalah dengan menggunakan metode *Single Site Verification* (SSV) pada *test drive* sehingga diketahui kualitas sinyal dan analisis serah terima baik *intra handover* maupun *inter handover* menggunakan software GENEX Probe.

Penelitian [10] pada tahun 2019 membahas mengenai Kualitas layanan komunikasi data menggunakan sistem nirkabel dipengaruhi oleh jarak dan objek

yang ada disekitar pemancar dan penerima. Faktor lain yang ikut mempengaruhi adalah adanya objek yang menghalangi transmisi sinyal dari pemancar dan penerima. Perbedaan karakteristik dan jenis bahan yang menjadi objek penghalang menyebabkan perbedaan kualitas layanan yang diterima akibat propagasi dari lintasan terkirim. dilakukan pengukuran *Received Signal Reference Power (RSRP)*, *Free Space Loss*, *downlink* dan *Power Link Budget*. Hasil pengukuran ini kemudian dianalisa untuk mengetahui kualitas sinyal 4G pada provider XL dan Telkomsel di kawasan urban dan untuk mengetahui trafik jaringan pada saat jam sibuk.

Penelitian [11] pada tahun 2020 membahas mengenai perhitungan kekuatan sinyal kemudian digunakan untuk menghitung kerugian yang terjadi pada frekuensi 2300 MHz di sepanjang Jalan Cihampelas Bandung, yang memiliki panjang lintasan 2.7 Km. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif yang menggunakan data primer hasil pengukuran, kemudian membandingkannya dengan metode empiris dalam bentuk perhitungan ideal. Perhitungan di lingkungan outdoor menggunakan Model Okumura dengan mempertimbangkan topologi maupun rugi-rugi propagasi di sepanjang Jalan Cihampelas Bandung seperti Skywalk Cihampelas dan bangunan bertingkat.

Berdasarkan literatur tersebut, maka penelitian ini akan melakukan analisis performansi pada optimasi *cross feeder* frekuensi 900 MHz dengan menggunakan metode *Single Site Verification (SSV)* untuk pengambilan data seperti RSRP dan RSRQ dan menggunakan pemodelan Okumura hatta. Penelitian ini juga menggunakan aplikasi MATLAB sebagai alat untuk melakukan analisis parameter / data tersebut.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Komunikasi Seluler

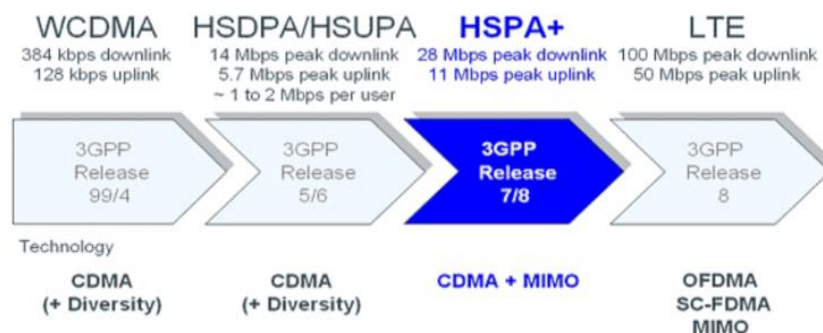
Sistem komunikasi seluler merupakan salah satu jenis komunikasi bergerak, yaitu suatu komunikasi antara dua buah terminal dengan salah satu atau kedua terminal berpindah tempat. Dengan adanya perpindahan tempat ini, sistem komunikasi bergerak tidak menggunakan kabel sebagai *medium* transmisi. Pada GSM (*Global System for Mobile communication*) adalah suatu teknologi yang digunakan dalam komunikasi mobile dengan teknik digital. Sebagai teknologi

yang dapat dikatakan cukup revolusioner karena berhasil menggeser teknologi system telekomunikasi bergerak analog yang populer pada dekade 80-an, GSM telah memberikan alternatif berkomunikasi baru bagi dunia telekomunikasi yang lebih powerful. Dengan menggunakan sistem sinyal digital dalam transmisi datanya, membuat kualitas data maupun *bit rate* yang dihasilkan menjadi lebih baik dibanding sistem analog. GSM 900 menggunakan frekuensi 900 MHz sebagai kanal transmisinya. GSM 1800 dan 1900 masing-masing menggunakan frekuensi 1800 dan 1900 MHz[12].

Sistem telepon seluler terbagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu sistem radio, sistem komunikasi telepon dan sistem pemrograman. Sistem komunikasi radio dan telepon terdiri dari sirkuit elektronik pasif dan aktif. Telepon seluler adalah perangkat elektronik yang sangat umum digunakan di masyarakat saat ini dengan wilayah operasi pita UHF (*Ultra High Frequency*), 800 hingga 1900 MHz (*Mega Hertz*). Untuk level yang lebih tinggi, frekuensi yang digunakan adalah 2300 MHz. Rentang frekuensi ini dikategorikan sebagai rentang frekuensi tinggi dan telah diatur oleh semua negara di dunia[11].

2.2.2 Long Term Evolution (LTE)

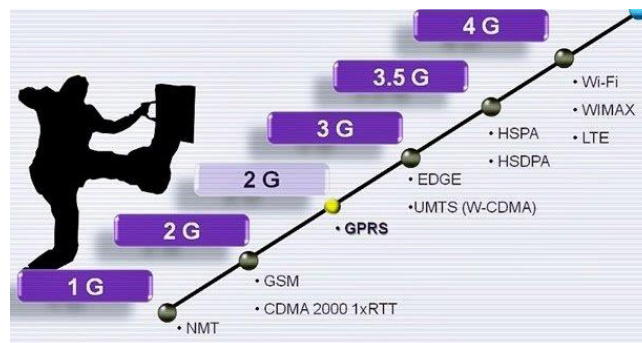
Long Term Evolution (LTE) adalah generasi teknologi telekomunikasi selular. Menurut standar, LTE memberikan kecepatan uplink hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan downlink hingga 100 Mbps. Tidak diragukan lagi, LTE akan membawa banyak manfaat bagi jaringan selular. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP (*third generation partnership project*) terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini[13].



Gambar 2. 1 Perkembangan Telekomunikasi Standar 3GPP[13]

Teknologi ini telah sukses diuji cobakan secara komersial sejak tahun 2009 dan diharap menjadi standar evolusi komunikasi data pita lebar bergerak untuk dasawarsa mendatang. Semenjak Desember 2007, 3GPP melakukan studi kelayakan untuk LTE dengan mengeluarkan *Release-7*. Akhirnya konsep LTE terbentuk pada 2008 dengan dikeluarkannya *Release-8*.

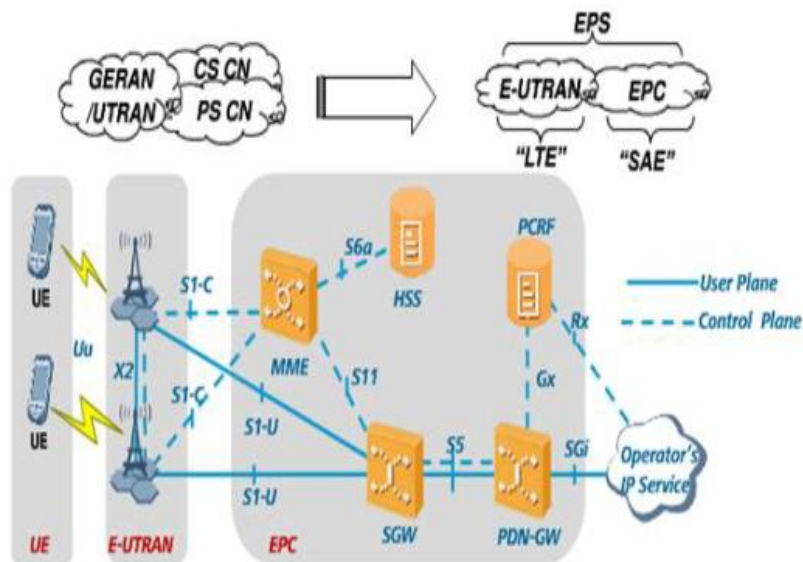
Pada LTE kecepatan transfer data mencapai 100Mbps pada sisi *downlink* dan 50Mbps pada sisi *uplink*. Berikut adalah gambar yang menunjukkan perkembangan 3GPP dari *release 99* hingga *release-8*[14].



Gambar 2. 2 Perkembangan Teknologi seluler[14]

2.2.3 Arsitektur 4G LTE

Arsitektur jaringan 4G LTE sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Arsitektur Jaringan LTE[15]

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (*System Architecture Evolution*) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (*Evolved Packet System*). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). Berikut penjelasan mengenai fungsi dari masing-masing perangkat yang ada pada arsitektur LTE[16]:

1. *User Equipment (UE)*

User equipment adalah perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan user. Peruntukan UE pada LTE tidak berbeda dengan UE pada teknologi sebelumnya.

2. *E-UTRAN*

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan *core*. Pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved Node B (eNode B)*. eNodeB secara fisik adalah suatu base station yang terletak di permukaan bumi (*BTS Greendfield*) atau ditempatkan diatas Gedung (*BTS Rooftop*).

3. *Evolved Packet Core (EPC)*

EPC terdiri dari MME (*Mobility Management Entity*), SGW (*Serving Gateway*), HSS (*Home Subscription Service*), PCRF (*Policy and Charging Rules Function*), dan PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*)[17].

2.2.4 Drive test

Drive test merupakan salah satu bagian pekerjaan dalam optimasi jaringan radio. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara real lapangan. Secara umum tujuan *drive test* adalah untuk mengumpulkan informasi jaringan radio frekuensi secara *real* lapangan. Berikut dibawah ini merupakan mayoritas parameter yang digunakan dalam *drive test* pada teknologi LTE [18].

2.2.5 Parameter 4G LTE

1. *Reference Signal Receive Power (RSRP)*

RSRP didefinisikan sebagai rata-rata linier atas kontribusi daya dari *resource elements* yang membawa informasi *cell-specific reference signal*

dalam pertimbangan *bandwidth* frekuensi pengukuran. Pengukuran yang digunakan untuk menunjukkan cakupan LTE sistem. Rumusnya adalah[19]:

$$RSRP (dBm) = RSSI (dBm) - 10 * \log(12N_{prb}) \quad \dots(2.1)$$

dimana N_{prb} merupakan jumlah *resource block* yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan standar nilai RSRP yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 *Resource Block*[10]

<i>Bandwidth</i>	<i>Resource Block</i>
1.4 MHz	6
3 MHz	15
5 MHz	25
10 MHz	50
15 MHz	75
20 MHz	100

Tabel 2. 2 Standar Nilai *Strength RSRP*[20]

Kategori	<i>Range Nilai RSRP</i>
Sangat Bagus	≤ -80
Bagus	$\leq -90, > -80$
Normal	$\leq -100, > -90$
Buruk	$\leq -120, > -100$
Sangat Buruk	≥ -120

2. *Signal to Interference Noise Ratio (SINR)*

Merupakan rasio perbandingan kuat sinyal antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dibanding *noise background* yang timbul (tercampur dengan sinyal utama). Dalam arti rasio yang antara rata-rata *power* diterima dengan rata-rata interferensi dan *noise*. Minimum RSRP dan SINR yang sesuai tergantung dengan *bandwidth* frekuensinya[20]. Standar nilai SINR yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Standar Nilai SINR Untuk LTE [20]

Kategori	Range Nilai SINR
Sangat Bagus	$30, \leq 15$
Bagus	$15, \leq 0$
Normal	$0, \leq -5$
Buruk	$-5, \leq -11$
Sangat Buruk	≥ -11

3. Reference Signal Receive Quality (RSRQ)

RSRQ adalah rasio sinyal yang diinginkan untuk semua daya yang diterima. Ini dihitung sebagai $N \cdot RSRP / RSSI$ dimana N adalah jumlah *Resource Block*. RSRQ mencakup pemuatan *non-reference signal subcarriers*, jadi ini adalah pengukuran yang baik untuk menunjukkan pemuatan. Ada lima subcarrier data untuk setiap satu sinyal *referensi subcarrier*, yang berarti jika banyak data yang ditransmisikan, RSRQ akan rendah meskipun sinyal yang diterima berkualitas tinggi dan tidak ada *noise*[19]. Berdasarkan hubungan antara RSRP dan RSRQ, didapat persamaan sebagai berikut:

$$RSRQ = 10 \text{ LOG } (N) + RSRP \text{ (dBm)} - RSSI \text{ (dBm)} \quad \dots(2.2)$$

Tabel 2. 4 Standar Nilai RSRQ[20]

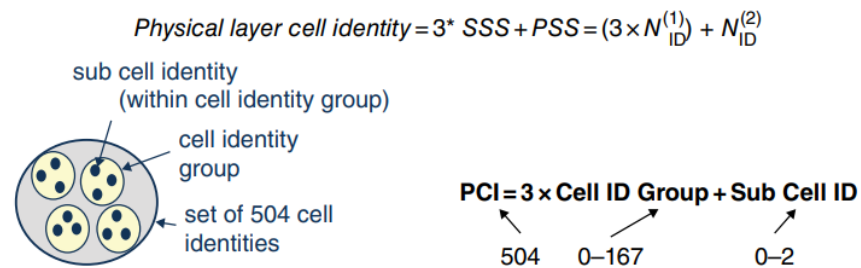
Kategori	Range Nilai RSRQ
Sangat Bagus	> -9
Bagus	$-10, \leq -9$
Normal	$-15, \leq -10$
Buruk	$-19, \leq 15$
Sangat Buruk	≥ -20

4. Throughput

Di dalam jaringan telekomunikasi, *throughput* adalah jumlah bit persatuan waktu yang diterima oleh suatu terminal tertentu di dalam sebuah jaringan. *Throughput* memiliki satuan *bit per second* (bps). *System throughput* atau jumlah *throughput* adalah jumlah rata-rata bit yang diterima untuk semua terminal pada sebuah jaringan[21].

5. Physical Cell Identity (PCI)

PCI adalah pengidentifikasi sel pada lapisan fisik yang dapat digunakan untuk membuat sinkronisasi sinyal, termasuk *Primary Synchronization Signal* (PSS) dan *Sekunder Synchronization Signal* (SSS). Perencanaan PCI adalah satu bagian terpenting dari konfigurasi diri karena peran penting dalam pencarian sel. Ada total 504 ID (0–503). Identitas sel lapisan fisik dikelompokkan menjadi 168 kelompok identitas sel lapisan fisik yang unik, masing-masing kelompok berisi tiga identitas unik. Pengelompokannya sedemikian rupa sehingga setiap identitas sel lapisan fisik adalah bagian dari satu dan hanya satu kelompok identitas sel lapisan fisik[19]. Karena jumlah ID yang terbatas sehingga perlu adanya manajemen penggunaan yang lebih efisien untuk mengurangi resiko konflik jaringan yang tinggi[22].



Gambar 2. 4 *Physical Cell Identity*[19]

2.2.6 Optimasi Jaringan

Optimasi jaringan adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja atau performansi dari suatu jaringan seluler. Optimasi merupakan proses di mana semua informasi mengenai konfigurasi perangkat hardware eNodeB, konfigurasi antena (ketinggian antena, *azimuth tilting*), parameter *setting*. [24]. Cakupan optimasi jaringan adalah sebagai berikut :

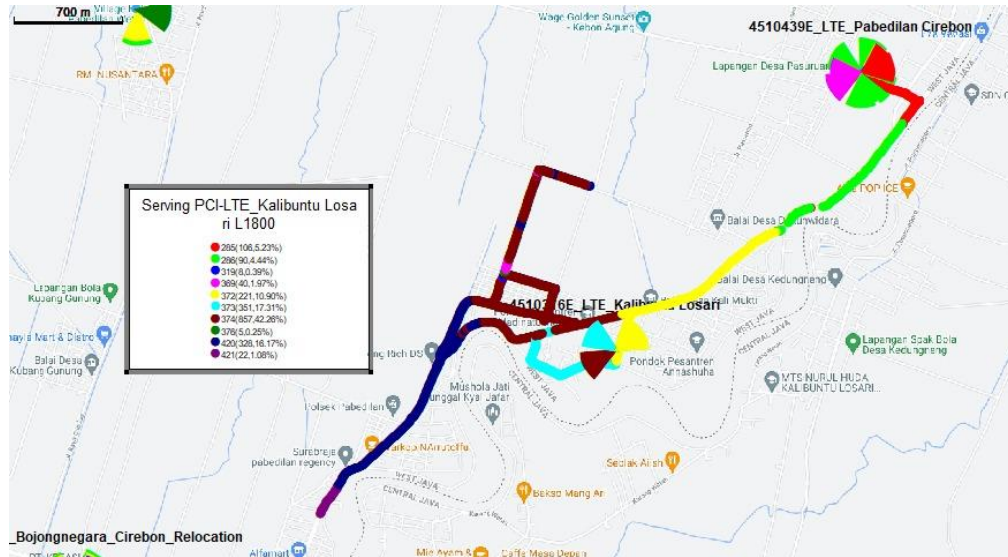
- a. Menemukan data dan memperbaiki masalah yang ada setelah implemementasi dan integrasi *site* yang bersangkutan.
- b. Dilakukan secara berkala untuk meningkatkan kualitas jaringan menyeluruh.
- c. Optimasi jaringan yang telah dilakukan tidak boleh menurunkan kinerja jaringan yang lain.
- d. Dilakukan pada cakupan daerah yang lebih kecil yang disebut dengan *cluster* agar optimasi jaringan dan tindakan *follow up* menjadi lebih mudah ditangani[25].

2.2.7 Cross Feeder

Cross feeder adalah kondisi dimana *feeder* yang digunakan salah terpasang pada antena.[5] Jadi akan menyebabkan terjadinya salah tempat pancaran sinyal. Untuk mengatasi hal tersebut maka pada waktu melakukan instalasi harus benar-benar diteliti apakah port sector 1 di antena sudah benar masuk ke port sector 1 BTS. Dan untuk mengatasi *cross feeder* ada 2 solusi yaitu :

- a. Secara *hardware*, kita bisa merubah posisi jumper antena atau *jumper* BTS dan disesuaikan di *sector* berapa dan *port* berapa yang terjadi *cross feeder*.
- b. Secara *software*, kita hanya merubah posisi *commissioning* untuk merubah posisi *port* yang *cross* (tapi cara ini tidak dianjurkan karena apabila ada *troubleshoot* dan ada orang lain yang akan melakukan *troubleshoot* kemungkinan dia tidak akan tahu) makanya cara *software* hanya dianjurkan apabila *urgent*.

Cross feeder biasanya di ketahui setelah *site* tersebut OA (*On Air*) dan di lakukan DT (*Drive test*) untuk mengetahui performansi sinyal [26]. *Cross feeder* dapat dilihat dari PCI yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Site yang Mengalami *Cross Feeder*

2.3 Model Propagasi Okumura Hata

Model Hata (kadang-kadang disebut model Okumura–Hata) adalah sebuah formulasi empiris yang menggabungkan informasi grafis dari Model Okumura[27]. Dan berlaku dari 150 MHz hingga 1500 MHz. Hata menyajikan kerugian propagasi daerah perkotaan sebagai formula standar dan disediakan persamaan koreksi untuk aplikasi ke situasi lain. Rumus standar untuk median *path loss* di daerah perkotaan diberikan oleh[28]:

$$L_{(urban)} = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_b - a_{h_m} + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d \dots(2.3)$$

Dimana f adalah frekuensi (dalam MHz) dari 150 MHz sampai 1500 MHz, h_b adalah tinggi antenna pemancar (*base station*) yang efektif (dalam meter) mulai dari 30 m sampai 200 m, h_m adalah jarak efektif antenna penerima (*mobile*) (dalam meter) dari 1 m sampai 10 m, d adalah jarak pisah Tx-Rx (dalam km), dan $a(h_m)$ adalah faktor koreksi untuk ketinggian antenna bergerak efektif yang merupakan fungsi dari ukuran wilayah cakupan. Untuk kota berukuran kecil hingga menengah, faktor koreksi antenna bergerak diberikan oleh[28]:

$$a_{h_m} = (1,1 \log f - 0,7)h_m - (1,56 \log f - 0,8) \text{ dB} \dots(2.4)$$

Dan untuk kota besar diberikan oleh:

$$a_{h_m} = 8,29 (\log 1,54 h_m)^2 - 1,1 \quad \text{untuk } f \leq 300\text{MHz} \dots(2.5)$$

$$a_{h_m} = 3,2 (\log 11,75 h_m)^2 - 4,97 \quad \text{untuk } f \geq 300\text{MHz} \dots(2.6)$$

Untuk mendapatkan *path loss* di daerah suburban, rumus Hata standar di persamaan (urban) dimodifikasi sebagai:

$$L_{suburban} = L_{urban} - 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5,4 \quad \dots(2.7)$$

Dan untuk path loss di daerah rural, persamaannya dimodifikasi sebagai

$$L_{rural} = L_{urban} - 4,78(\log f)^2 + 18,33 \log f - 40,98 \quad \dots(2.8)$$

2.3.1 Perhitungan *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP)

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antena di bumi, dapat dihitung dengan rumus[29]:

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \quad \dots(2.9)$$

Dimana :

P_{TX} = daya pancar (dBm)

G_{TX} = penguatan antena pemancar (dB)

L_{TX} = rugi-rugi pada pemancar (dB)

2.3.2 Perhitungan *Receive Signal Level* (RSL)

Receive Signal Level adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima ($RSL \geq R_{th}$). Sensitivitas perangkat penerima merupakan kepekaan suatu perangkat pada sisi penerima yang dijadikan ukuran threshold. Nilai RSL dapat dihitung dengan persamaan berikut[30]:

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{RX} - L_{RX} \quad \dots(2.10)$$

Dimana :

$EIRP$ = Effective Isotropic Radiated Power (dBm)

$L_{propagasi}$ = rugi-rugi gelombang saat berpropagasi (dB)

G_{RX} = penguatan antena penerima (dB)

L_{RX} = rugi-rugi saluran penerima (dB)

Nilai RSL sering juga disebut RSSI. Pada teknologi 3G nilai RSL atau RSSI sama dengan nilai *Receive Signal Code Power* (RSCP).

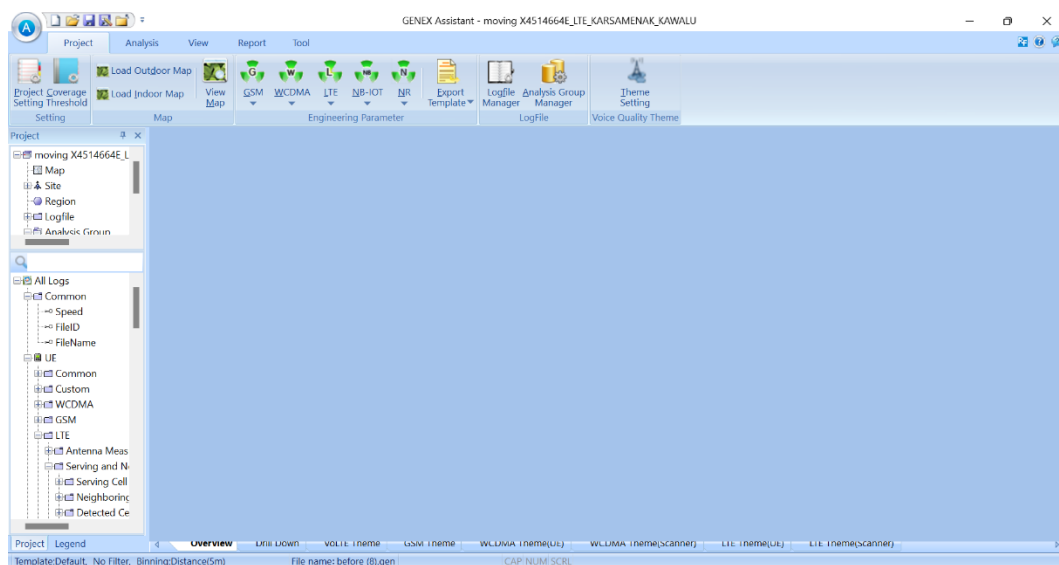
Dimana :

RSL = level daya terima (dBm atau dBw)

R_{TH} = level sensitivitas penerima (*threshold*)(dB)

2.4 GENEX Assistant

GENEX Assistant adalah perangkat lunak handal untuk menguji data radio. Genex Assistant digunakan untuk menganalisa dan memproses data *radio network air interface*. Assistant juga dapat membuat sebuah laporan hasil analisa yang sudah dilakukan. Perangkat lunak ini juga dapat membantu para *network planning* dan *network optimization engineering* untuk mempelajari dan mengetahui tentang analisa permasalahan kinerja dan kehandalan jaringan[21]. Gambar 2.7 menunjukkan tampilan awal dari aplikasi Genex Assistant.



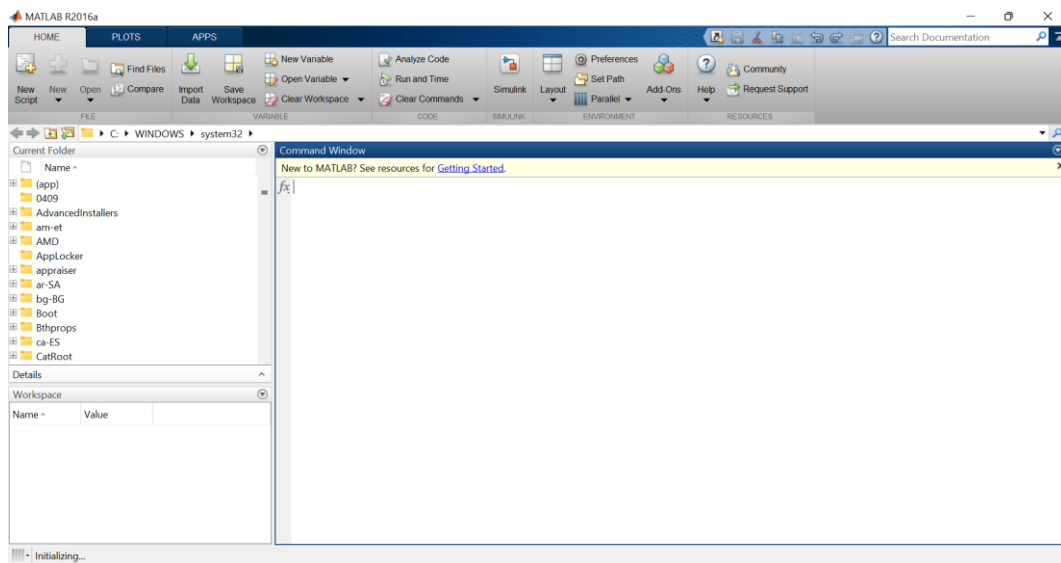
Gambar 2. 6 Tampilan awal Genex assistant

2.5 Matlab

Matrix Laboratory (Matlab) adalah perangkat lunak yang menggunakan dasar *matrix* dalam pemanfaatannya. *Matrix* yang digunakan pada Matlab terbilang sederhana sehingga dapat dengan mudah digunakan. Pada bukunya yang berjudul *Cepat Mahir Matlab* Andry Pujiriyanto tahun 2004, mengungkapkan setidaknya ada 5 kegunaan Matlab secara umum yaitu untuk:

- a). Matematika dan komputasi;
- b). Pengembangan dan algoritma;
- c). Permodelan, simulasi dan pembuatan *prototype*;
- d). Analisa data, eksplorasi dan visualisasi;
- e). Pembuatan aplikasi termasuk pembuatan GUI (*Graphical User Interface*).

Pemanfaatan Matlab yang identik dengan *matriks* tentu erat kaitannya dengan bidang matematika dan komputasi. Berbagai permasalahan matematika dapat dengan mudah dicari penyelesaiannya dengan Matlab, begitu pun dengan bidang komputasi. Matlab merupakan bahasa pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan dan grafik-grafik perhitungan[31]. Gambar 2.8 menunjukkan tampilan awal dari aplikasi MATLAB R2016a.



Gambar 2. 7 Tampilan Awal Matlab R2016a