

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi *Long Term Evolution* (LTE)

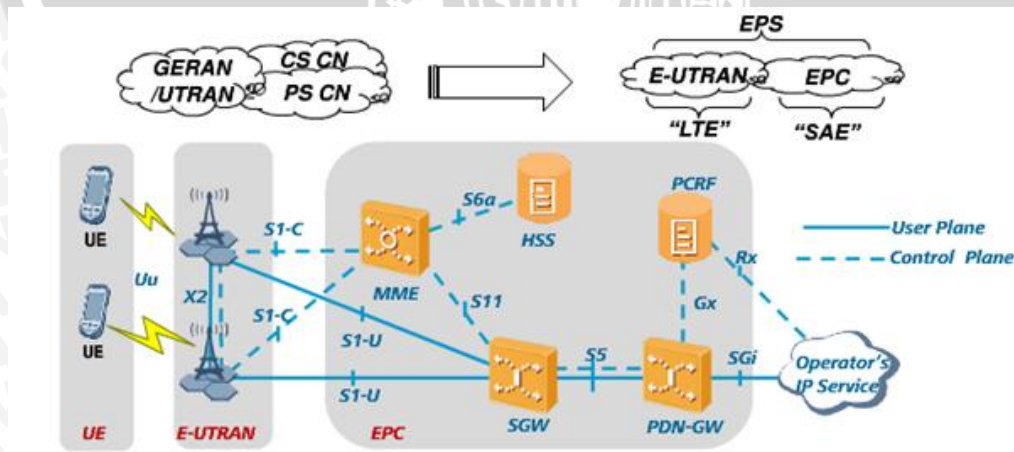
Long Term Evolution, atau LTE, merupakan standar baru untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan saat ini. LTE menggunakan radio yang berbeda, namun tetap menggunakan dasar jaringan GSM / EDGE dan UMTS / HSPA. LTE sering disebut dengan istilah 4G (generasi keempat), untuk membedakannya dengan jaringan 3G.

Di Asia, frekuensi 1.800 MHz dan 2.600 MHz menjadi frekuensi yang umum digunakan untuk penyelenggaraan LTE. Frekuensi ini digunakan oleh Singapura, Hong Kong, Korea Selatan dan beberapa negara Eropa. Di Jepang dan Amerika Serikat, LTE berjalan di frekuensi 700MHz atau 2.100MHz. Sekedar catatan, beberapa negara juga menggunakan frekuensi 800MHz dan 850MHz untuk LTE.

2.1.1 Arsitektur LTE

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah *System Architecture Evolution* (SAE) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi *Evolved Packet System* (EPS). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu *User Equipment* (UE), *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), dan *Evolved Packet Core* (EPC).

Gambar 2.1 Arsitektur teknoogi LTE



Sumber : Holma Harry & A. Toskala, 2010

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 UMTS atau teknologi sebelumnya.

E-UTRAN

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network atau E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan core. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan Node B dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni Evolved Node B (eNode B) yang telah menggabungkan fungsi keduanya. ENode B secara fisik adalah suatu *Base Station* yang terletak dipermukaan bumi (*BTS Greenfield*) atau ditempatkan diatas gedung-gedung (*BTS roof top*).

Evolved Packet Core (EPC)

EPC adalah sebuah system yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah system dimana pada bagian *core network* menggunakan all-IP. EPC menyediakan fungsionalitas *core* mobile yang pada generasi sebelumnya (2G, 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu *Circuit switch* (CS) untuk *voice* dan *Packet Switch* (PS) untuk data. EPC sangat penting untuk layanan pengiriman IP secara *end to end* pada LTE. Selain itu, berperan dalam memungkinkan pengenalan model bisnis baru, seperti konten dan penyedia aplikasi. EPC terdiri dari *Mobility Management Entity* (MME), *Serving Gateway* (SGW), *Home Subscription Service* (HSS), *Policy and Charging Rules Function* (PCRF), dan *Packet Data Network Gateway* (PDN-GW).

Berikut penjelasan secara singkat :

Mobility Management Entity (MME)

MME merupakan elemen kontrol utama yang terdapat pada EPC. Biasanya pelayanan MME pada lokasi keamanan operator. Pengoperasiannya hanya pada *control plane* dan tidak meliputi *datauser plane*. Fungsi utama MME pada arsitektur jaringan LTE adalah sebagai *authentication*

dan security, mobility management, managing subscription profile dan service connectivity.

Home Subscription Service (HSS)

HSS merupakan tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua data permanen user. HSS juga menyimpan lokasi user pada level yang dikunjungi node pengontrol jaringan. Seperti MME, HSS adalah *server database* yang dipelihara secara terpusat pada *premises home operator*.

Serving Gateway (S-GW)

Pada arsitektur jaringan LTE, level fungsi tertinggi S-GW adalah jembatan antara manajemen dan switching user plane. S-GW merupakan bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat operasioanal dan *maintenance*. Peranan S-GW sangat sedikit pada fungsi pengontrolan. Hanya bertanggungjawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikannya berdasarkan permintaan MME, P-GW, atau PCRF, yang memerlukan *set-up*, modifikasi atau penjelasan pada UE.

Packet Data Network Gateway (PDN-GW)

Sama halnya dengan SGW, PDN-GW adalah komponen penting pada LTE untuk melakukan terminasi dengan *Packet Data Network (PDN)*. Adapun PDN GW mendukung *policy enforcement feature, packet filtering, charging support* pada LTE, trafik data dibawa oleh koneksi virtual yang disebut dengan *service data flows (SDFs)*.

Policy and Charging Rules Function (PCRF)

PCRF merupakan bagian dari arsitektur jaringan yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya seperti portal secara *real time*, yang mendukung pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan aktif di jaringan. Jaringan seperti ini mungkin menawarkan beberapa layanan, kualitas layanan (*Quality of services*), dan aturan pengisian. PCRF dapat menyediakan jaringan solusi *wireline* dan *wireless* dan juga dapat mngaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan hal yang menguntungkan dan *platform* inovatif untuk operator.

PCRF juga dapat diintegrasikan dengan platform yang berbeda seperti penagihan, rating, pengisian, dan basis pelanggan atau juga dapat digunakan sebagai entitas mandiri.

2.1.1 Layanan yang diberikan oleh Teknologi LTE

- 1) Secara teoritis LTE mampu menawarkan kecepatan downlink hingga 300 Mbps dan Uplink 75 Mbps
- 2) LTE menggunakan OFDM yang mentransmisikan data melalui banyak operator spectrum radio yang masing-masing 180 KHz. OFDM melakukan transmisi dengan caramembagi aliran data menjadi banyak aliran-aliran yang lebih lambat yang kemudian memperkecil kemungkinan terjadinya efek multi path.
- 3) Meningkatkan kecepatan transmisi secara keseluruhan, kanal transmisi yang digunakan LTE diperbesar dengan cara meningkatkan kuantitas jumlah operator spectrum radio tanpa mengganti parameter channel spectrum radio itu sendiri. LTE harus bisa beradaptasi sesuai jumlah bandwidth yang tersedia.
- 4) LTE mengadopsi system all-IP. Dengan menggunakan arsitektur all-IP membuat rancangan dan implementasi interface LTE menjadi sederhana. Jaringan radio dan jaringan core, hingga memungkinkan industri *wireless* untuk beroperasi layaknya linenetwork.
- 5) Perangkat mobile yang berbasis LTE harus mampu mendukung jaringan GSM, GPRS, EDGE dan UMTS. Jika dilihat dari sisi jaringan, *interface* dan *protocol* yang digunakan memungkinkan untuk pengguna berpindah ke daerah yang memiliki *interface* jaringan berbeda.
- 6) *Physical Cell ID* (PCI) merupakan cara untuk mengidentifikasi pada fisik cell dalam jaringan LTE. Setiap cell melakukan *broadcast* penandaan identifikasi berupa PCI yang digunakan oleh perangkat untuk mengidentifikasi cell (melibatkan frekuensi dan waktu) dalam prosedur *handover*. Agar proses *handover* berjalan dengan sukses, maka alokasi PCI dalam jaringan LTE harus memenuhi ketentuan sebagai berikut
 - *Collision-free*, berarti kode PCI harus unik dalam suatu area dimana suatu sel dicakup. Kondisi ini terjadi jika terdapat dua sel tetangga yang tidak memiliki kode PCI yang sama.

- *Confusion-free*, berarti sebuah sel tidak diperbolehkan memiliki sel tetangga dengan PCI sama yang berdekatan. Kondisi ini terjadi jika tidak ada satupun sel-sel yang memiliki 2 sel tetangga dengan PCI yang berdekatan.

2.2 Base Transceiver System (BTS) untuk 4G (eNodeB)

2.2.1 Menara Telekomunikasi

Menara Telekomunikasi terbuat dari rangkaian besi atau pipa, yang bertujuan sebagai sarana penunjang untuk meletakkan antena pada ketinggian tertentu (PERMEN KOMINFO, 2008). Menara telekomunikasi berbeda dengan tower SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) PLN dalam hal konstruksi maupun resiko yang ditanggung penduduk sekitar lokasi menara.

Menurut Direktorat Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum dalam surat edarannya tahun 2011 menyatakan bahwa Menara Telekomunikasi umumnya memiliki 3 jenis struktur bangunan, yaitu :

1) Menara Mandiri (*self-supporting tower*)

Menara mandiri merupakan menara dengan struktur rangka baja yang berdiri kokoh, sehingga mampu menampung perangkat telekomunikasi dengan optimal. Menara ini dapat didirikan diatas bangunan maupun diatas tanah. Menara tipe ini dapat berupa menara berkaki 4 (*rectangular tower*) dan menara berkaki 3 (*triangular tower*). Menara ini memiliki ketinggian 32-72 m.

2) Menara Teregang (*guyed tower*)

Menara teregang merupakan menara dengan struktur rangka baja yang memiliki penampang lebih kecil dari menara mandiri. Menara ini berdiri dengan bantuan perkuatann kabel yang diangkurkan pada tanah dan di atas bangunan. Menara tipe ini dapat berupa menara berkaki 4 (*rectangular tower*) dan menara berkaki 3 (*triangular tower*). Ketinggian menara tipe ini tidak lebih dari 20 m (lebih dari itu akan melengkung).

3) Menara Tunggal (*monopole tower*)

Menaratunggal merupakan menara yang hanya terdiri dari satu rangka batang/tiangyang didirikan atau ditancapkan langsung pada tanah dan tidak dapat didirikan di atas bangunan.

2.2.2 Konfigurasi (sektorisasi) sel

Secara umum ada dua jenis antenna, yaitu antenna omnidirectional dan antenna directional. Penggunaan jenis antenna dapat memengaruhi penempatan BTS dalam suatu wilayah (Balanis, 1992)

1. Antena omnidirectional

Mempunyai daya pancar ke segala arah dengan daya yang sama besar. Karena fungsinya BTS yang menggunakan antenna ini harus berada tepat ditengah sel. Antenna jenis ini digunakan untuk mendapatkan cakupan service area yang luas dengan jumlah BTS seminimum mungkin. Antenna jenis ini dapat berfungsi dengan maksimal pada service area yang berkontur datar atau rata. Karena karakteristik gelombang yang dipancarkan antenna merata secara horizontal kesegala arah. Hanya saja jarang ditemui antenna yang murni omnidirectional, karena tidak ada antenna yang dapat memancarkan ke segala arah dengan daya sama besar (Huawei, 2015).

2. Antenna Directional

Antena jenis ini biasa digunakan pada area berkontur berbukit atau tidak rata. BTS yang menggunakan antenna jenis ini tidak harus ditempatkan tepat ditengah sel, karena antena jenis ini mempunyai pancaran dengan arah tertentu, dengan sudut pengarahannya tertentu. Antenna jenis ini mempunyai 2 jenis sektorisasi, yaitu 60° dengan 120° . Jika menggunakan antenna dengan pengarahannya 120° maka dibutuhkan 3 buah antenna untuk memenuhi sebuah sel. Antena jenis ini dapat mengurangi interferensi saluran bersama (*co-channel interference*), tetapi membutuhkan banyak antenna.

2.3 Kapabilitas Mobile device

LTE memiliki kapabilitas *User Equipment* (UE) atau perangkat pengguna, yang mampu mendukung kecepatan data 5 Mbps hingga 75 Mbps pada *uplink*, dan 10 Mbps hingga 300 Mbps pada *downlink*. Kapabilitas UE tersebut terdiri dari lima kategori, yaitu kategori 1,2,3,4 dan 5.

Semua perangkat mendukung 20 MHz bandwidth, sehingga sudah siap menyesuaikan dengan ketersediaan bandwidth yang dioperasikan oleh operator selular. Misalkan sementara ini

operator selular di Indonesia masih menggunakan bandwidth 5 MHz, yang kedepannya akan melakukan ekspansi setelah ada lisensi dari otoritas setempat.

Tabel 2.1 Kategori perangkat dari mulai kategori 1 sampai dengan 5:

	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4	Kategori 5
Peak rate DL/UL	10/5 Mbps	50/25 Mbps	100/50 Mbps	150/50 Mbps	300/75 Mbps
Modulation DL	QPSK/16QAM/64QAM				
Modulation UL	QPSK/16QAM				QPSK/16QAM+64QAM
MIMO DL	Optional	2x2	2x2	2x2	4x4

Sumber : Huawei Technologies (2015,29)

Perangkat atau UE yang memiliki kapabilitas yang paling rendah atau kategori 1, dengan *peak rate* DL 10 Mbps dan UL 5Mbps. Untuk modulasi downlink, semua kategori mendukung modulasi QPSK, 16QAM, dan 64 QAM. Untuk modulasi uplink, hanya kategori 5 saja yang mampu mendukung modulasi 64QAM, selain itu untuk kategori 1 sampai dengan 4 hanya mendukung modulasi QPSK dan 16QAM. Selain *peak rate* dan modulasi, terdapat fitur MIMO DL yaitu *Multiple Input Multiple Output Downlink* dimana dengan fitur tersebut mampu meningkatkan kecepatan data pada arah downlink.

Pada kategori 1, pilihannya adalah optional, bisa mendukung MIMO atau tidak. Untuk kategori 2 sampai dengan 4 mendukung MIMO 2 x 2 yang berarti mampu meningkatkan kecepatan data maksimum dua kali, namun jika disisi enode B, fitur MIMO tersebut diaktifkan. Untuk MIMO 4 x 4 hanya didukung oleh perangkat dengan kategori 5. Beberapa perangkat smartphone yang beredar dipasaran yang merupakan keluaran *vendor-vendor* ternama maupun pendatang baru, sudah mendukung kategori 4 dan 5. Namun kembali lagi, semua *peak data rate* yang diharapkan tergantung dari *resources* perangkat eNodeB itu sendiri, salah satunya adalah bandwidth.

2.5 Sistem Komunikasi Seluler

Istilah seluler menurut KBBI adalah dibagi dalam sel-sel atau bilik-bilik, dalam dunia telekomunikasi seluler dapat diartikan sebagai sel-sel yang dengan radius tertentu yang mencakup suatu area. Dalam system telekomunikasi bergerak seluler, seluruh wilayah layanannya dibagi menjadi beberapa wilayah yang disebut sel.

2.4.1 Bentuk sel dan luas cakupannya

Bentuk sel idealnya adalah lingkaran, namun dalam pelaksanaannya bentuk ini sulit direalisasikan. Sehingga dalam komunikasi seluler, bentuk heksagonal ditetapkan sebagai bentuk sel, sebab bentuk inilah yang paling mendekati ideal.

Bentuk sel yang digunakan pada system telepon seluler adalah bentuk segi enam. Luas sel dengan bentuk segi enam dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Ericson, 2000:31).

$$\text{Luas Segienam} = \frac{3}{2} \sqrt{3} R^2 \text{ (Km}^2\text{)} \quad (2-1)$$

2.6 Perencanaan Jaringan

2.5.1 Morfologi Area

Dalam menganalisis redaman perambatan sinyal saat proses transmisi pada suatu daerah, perlu diketahui 4 tipe daerah sebagai berikut (Lee,1993:198) :

1) Dense Urban

Wilayah ini biasanya ditandai dengan banyaknya area bisnis yang padat, bangunan-bangunan tinggi (gedung pencakar langit), dan mobilitasnya tinggi. Wilayah ini biasanya disebut dengan metropolitan atau megapolitan.

2) Daerah Urban

Wilayah Urban ini biasanya ditandai dengan banyaknya gedung-gedung tinggi mencapai 20 meter, dengan jalan-jalan yang sempit diantaranya, dan terdapat sedikit pohon (hampir tidak ada pepohonan). Pada daerah urban ini, sinyal dari BTS ke Ms banyak mendapat halangan oleh lingkungan sekitarnya. Akibatnya, *coverage* area pada daerah urban cenderung lebih kecil dibanding daerah suburban maupun rural.

3) Daerah Suburban

Daerah ini merupakan peralihan antara urban dan rural. Lingkungan daerah suburban biasanya ditandai dengan deretan rumah penduduk yang berdampingan dengan ketinggian rata-rata 10-20 meter. Di daerah pemukiman ini banyak terdapat pepohonan yang tinggi.

4) Daerah Rural

Daerah rural adalah daerah dimana sinyal informasi dapat merambat dari BTS ke MS tanpa banyak halangan. *Coverage* area lebih besar jika dibandingkan dengan suburban, urban maupun dnse urban. Topologi daerah ini biasanya merupakan daerah terbuka dengan ketinggian kurang dari 10 meter.

2.7 Statistika Penduduk Kota Malang

1) Metode prediksi jumlah penduduk

Model ekstrapolasi trend secara sederhana menggunakan trend penduduk masa yang lalu untuk memperkirakan jumlah penduduk masa yang akan datang. Metode ini adalah metode yang mudah digunakan dalam rangka proyeksi penduduk. Selain itu, metode ini juga digunakan untuk menghitung tingkat dan ratio pada masa yang akan datang berdasarkan tingkat dan ratio pada masa yang lalu. Model ekstrapolasi trend yang banyak digunakan adalah model linear, eksponensial dan parabolic. Asumsi dasar dari model linear, geometric dan parabolik adalah pertumbuhan atau penurunan akan berlanjut tanpa batas.

a. Model Linear (*arithmetic*)

Model linear menurut Klosterman (1990) adalah teknik proyeksi yang paling sederhana dari seluruh model trend. Model ini menggunakan persamaan derajat pertama (*first degree equation*). Berdasarkan hal tersebut, penduduk diproyeksikan sebagai fungsi dari waktu, dengan persamaan:

$$P_t = \alpha + \beta T \quad (2-2)$$

Dimana :

- P_t = Penduduk pada tahun proyeksi t
- α = Penduduk pada tahun dasar
- β = rata-rata pertumbuhan penduduk
- T = selisih tahun proyeksi dengan tahun dasar

b. Model Eksponensial

Asumsi dalam model ini adalah penduduk akan bertambah/berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan (persentase) yang tetap. Misalnya, jika P_{t+1} dan P_t adalah jumlah penduduk dalam tahun yang berurutan, maka penduduk akan bertambah atau berkurang pada tingkat pertumbuhan yang tetap (yaitu sebesar P_{t+1}/P_t) dari waktu ke waktu. Menurut

Klosterman (1990), proyeksi dengan tingkat pertumbuhan yang tetap ini umumnya dapat diterapkan pada wilayah, dimana pada tahun-tahun awal observasi penambahan absolut penduduknya sedikit dan menjadi semakin banyak pada tahun-tahun akhir. Model geometric memiliki persamaan umum:

$$P_t = \alpha + \beta^T \tag{2-3}$$

Persamaan diatas dapat ditransformasi kedalam bentuk linear melalui aplikasi logaritma, menjadi sebagai berikut:

$$\log P_t = \log \alpha + T \log \beta \tag{2-4}$$

c. Model Parabolik

Model parabolic seperti model geometric berasumsi bahwa penduduk suatu daerah tidak tumbuh dalam bentuk linear. Namun demikian, tidak seperti model geometrik (yang berasumsi tingkat pertumbuhan konstan dari waktu ke waktu), pada model parabolic tingkat pertumbuhan penduduk dimungkinkan untuk meningkat atau menurun. Model ini menggunakan persamaan derajat kedua yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$P_t = \alpha + \beta_1 T + \beta_2 T^2 \tag{2-5}$$

Model parabolic memiliki dua koefisien yaitu β_1 dan β_2 . β_1 adalah koefisien linear (T) yang menunjukkan pertumbuhan konstan, dan β_2 adalah koefisien non-linear yang (T^2) yang menyebabkan perubahan tingkat pertumbuhan. Tanda positif atau negatif pada β_1 dan β_2 bervariasi tergantung pada apakah tingkat pertumbuhan tersebut akan meningkat atau menurun. Berdasarkan variasi pada tanda β_1 dan β_2 , model akan menghasilkan empat scenario seperti pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Efek pertumbuhan penduduk terhadap variasi tanda β_1 dan β_2

β_1	β_2	Efek terhadap Pertumbuhan Penduduk
+	+	Pertambahan yang semakin meningkat Penduduk bertambah Kurva cekung ke atas (Concave upward)
+	-	Pertambahan yang semakin berkurang Penduduk berkurang Kurva cekung ke bawah (concave downward)

β_1	β_2	Efek terhadap Pertumbuhan Penduduk
-	+	Pertambahan yang semakin berkurang Penduduk bertambah Kurva cekung ke atas (Concave upward)
-	-	Pertambahan yang semakin meningkat Penduduk berkurang Kurva cekung ke bawah (concave downward)

Sumber: Isserman, Andrew (1977,247)

2) Mencari usia produktif

Data yang didapat dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan sipil Kota Malang sudah di breakdown dalam bentuk jumlah penduduk berdasarkan usia. BPS kota Malang menafsirkan 60% penduduk kota Malang berada pada usia produktif di tahun 2015 ini. Sehingga dapat ditentukan berapa jumlah penduduk dalam usia produktif kota Malang.

3) Pengguna LTE menurut Ericson Mobility Report 2015

Ericson Mobility Report 2015 adalah sebuah penelitian yang dilakukan untuk memprediksi penyebaran teknologi jaringan LTE, penerapan Broadband dan peningkatan penggunaan perangkat mobile selama 6 tahun kedepan. Ericson Mobility Report 2015 juga menjelaskan tentang meningkatnya popularitas aplikasi video *streaming* yang disebabkan oleh beragam faktor, salah satunya akibat semakin meningkatnya penerapan konten video dalam berbagai aplikasi *online* seperti media sosial, berita, dan juga iklan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, Ericsson melihat adanya pergeseran perubahan pola penggunaan mobile oleh pelanggan dari *web browsing* ke arah penggunaan mobile berbasis aplikasi. Bahkan Ericsson *ConsumerLab* berhasil mengidentifikasi pergeseran perilaku konsumen dengan melihat kondisi di pasar tersebut, salah satunya yaitu pada tahun ini untuk pertama kalinya lebih banyak orang akan menonton *streaming* pada video daripada siaran TV kabel.

Hingga akhir tahun 2020, Ericsson memprediksi bahwa sebagian besar pelanggan mobile masih tetap akan menggunakan jaringan HSPA / GSM, dengan ketersediaan layanan LTE di semua wilayah. Jaringan GSM / EDGE masih akan memainkan peran penting dalam menyediakan cakupan pelengkap di semua pasar. Penambahan pengguna LTE selama tahun

2015 hingga tahun 2020 sekitar 60% terjadi di Asia Pasifik. wilayah Asia Pasifik menjadi penyumbang terbesar penambahan pengguna mobile *broadband* baru ini di seluruh dunia.

Di Indonesia sendiri yang merupakan bagian dari Asia Pasifik yang diprediksikan pada tahun 2020 mendatang pengguna 1 dari 5 orang di Indonesia akan menggunakan LTE (Ericson, 2015).

2.7 Kapasitas eNodeB

BTS yang mendukung jaringan 4G/LTE ini biasa disebut ENodeB. Salah satu produk eNodeB yang diluncurkan oleh Huawei adalah versi DBS3900. DBS3900 ini bersifat adaptif dapat dioperasikan sesuai bandwidth yang tersedia, yaitu 1,4 MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15 MHz, atau 20 MHz. di Indonesia pemerintah sudah menyediakan bandwidth 10 MHz bagi setiap operator. (Huawei,2015).

Dalam sebuah BTS terdapat 2 komponen utama yaitu RRU dan BBU. RRU adalah *Radio Remote Unit* yang fungsinya memproses sinyal radio yang ditangkap oleh antenna. Ada dua versi pemroses sinyal radio yaitu RFU dan RRU. Pada penelitian ini digunakan RRU karena bentuknya yang compact dan ringan sehingga bias diletakkan dekat antenna untuk mengurangi feeder loss. Sedangkan BBU adalah *Baseband Unit* yang fungsinya adalah memproses sinyal melakukan *channel coding* dan *interleaving*, *spreading* dan modulasi. Dalam penelitian digunakan versi BBU3900 karena versi ini sudah banyak digunakan di Indonesia sehingga untuk perencanaan jaringan 4G ini hanya perlu mengganti salah satu modul dalam BBU, misalnya *upgrade* 3G ke 4G dengan mengganti WMPT dengan LMPT, WBBP dengan LBBP.

Dalam konfigurasi maksimum yaitu 2 LBBP sebuah eNodeB mampu melayani 10.800 user dan mampu melayani 12 cell. Karena dalam penelitian ini digunakan konfigurasi minimum maka hanya 1 LBBP yang digunakan. Sebuah LBBP yang bekerja dengan *bandwidth* 5 MHz pada DBS3900 mampu melayani 3 *cell* dengan banyaknya user terkoneksi setiap *cell* nya adalah 600 *user*.

2.8 Link budget Komunikasi Radio

Link budget adalah sebuah nilai atau besaran yang didapat dari hasil menjumlahkan dan mengurangi semua gain dan loss antara pengirim dan penerima, *atenuasi*, *gain* antenna dan *loss* lainnya yang dapat terjadi saat proses transmisi radio. Hasil dari perhitungan *Link budget* ini adalah nilai *path loss* yang selanjutnya akan menjadi input dari perhitungan *coverage area*.

Link budget adalah pusat dari perancangan eNodeB, karena hasil perhitungannya akan menghasilkan *coverage area*. Dengan mengetahui *coverage area* kita dapat memperkirakan berapa eNodeB yang dibutuhkan dengan memperkirakan kapasitas kanal pada setiap eNodeB (Abdul Basit Syed, 2009).

Tabel 2.3 *Link budget* LTE

Parameter	LTE
<i>Max Power Tx</i>	46 dBm
<i>Tx Antena Gain</i>	18 dBi
<i>Cable loss</i>	2 dB
<i>EIRP</i>	62 dBm
<i>UE Noise Figure</i>	7 dB
<i>Thermal Noise</i>	-104,5 dBm
<i>Receiver Noise Floor</i>	-97,5 dBm
<i>SINR</i>	-10 dB
<i>Receiver Sensitivity</i>	-107,5 dBm
<i>Rx Antenna Gain</i>	0 dB
<i>Body Loss</i>	0 dB
<i>Interference Margin</i>	3 dB

Sumber : Holma Harry & A. Toskala, 2009

2.9 Menghitung Coverage Area

Coverage Area adalah luasan yang dapat dijangkau oleh antena BTS, dengan nilainya tergantung dari besarnya *cell radius*. Besarnya *cell radius* berbeda-beda tergantung teknologi dan frekuensi yang digunakan. Berikut ini adalah teknik yang sering digunakan untuk menentukan besarnya *cell radius* (Vijay K.Garg, 2000:233)

1) Model Okumura-Hatta

Pemodelan Okumura-Hatta merupakan formula empirik untuk estimasi mean *path loss* propagasi sinyal berdasarkan hasil pengukuran Okumura terhadap propagasi sinyal di kota Tokyo. Oleh Hata hasil pengukuran tersebut didekati dengan suatu formula umum untuk lokasi urban dan beserta beberapa pengkoreksiannya. Perhitungan *Path Loss* berdasarkan kriteria :

b. Daerah Urban

$$L_{urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(r) \quad (2-6)$$

Dimana :

 f = Frekuensi (MHz) h_{BTS} = Tinggi antenna BTS (m) h_{ms} = Tinggi antenna Mobile Station (m) r = Jarak BTS dengan Mobile Station C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f \leq 1500$ MHz ; 46,3 untuk $150 \leq f \leq 1500$ MHz C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f \leq 1500$ MHz ; 33,9 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz $a(h_{ms})$ = Faktor koreksi ketinggian antenna Mobile Station (m) $a(h_{ms}) = 3,2 \{\log[11,75 (h_{ms})]\}^2 - 4,97$ (untuk kota besar) $a(h_{ms}) = [11 \log(f) - 0,7] \times h_{ms} - [1,56 \log(f) - 0,8]$ (untuk kota kecil)**c. Daerah Dense Urban**

$$L_{Dense_Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(r) + C_M \quad (2-7)$$

Dimana :

 C_M = 3 dB $a(h_{ms}) = 3,2 \{\log[11,75 (h_{ms})]\}^2 - 4,97 \quad (2-8)$ **d. Daerah Sub Urban**

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2 \left[\log\left(\frac{f}{28}\right) \right]^2 - 5,4 \quad (2-9)$$

e. Daerah Rural Terbuka

$$L_{RuralTerbuka} = L_{Urban} - 4,78 [\log(f)]^2 + 18,33 \log(f) - 5,4 \quad (2-10)$$

2) Model COST-231/Walfisch-Ikegami (WIM)

Model ini adalah hasil dari penelitian dibawah badan *Cooperation Scientific and Technical Research* (COST) dengan kode *project* COST-231, yang kemudian diadopsi oleh ITU untuk standard selular dan PCS. Pemodelan COST-231 atau disebut juga pemodelan *Walfisch-Ikegami* adalah kombinasi antara model empiris dan semideterministik untuk estimasi *mean path loss* pada daerah urban.

Model ini cukup baik untuk estimasi path loss dengan frekuensi operasi 800 – 2000 MHz dan jarak tempuh 0.02 – 5 km. Pada aplikasinya dapat digunakan pada sistem GSM dan CDMA jika ingin memasukkan unsur tambahan tinggi gedung rata-rata, separasi antar gedung lebar jalan, sudut kedatangan sinyal terhadap jalan.

a. Formula COST-231 untuk kondisi Line of Sight (LOS)

$$L_{LOS} = L_{fsl} + 6\log(50 \times r) \quad (2-11)$$

$$L_{fsl} = 32,4 + 20 \log(r_{km}) + 20\log(f_{MHz}) \quad (2-12)$$

Dimana :

L_{fsl} = Free space loss

r = Jarak (km)

f = Frekuensi (MHz)

Sehingga,

$$L_{LOS} = 32,4 + 20 \log(r_{km}) + 20 \log(f_{MHz}) + L_{fsl} + 6\log(50 \times r) \quad (2-13)$$

2.10 Lokasi Menara Telekomunikasi di Kota Malang

Lokasi menara telekomunikasi di Kota Malang didapat dari dinas komunikasi dan informasi kota malang. Ada penelitian ini data tersebut akab digunakan sebagai arahan bagi peneliti untuk menentukan lokasi yang cocok untuk dibangun eNodeB. Data tersebut akan diolah menggunakan *software* Arcgis shingga hasil dari penelitian ini adalah peta arahan menara telekomunikasi yang dapat *diupgrade* untuk eNodeB.

2.11 Software Untuk Perencanaan Lokasi Transceiver

Ada berbagai metode yang digunakan dalam perencanaan *mobile communication*, beberapa diantaranya yang biasa digunakan adalah Atoll dan ArcGIS. Dalam keduanya terdapat perbedaan. Atoll adalah *software* yang biasa digunakan oleh RNP *engineer* (*radio Network Planning*) untuk memprediksi *coverage area*. Digunakan juga untuk memprediksi peletakan transceiver. Analisisnya hanya berdasarkan *link budget*, *loss* dan model propagasi sehingga outputnya (lokasi transceiver) dapat ditempatkan dimana saja tanpa syarat (Atoll Technologies). bisa saja transceiver muncul ditengah sungai atau diatas pegunungan. Sedangkan, dalam menempatkan transceiver ada regulasi yang ditetapkan pemerintah melalui KOMINFO.

SIG (*system Informasi Geografis*) adalah sistem computer yang digunakan untuk memasukkan (*capturing*), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan data-data yang berhubungan dengan posisi-posisinya di permukaan bumi. SIG juga memungkinkan pengelolanya (*manage*) dan memetakan informasi spasial berikut data atributnya (data deskriptif) dengan akurasi kartografis. (Prahasta, Eddy : 2009). Karena perencanaan ini mengutamakan peletakan transceiver pada menara eksisting (sudah ada) maka, lebih tepat menggunakan software ArcGIS, karena dilengkapi dengan pengelolaan SIG yang meliputi atribut menara eksisting dan juga kontur ketinggian lahan.

