

DAFTAR ISTILAH

<i>Bad spot</i>	: Area yang memiliki performansi sinyal dengan kualitas buruk.
<i>Bandwidth</i>	: Lebar pita frekuensi dalam sebuah medium transmisi.
<i>Bearer rate</i>	: Kecepatan dari layer aplikasi yang diukur dalam satuan Kbps.
<i>Capacity Planning</i>	: Metode perencanaan jaringan yang dilakukan untuk mengetahui jumlah <i>site</i> yang dibutuhkan sesuai dengan kapasitas maksimal <i>user</i>
<i>Cell</i>	: Cakupan area layanan dari suatu <i>site</i> .
<i>Coverage Planning</i>	: Metode perencanaan jaringan berdasarkan area, spesifikasi perangkat <i>indoor loss</i> dan perhitungan radius antena.
<i>Dimensioning</i>	: Melakukan perhitungan/perubahan terhadap suatu hal didalam <i>planning</i> .
<i>Downlink</i>	: Akses dari <i>e-NodeB</i> ke UE.
<i>Drive test</i>	: Pengukuran performansi sinyal yang dilakukan dengan menggunakan kendaraan.
<i>e-NodeB</i>	: Istilah <i>base station</i> dalam teknologi LTE.
<i>Gain</i>	: Penguatan daya atau kemampuan suatu rangkaian untuk memperbesar daya atau amplitude sinyal dari masukan ke keluaran.
<i>Link budget</i>	: Perhitungan sejumlah daya yang didapat oleh penerima berdasarkan daya <i>output</i> pemancar dengan mempertimbangkan semua gain dan losses sepanjang jalur transmisi radio dari pemancar ke penerima.

<i>Loss</i>	: Redaman atau rugi-rugi yang merupakan hasil dari suatu hambatan daya oleh media transmisi.
<i>Pathloss</i>	: Redaman yang diakibatkan oleh beberapa material yang ada dalam gedung seperti tembok, lantai dan sebagainya.
<i>Service Model Parameter</i>	: Digunakan dalam perhitungan <i>throughput/session</i> yang mencakup <i>parameter session time</i> , <i>session duty ratio</i> , BLER, dan <i>bearer rate</i> .
<i>Site</i>	: Adalah BTS, nodeB, eNodeB, atau eNodeB aktif
<i>Throughput</i>	: Merupakan jumlah bit data yang berhasil diterima <i>user</i> per satuan waktu.
<i>Walktest</i>	: Suatu istilah dalam telekomunikasi untuk mengumpulkan informasi jaringan secara real dilapangan.
<i>Wiring</i>	: Rancangan topologi kabel (<i>wiring</i>) untuk menghubungkan eNodeB dengan setiap antena.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi sangat pesat, termasuk perkembangan teknologi telekomunikasi. Dalam perkembangan telekomunikasi selalu menciptakan teknologi dan layanan terbaru yang membuat teknologi ini semakin dekat dengan para penggunanya dengan berbagai layanan yang ditawarkan dan dengan kecepatan data yang tinggi. Dari *user* diuntut untuk dapat memenuhi kebutuhan komunikasi dengan kecepatan data yang tinggi, kapasitas yang besar serta area akses yang besar serta mobilitas yang tinggi dimanapun *user* berada baik di dalam gedung maupun diluar gedung.

LTE yang dikembangkan oleh 3GPP hadir dengan sebuah evolusi baru yang menawarkan kapasitas dan *data rate* dengan kecepatan akses yang tinggi. [13] Maraknya pembangunan gedung beringkat dan kepadatan pembangunan dengan material yang baik menghasilkan gedung yang kokoh sangat berpengaruh pada komunikasi seluler, karena menghasilkan redaman sinyal yang besar yang menyebabkan *cell outdoor* tidak dapat dijangkau oleh *user* yang berada dalam gedung bertingkat tersebut.

Gedung Pasar Baru Square merupakan salah satu pusat perbelanjaan dan hotel yang ada di Kota Bandung. Pasar Baru Square menjadi pusat bisnis untuk masyarakat Bandung seperti halnya berbelanja busana muslim, textile, aksesoris serta hotel dengan kelas atas. Sehingga memerlukan adanya akses data dengan kecepatan yang tinggi untuk menunjang aktivitas bisnis yang ada pada gedung tersebut, seperti halnya layanan *m-banking*, *m-shopping*, dan *m-learning*. Untuk memenuhi layanan teknologi LTE di dalam gedung maka diperlukan perencanaan pembangunan jaringan *indoor* LTE didalam gedung tersebut yang dapat menjangkau semua sisi gedung yang tidak dapat terjangkau oleh *cell outdoor*.

Pada penelitian [13] membahas mengenai Perancangan dan Analisis Jaringan *Indoor Femtocell* LTE 2300 Mhz pada gedung *Java Heritage Hotel* Purwokerto. Pada penelitian ini dilakukan Perencanaan *Indoor Building Coverage* Pada Jaringan LTE FDD di Gedung Pasar Baru Square menggunakan *software* simulasi *Radio Propagation Simulator* dengan spesifikasi frekuensi 1800Mhz dengan *bandwidth* 10 Mhz. Parameter yang diamati adalah *Reference Signal Received Power* (RSRP) dan *Signal to Noise Interference Ratio* (SINR).

1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Mengetahui kualitas sinyal yang ada ada Gedung Pasar Baru Square dan sekitarnya dengan dan menganalisa hasil *Drive Test* dan *Walk Test Initial* berdasarkan nilai parameter RSRP dan SINR.
2. Dapat melakukan perencanaan *Capacity* dan *Coverage* di area *Indoor*.
3. Menentukan jumlah perangkat aktif dan pasif yang ada dibutuhkan pada perencanaan IBC ada Gedung Pasar Baru Square.
4. Menganalisa peletakan perangkat aktif dan pasif agar mendapatkan hasil sesuai dengan nilai parameter RSRP dan SINR yang memenuhi nilai standar parameter operator 3.
5. Dapat mendiskripsikan hasil dari simulasi ada RPS.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari Proyek Akhir ini, sebagai berikut.

1. Mengetahui kualitas sinyal jaringan LTE di gedung Pasar Baru Square, dan melakukan *Walk Test Initial* menggunakan *software* TEMS Pocket.
2. Menganalisis hasil *Walk Test Initial* dan *Drive Test*.
3. Melakukan perhitungan *Capacity* dan *Coverage*.
4. Menentukan letak dan jumlah perangkat aktif dan pasif yang dibutuhkan dalam perencanaan.
5. Melakukan simulasi, analisis pada *software* RPS.

1.4 Batasan Masalah

Pada Proyek Akhir ini terdapat beberapa batasan masalah, antara lain.

1. Perencanaan IBC dilakukan di Gedung Pasar Baru Square dari lantai dasar, lantai 1 sampai lantai 10.
2. Jaringan IBC operator 3 dengan frekuensi LTE 1800 Mhz dengan *bandwidth* 10 Mhz.
3. Menggunakan *software* TEMS Pocket dalam melakukan *Drive Test* dan *Walk Test*.
4. RF parameter yang diukur yaitu RSRP dan SINR.
5. *Software* yang digunakan RPS, Map Info, TEMS Pocket, TEMS Investigation, Google Earth.
6. Simulasi dilakukan per lantai.

7. Perencanaan *indoor* LTE berdasarkan model propagasi Cost-231 *Multiwall* dengan menggunakan program aplikasi *Radiowave Propagation Simulator*.

1.5 Metodologi

Metode-metode penelitian yang dilakukan dalam proyek akhir ini antara lain.

1. Studi Literatur

Pengumpulan dan pencarian literatur ataupun kajian yang berkaitan dengan Proyek Akhir ini, berupa Jurnal, Buku referensi, maupun artikel yang ada di internet.

2. Perencanaan Sistem

Membuat perencanaan berdasarkan analisa dan referensi yang ada sebelumnya.

3. Simulasi Sistem

Mensimulasikan hasil perencanaan yang telah dihitung secara manual pada *software* simulasi *planning* untuk melihat performansi jaringan yang direncanakan.

4. Analisis Hasil

Melakukan analisis hasil simulasi perencanaan yang telah dilakukan dan dibandingkan dengan dasar teori. Hasil akhir analisa tersebut diharapkan dapat menjadi kesimpulan dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

5. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari perencanaan yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembahasan Proyek Akhir ini disusun dalam lima bab sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang, latar belakang, tujuan dan manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi serta sistematikan penulisan yang memuat susunan Proyek Akhir.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini berisi penjelasan mengenai teori yang menjadi landasan permasalahan yang akan dibuat tentan perencanaan *Indoor Building Coverage* pada jaringan LTE di Gedung Pasar Baru Square.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan tentang langkah – langkah perencanaan dalam menyelesaikan proyek akhir.

BAB IV ANALISA HASIL PERENCANAAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisa perencanaan dari hasil perhitungan dan perencanaan yang telah dibuat.

BAB V PENUTUP

Ada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pengerjaan Proyek Akhir yang dilakukan dan diharapkan untuk penelitian berikutnya lebih baik lagi.

BAB II

DASAR TEORI

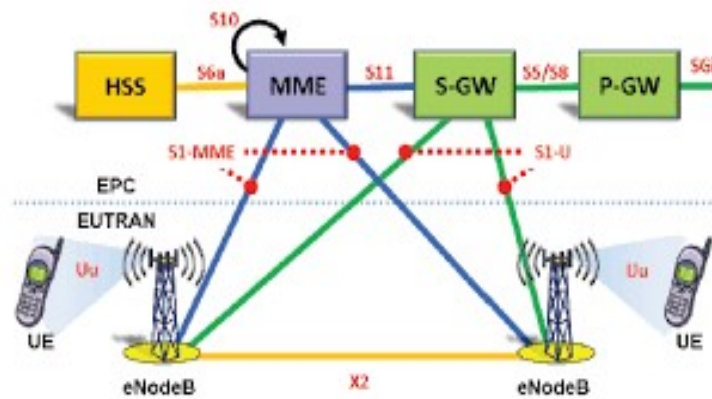
2.1 *Long Term Evolution (LTE)*

LTE adalah teknologi terbaru dari teknologi sebelumnya yang dikembangkan berdasarkan standar 3GPP. Meningkatnya kebutuhan kecepatan data saat ini membuat badan standarisasi dengan cepat melakukan pembaruan teknologi dengan kecepatan data maksimal yang berbeda dengan teknologi sebelumnya. LTE adalah jaringan all-IP dengan throughput tinggi dan delay yang rendah. Delay yang rendah adalah karakteristik paling penting dari LTE, yang memberikan kualitas kecepatan layanan yang tinggi dengan kecepatan *uplink* 50Mbps dan *downlink* 100Mbps. [10]

Release 8 adalah rilis LTE pertama dan membentuk dasar semua rilis LTE berikutnya. Sejalan dengan skema akses radio LTE, jaringan inti baru, *Envolved Packet Core* (EPC) dikembangkan. Proyek LTE ini disebut sebagai teknologi seluler generasi keempat (4G) yang merupakan pengembangan dari teknologi seluler sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3,5G). Dengan menggunakan arsitektur yang sederhana. LTE dapat memberikan cakupan dan kapasitas layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan *multiple-antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth*, serta dapat terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada sebelumnya. [2]

Pada teknologi 4G LTE berbasis IP yang mampu mengintegrasikan seluruh sistem jaringan yang ada. Pada teknologi 4G LTE memiliki Qos (*Quality Of Service*) yang terjamin dengan baik, dan penyampaian informasi yang *real time*, dimanapun dan kapanpun.

LTE datang dengan arsitektur baru yang disebut dengan SAE atau EPC (*Evolved Packet Core*). Arsitektur tersebut terdiri dari 2 bagian utama yaitu EPC dan E-UTRAN (*Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network*). Kedua bagian tersebut bersama-sama membentuk sistem yang disebut *Envolved Packet System* (EPS). EPS sendiri memiliki tugas untuk merutekan paket IP dengan QoS yang diberikan dari *Gateway Jaringan Data Paket* (P-GW) ke peralatan penggunaan (UE). E-UTRAN mengelola sumber daya radio dan memastikan keamanan data yang dikirimkan. [8]



Gambar 2. 1 Arsitektur Jaringan *Long Term Evolution*

1. E-UTRAN

a. *User Equipmnet (UE)*

User Equipment (UE) merupakan perangkat yang digunakan pada saat berkomunikasi yang mana perangkat ini dapat berupa smart phone. UE terdiri dari USIM (Universal Subscriber Identity Module) yang berfungsi sebagai tempat aplikasi card dan digunakan sebagai identifikasi dan autentikasi user, juga sebagai pelindung interface transmisi radio.

b. E-Node B

E-Node B merupakan *base station* yang berfungsi pengontrol semua fungsi yang berhubungan dengan radio, yaitu sebagai jembatan antara UE dan EPC (*Evolved Packet Core*). E-Node B juga berfungsi untuk mengontrol pemakaian *interface* radio, mengontrol dan menganalisis sinyal level yang terdapat pada *User Equipment (UE)*, mengontrol proses pada saat UE mengalami handover antar sel. Pada LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* untuk *downlink* dan *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* untuk transmisi *uplink*.

2. EPC (*Envolved Packet Core*)

a. MME (*Mobility Management Entity*)

MME merupakan pengontrol setiap node pada jaringan akses LTE. Pada saat UE dalam kondisi idle, MME bertanggung jawab dalam melakukan prosedur *tracking* dan *paging* yang didalamnya mencakup *retransmission*. MME bertanggung jawab untuk memilih SGW (*Serving Gateway*) yang akan

digunakan UE saat *initial attack* pada waktu UE melakukan *intra-LTE handover*.

b. PCRF (*Policy And Charging Rules Function*)

Untuk menangani QoS serta mengontrol rating and charging.

c. HSS (*Home Subscriber Server*)

Sebagai tempat penyimpanan data permanen dari *user* untuk subscriber management dan security. Data yang disimpan berisi tentang informasi layanan untuk *user* dan identitas dari *user* tersebut. Dimana *authentication user* disimpan pada AuC (*Authentication Center*).

d. SGW (*Serving Gateway*)

Mengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap user.

Sebagai penghubung antara UE dengan E-NodeB pada waktu terjadi *inter-handover*. Selain itu fungsi SGW adalah sebagai penghubung antara teknologi LTE dengan teknologi 3GPP lain (2G dan 3G).

e. PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*)

Tahap ini bertanggung jawab untuk mengalokasikan IP *address* ke UE dan menyediakan hubungan bagi UE ke jaringan paket, menyediakan *link* hubungan antara teknologi LTE dengan teknologi non-3GPP (WIMAX) dan 3GPP2 (CDMA2000 1x dan EVDO).

2.2 Indoor Building Coverage (IBC)

Indoor Building Coverage adalah suatu sistem yang digunakan untuk memperluas dan mendistribusikan sinyal seluler untuk memperkuat cakupan sinyal di dalam gedung menjadi baik, seperti di luar gedung. Hal ini dilakukan untuk melayani komunikasi seluler berkualitas tinggi yang ada di dalam ruangan seperti kantor, pusat perbelanjaan, rumah sakit dan bandara.[1]

IBC dilakukan jika suatu gedung terdapat trafik yang padat dan sinyal yang buruk. Pada gedung pusat perbelanjaan/bisnis merupakan gedung yang mempunyai trafik yang sangat tinggi, hal tersebut mempengaruhi kualitas sinyal yang ada pada gedung tersebut. Selain itu, material gedung juga berpengaruh pada kualitas sinyal., misalnya gedung dengan material beton, kayu, kaca, dan bata ringan dapat menyebabkan redaman dan akan mengakibatkan penurunan daya.

Cara kerja dari IBC yaitu dengan menggunakan perangkat pemancar dan penerima di dalam gedung. Hal itu dilakukan untuk dapat memenuhi kepadatan trafik, kualitas sinyal dan kebutuhan telekomunikasi yang ada dalam gedung tersebut. IBC di gedung dilakukan dengan cara memasang *transmitter* atau antena yang terdistribusi di seluruh lantai pada gedung tersebut. Yang membedakan adalah jumlah perangkat yang digunakan seperti *slitter*, *connector*, dan antena yang akan digunakan.

2.2.1 Kondisi Propagasi

Faktor utama yang membedakan antara jaringan *indoor* dengan jaringan *outdoor* adalah pada kondisi propagasi. Berikut adalah kondisi yang terjadi pada perencanaan *indoor*.

- a. Perubahan posisi karena mobilisasi dari *user*.
- b. Adapun penyebab *loss* diantaranya adalah dinding, *furniture*, dan manusia.
- c. Jarak yang dicakup cukup sempit yaitu antara (+/- 100m).

Dari kondisi tersebut, terlihat bahwa propagasi *indoor* sangatlah tergantung pada difraksi, refleksi, penetrasi, dan *scattering*. Mengakibatkan *multipath fading* sangat mungkin terjadi ada jaringan *indoor*. Selain itu, kemungkinan terciptanya kondisi *path* yang *line of sight* bisa tidak ada [4].

2.2.2 Perencanaan Jaringan Indoor

Untuk memperoleh hasil perencanaan yang maksimal, diperlukan beberapa informasi terkait lokasi yang akan dilakukan perencanaan.

1. Gedung

Konstruksi sebuah gedung sangat mempengaruhi daya penerimaan *user* atau *coverage* dari sebuah antena [11]. Pada dasarnya setiap gedung memiliki karakteristik yang berbeda dan oleh sebab itu, sangat penting untuk memperoleh informasi penunjang perencanaan seperti:

- a. Konstruksi bangunan.
- b. *Layout* gedung.
- c. Luas bangunan, Tinggi tiap lantai, Jumlah lantai.
- d. Penempatan antena.

2. User

Dilakukan untuk penentuan trafik ataupun informasi lain seperti tempat konsentrasi *user*. Pengumpulan informasi ini dilakukan dengan memperkirakan jumlah *user* yang akan

menggunakan jaringan *indoor* LTE dengan menghitung kapasitas *user* maksimum pada setiap ruangnya. Perencanaan jaringan *indoor* dilakukan dengan cara memasang pemancar dan penerima (*tranceiver*) yang dipasang di dalam gedung untuk melayani kebutuhan telekomunikasi dalam gedung tersebut baik dari cakupan sinyal, kualitas sinyal, atau kapasitas *traffic*-nya untuk mencapai desain *Radio Network* yang tepat sesuai dengan *service coverage*, *equipment* dan, *performance*. Perencanaan jaringan *indoor* apabila di tinjau dari sisi *capacity* biasanya digunakan sebagai berikut [4].

- a. *Bussiness/Office area* (daerah perkantoran dan pusat bisnis) dituntut adanya *indoor cell* yang memungkinkan tingkat telekomunikasi tinggi.
- b. *Public Access Area* (hotel, bandara, mall, kampus, rumah sakit dan lain sebagainya), adalah tempat umum yang ramai dan selalu dikunjungi setiap hari.

2.3 Sistem Antena *Indoor*

Kebutuhan *site-site indoor* di daerah perkotaan sangat besar. Terutama untuk di daerah kota metropolitan yang memiliki area dalam ruangan yang padat, dengan gedung-gedung tinggi, seperti pusat perbelanjaan, hotel, perkantoran, dan pusat bisnis. Membutuhkan kualitas layanan setinggi mungkin yang biasanya tidak dapat dipenuhi dengan mengandalkan *coverage site* makro. Untuk menyediakan *coverage* dan kualitas sinyal yang dominan diperlukan jaringan antena seluler didalam gedung. Jaringan seluler antena tersebut adalah *Distributed Antenna System* (DAS). Das ada tiga jenis yaitu *Active DAS* yang menggunakan *fiber optic*, *Passive DAS* yang masih menggunakan kabel *coaxial* untuk saluran antenanya dan *Hybrid DAS* adalah kombinasi dari *Active DAS* dan *Passive DAS*.

Distributed Antenna System (DAS) adalah sistem untuk menyediakan cakupan radio dalam ruangan. DAS dalam ruangan mendistribusikan sinyal frekuensi radio (RF) dari sumber (BTS) ke sejumlah antena yang tersebar di dalam ruangan. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan *blankspot* / *badspot*. [9]

System (DAS) untuk sistem *indoor* dapat dibagi dalam empat jenis [4]:

- a. Antena integrasi
- b. Antena distribusi melalui jaringan kabel *fiber optic*.
- c. Antena distribusi menggunakan kabel bocor (*leaky cable*).
- d. Antena distribusi menggunakan kabel *coaxial* (*feeder cable*).

Adapun parameter yang harus dipertimbangkan dalam *Distributed Antenna System* (DAS) yaitu antena yang digunakan dan perencanaan topologi kabel (*wiring*).

1. Antena

Antena diperlukan dalam mendistribusikan sinyal RF secara menyeluruh ke seluruh cakupan area. Berikut adalah tipe antena yang digunakan pada jaringan indoor, yaitu:

a. Antena *Omnidirectional*

Antena jenis ini memiliki propagasi melingkar 360° dan merupakan jenis antena yang sering digunakan dalam perencanaan *indoor*.

b. Antena *Directional*

Antena *directional* merupakan tipe antena yang memiliki karakteristik propagasi sektoral. Antena yang digunakan dalam sistem *indoor* ini adalah antena dengan tipe *omnidirectional*.

2. Wiring

Setelah mendapatkan peletakan posisi antena, lalu akan dirancang topologi kabel untuk menghubungkan E-NodeB dengan setiap antena. Sistem *wiring* mengacu pada *Passive Distribute Antenna System*.

Passive Distribute Antenna System adalah sistem jaringan antena dalam gedung yang menggunakan komponen seperti kabel *coaxial*, *splitter*, dan *tapper* untuk mendistribusikan antena di dalam gedung. Adapun keuntungan dari penggunaan *passive* DAS adalah relatif mudah untuk perencanaan, dapat di aplikasikan ditempat yang ekstrim dan komponen yang kompetibel meskipun dari produsen yang berbeda.[9]. Beberapa komponen pasif yang sering digunakan antara lain:

a. Kabel *coaxial*.

b. *Splitter*.

c. *Combiner*.

Agar distribusi daya dari *e-NodeB* dapat sampai ke antena, maka diperlukan pemilihan perangkat yang sesuai dengan kondisi gedung (konstruksi tiap lantai) dan titik peletakan antena. Selain itu, perencanaan harus memperhatikan *loss* dari tiap-tiap perangkat (komponen) seperti *feeder* dan *splitter* serta topologi yang akan dibangun. Selain itu, sistem *wiring* yang dibangun haruslah mudah dibangun, efektif, dan efisien, serta dapat meminimalkan biaya realisasi.

2.4 Capacity Planning

Capacity planning adalah salah satu metode perencanaan untuk mengetahui jumlah site yang dapat memenuhi kebutuhan dari estimasi. Pada umumnya proses perhitungan capacity planning terbagi menjadi 2 bagian, single site dan total network throughput [4].

Single site merupakan proses untuk melakukan *dimensioning* berdasarkan parameter *duplex mode* dan *system bandwidth* dan lain-lain. *Single site dimensioning* bertujuan untuk mengetahui kapasitas per *site*-nya. *Total network throughput dimensioning* adalah proses *dimensioning* berdasarkan *traffic model* dan *service model*.

Menghitung *single user throughput* adalah langkah pertama yang dilakukan untuk menghasilkan nilai *network throughput*. Selanjutnya parameter trafik dan model layanan ditentukan untuk mencari *single user throughput*.

2.4.1 Estimasi User

Gedung Pasar Baru Square merupakan salah satu area indoor yang memiliki kebutuhan trafik data tinggi, sehingga perlu adanya perancangan kapasitas jaringan untuk memprediksi jumlah pengguna yang ada dalam gedung tersebut agar kebutuhan *traffic* dapat terpenuhi serta mendukung koneksi dan mobilitas *user* di dalam gedung tersebut. *Forecasting Number of User* adalah metode untuk memprediksi jumlah pelanggan di suatu daerah dalam jangka waktu tertentu. *Forecasting Number of User* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} U_n &: U_o \times (1 + GF)^n \\ PUPPO &: U_n \times 78\% \\ PP &: PUPPO \times 30\% \\ \text{Estimasi user} &: PP / \text{Jumlah Lantai} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Keterangan:

U_n	: Jumlah pelanggan pada tahun ke- n
U_o	: Jumlah pelanggan pada tahun acuan
GF	: Faktor pertumbuhan pelanggan
n	: Tahun yang akan diprediksi
PUPPO	: Pengunjung Usia Produktif Pengguna Operator

PP : Perkiraan Pengguna LTE 3

2.4.2 Service and Traffic Model Parameter

Service model menjelaskan mengenai pola dari sebuah layanan yang meliputi beberapa parameter untuk tipe-tipe layanan yang berbeda. Parameter dalam *service model* antara lain *session time*, *session duty ratio*, BLER, dan *bearer rate* [6].

$$\text{Throughput/ Session} = \frac{(\text{Bearer rate} \times \text{Session Time} \times \text{Session Duty Ratio})}{(1-\text{BLER})} \quad (2.2)$$

Keterangan:

Bearer Rate : *Application layer bit rate (Kbps)*.

BLER : *Block Error Rate*.

Session Time : Durasi setiap layanan (s)

Session Duty Ratio : *Data transmission rate radio per session*.

Trafik model menjelaskan mengenai perilaku UE sehari-hari (UE behaviours). Parameter di dalam trafik model antara lain *penetration ratio* dan BHSA (*Busy Hour Service Attempt*). *Penetration ratio* adalah proporsi penetrasi untuk setiap layanan. BHSA merupakan jumlah/ banyaknya percobaan akses layanan yang dilakukan oleh *single user* dalam satu jam sibuk [6][7].

2.4.3 Peak To Average Ratio

Peak to average ratio adalah perbandingan yang mengasumsikan presentasi beban tertinggi ada jaringan yang digunakan untuk mengantisipasi lonjakan trafik pada suatu area. [4].

2.4.4 Single User Throughput

Single user throughput (SUT) merupakan jumlah *throughput* dari beberapa tipe layanan yang diterima oleh satu user [6]. SUT dihitung berdasarkan nilai *throughput per session*, trafik model, dan *peak to average ratio* seperti pada persamaan.

$$SUT \text{ (kbps)} = \frac{[\sum \left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times BHSA \times \text{Penetration Ratio} \times (1+PAR)]}{3600} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Throughput / session : *Throughput* per sesi layanan (kb)

BHSA : *Busy Hour Servis Attempt*

Penetration ratio : *Proportion of service type*

Peak to average ratio : Antisipasi lonjakan trafik 1 jam (3600 detik).

2.4.5 Network Throughput

Network throughput merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung keseluruhan *throughput* setiap pengguna yang disediakan oleh jaringan. Nilai *network throughput* dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Network Throughput (kbps)} = \text{Total User Target} \times \text{Single User Throughput} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Total User Target : Jumlah pengguna satu gedung menggunakan *market share* operator

Nilai *total network throughput* yang didapat dari hasil perhitungan adalah *throughput* pada layer IP. Sedangkan *throughput single site capacity* adalah *throughput* pada layer MAC. Oleh karena itu, nilai dari *network throughput* tersebut harus dikonversi menjadi *throughput* pada layer MAC menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Network Throughput (MAC)} = \text{Network throughput (IP)} / 98.04 \% \quad (2.5)$$

Keterangan:

98.04% : Efisiensi relatif dari IP layer ke MAC layer

2.4.6 Single Site Capacity

Tujuan dari menghitung *single site capacity* adalah untuk mengetahui kapasitas dari sebuah *site*. Untuk mencari kapasitas *site* atau *cell average throughput* maka dibutuhkan tentang *SINR distribution*. Perhitungan kapasitas *site* pada sisi *downlink* (DL Cell Throughput) dan *uplink* (UL Cell Throughput) menggunakan persamaan berikut.

$$\text{DL Cell Throughput} = [(168-36-12) \times (\text{Code Bit}) \times (\text{Code Rate}) \times (\text{Nrb}) \times (\text{C}) \times (1000)] - \text{CRC} \quad (2.6)$$

$$\text{UL Cell Throughput} = [(168-24) \times (\text{Code Bit}) \times (\text{Code Rate}) \times \text{Nrb} \times \text{C} \times 1000] - \text{CRC} \quad (2.7)$$

Keterangan:

CRC	: <i>Cyclic Redudancy Check</i>
12	: Jumlah <i>Reference signal</i> / 1 ms
168	: Jumlah <i>resource element</i> / 1ms
24	: Jumlah <i>Reference signal</i> / 1 ms
36	: Jumlah <i>control channel</i> dalam 1 ms
<i>Code Bit</i>	: Bit modulasi
<i>Code Rate</i>	: <i>Channel coding rate</i>
C	: MIMO antenna mode
Nrb	: Jumlah <i>resouce block</i>

2.4.7 Cell Average Throughput

Perhitungan *Cell Average Throughput* menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Cell Average Throughput (MAC)} = \sum [\text{SINR Probability} \times \text{DL/UL Cell Throughput}] \quad (2.8)$$

2.4.8 Jumlah Antena

Setelah mendapatkan hasil *single site capacity*, berikutnya adalah menghitung jumlah *site* yang dibutuhkan dari sisi *capacity planning*. Berikut persamaan yang digunakan untuk mencari jumlah dari *site* yang dibutuhkan.

$$\text{Jumlah antena} = \frac{\text{UL or DL Network Throughpu}}{\text{UL or DL Cell Average Throughpu}} \quad (2.9)$$

2.5 Coverage Planning

Perencanaan dalam hal *coverage* dibutuhkan untuk mengetahui perangkat yang dibutuhkan untuk menjangkau cakupan wilayah, dalam proses ini akan dilakukan pemilihan model propagasi yang digunakan berdasarkan kriteria area studi kasus. Tingkat keakuratan perhitungan salah satunya dipengaruhi dengan pemilihan permodelan propagasi, karena dengan model propagasi kita dapat memprediksi *signal propagation behavior*. Pada bagian ini juga akan memperhitungkan nilai dari perhitungan *link budget*, *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL), Perhitungan *Pathloss*, perhitungan luas cakupan *cell* dan jumlah antena. Hasil perhitungan *coverage planning* ini dalam kondisi yang ideal dan penambahan atau pengurangan *sites* dibutuhkan dalam kondisi aktual lapangannya.[5]

2.5.1 Map dan Luas Gedung

Map bertujuan untuk mengetahui letak dari perangkat aktif dan pasif, selain itu digunakan untuk pengecekan sinyal di dalam gedung. Sedangkan untuk luas area digunakan untuk menghitung jumlah antenna yang diperlukan dalam proses perencanaan jaringan *indoor*.

2.5.2 Model Propagasi

Model propagasi digunakan untuk dapat memberikan informasi mengenai level daya sinyal yang merambat dari pemancar ke penerima. Selain itu, model propagasi dapat digunakan untuk memperkirakan redaman yang terjadi sepanjang lintasan. Berikut adalah jenis model propagasi *indoor* yang akan digunakan yaitu :

1. Cost 231 Multi Wall Model

Pada model propagasi Cost 231 Multi Wall Model seluruh dinding pada bidang vertikal antara transmitter dengan receiver akan dipertimbangkan dan masing-masing dinding dengan properties materialnya diperhitungkan juga. Bertambahnya dinding yang akan dilewati sinyal akan menyebabkan attenuasi dinding bertambah sehingga pada model Cost 231 Multi Wall Model ini hasil yang didapatkan akan sesuai dengan kondisi ruangan. Pemodelan propagasi COST-231 Multiwall [4]

$$L = L_{FS} + L_c + \sum_{i=1}^I K_{wi} L_{wi} + K_f \left[\frac{(K_f + 1)}{(K_f + 1)} - b \right] L_f \quad (2.10)$$

Keterangan:

L_{FS} : Free Space loss between transsmmitter and receiver

L_c : Constant loss (dB).

K_{wi} : Number of Penetration Walls of type i .

K_f : Number of Penetrated Floors.

L_{wi} : Loss of Wall Type i .

L_f : Loss Between Adjacent floors.

b : Emperical Parameter.

I : Number of Wall type

Dimana :

$$\sum_{i=1}^I K_{wi} L_{wi} + K_f \left[\frac{(K_f + 1)}{(K_f + 1)} - b \right] L_f = \text{Indoor Loss}$$

$$\begin{aligned}
L_{FS} &= 20 \log F_{\text{Mhz}} + 20 \log d + 32.5 \\
L_{FS} &= 65.10 + 20 \log d + 32.5 \\
L_{FS} &= 97.61 + 20 \log d
\end{aligned}
\tag{2.11}$$

Keterangan:

F_{MHZ} : Frekuensi (Mhz).

d : Radius (km).

L_{FS} : *Free Space Loss*.

Di bawah ini merupakan *table loss* yang dihasilkan oleh beberapa jenis material bangunan.

Tabel 2. 1 Redaman Material Bangunan [3]

REDAMAN MATERIAL BANGUNAN	
WALL	LOSS (dB)
Plasterboard	6
Kaca	0,8
Lantai Beton	9
Kayu	2,5

2.5.3 Engineering Parameter

1. Loss/gain Perangkat

Dalam melakukan perencanaan *coverage*, hal yang sangat penting dilakukan adalah mempersiapkan data – data pendukung seperti nilai *loss* dan *gain* perangkat yang sesuai agar didapatkan cakupan maksimal ke seluruh area gedung yang akan dilakukan perencanaan seperti berikut:

- Anten *gain*
- Combiner Loss*
- Feeder Loss*
- Connector loss*
- Splitter Loss*

2. *Link budget*

Link budget merupakan perhitungan sejumlah daya yang didapat oleh penerima berdasarkan daya output pemancar dengan mempertimbangkan semua gain dan losses sepanjang jalur transmisi radio dari pemancar ke penerima [11]. Adapun parameter perhitungan *link budget*, antara lain : rugi – rugi kabel (dB), rugi – rugi konektor kabel (dB), *gain* antena (dBi). Dan lain sebagainya.

a. *Loss saluran*

Setiap perangkat dan material mempunyai *loss* yang besarnya berbeda-beda. Hal ini mengharuskan untuk dilakukannya perhitungan *loss* dari setiap perangkat yang digunakan dalam perencanaan.

$$L \text{ saluran} = \sum L \text{ feeder} + \sum L \text{ splitter} + \sum L \text{ Combiner} + \sum L \text{ Connector} \quad (2.12)$$

b. *EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)*

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) atau disebut juga equipment isotropic radiated power adalah daya yang dipancarkan oleh transmitter (antena) ke ruang bebas yang merupakan hasil penjumlahan dari power output BS dengan gain antena dikurangi total loss saluran, dapat dihitung dengan persamaan [11].

$$\text{EIRP} = \text{Tx Power Antena (dBm)} + \text{Antena Gain (dB)} - L \text{ saluran} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Tx Power : Daya Pancar (dBm)

Antena Gain : Penguatan antena pemancar

c. *Perhitungan MAPL (Maximum Allowable Path Loss)*

Perhitungan MAPL perlu dilakukan untuk menentukan nilai redaman maksimum propagasi yang diizinkan agar eNodeB masih dapat melayani komunikasi semua user pada area cakupannya [7].

$$\text{MAPL DL} = \text{EIRP} - \text{CL} + \text{eNBAG} - \text{FM} - \text{IM} - \text{PL1} - \text{PL2} - \text{BL} + \text{UEAG} - \text{RSU} \quad (2.14)$$

Keterangan:

EIRP : *Effective Isotropic Radiated Power* [dBm].

PL1 : *Penetration Loss* [dB].

eNBAG : eNodeB *Antenna Gain* [dB]

CL : *Cable Loss* [dB]