

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Menurut penelitian [3], dimana hasil dari penelitiannya mendapatkan adanya peningkatan pada *coverage* area di Kabupaten Bandung Barat setelah dilakukan perluasan *coverage* area sebesar 143,136 km<sup>2</sup> dengan kualitas yang memenuhi nilai standar KPI. Hasil yang didapat dari perencanaan perluasan *coverage* area yang menggunakan LTE (FDD) diperoleh total *site* sebanyak 35 *site* dengan *average* parameter RSRP adalah -74,75 dBm, kemudian SINR yang didapat adalah 23,96 dB, dan throughput adalah 18,971 Mbps serta *user connected* sebesar 98,7%. Pada hasil simulasi perencanaan perluasan *coverage* area menggunakan LTE-A yang dikombinasikan dengan SFR diperoleh total *site* sebanyak 31 dengan *average* parameter RSRP yaitu -68,54 dBm, kemudian SINR 26,72 dB dan throughput 31,236 Mbps serta *user connected* sebesar 98,8%[3].

Perencanaan jaringan LTE ini telah banyak dilakukan penelitian. Penelitian yang telah dilakukan oleh [8] merencanakan suatu sel untuk jaringan 4G LTE di Pekanbaru dengan menggunakan *software* Atoll untuk simulasinya. Pada penelitian menggunakan parameter RSRP dan SINR, serta jumlah *user* yang dapat dilayani oleh BTS. Hasil dari simulasi ini menunjukkan bahwa eNodeB *existing* menghasilkan RSRP sebesar -70,17 dBm dan kualitas sinyal dengan *range* -7 dB s/d 21 dB serta jumlah *user* yang terlayani mencapai 11,279 atau 54,3%. Sedangkan pada penambahan *New Site* menghasilkan RSRP sebesar -65,65 dBm dan kualitas sinyal dengan *range* -7 dB s/d 20 dB serta jumlah *user* yang terlayani mencapai 17.173 atau 69,8%[8].

Pada penelitian [1], dilakukan penelitian di pulau Batam dan dapat mewakili pada kebanyakan area di Indonesia karna persebaran kondisi geografis area nya yang cukup kompleks. Untuk hasil pengukuran UL *Throughput* nya pada keseluruhan lebar *Bandwidth Channel* mode FDD ataupun TDD terlihat hampir sama, karena pada *Uplink* untuk standar LTE *system* MIMO tidak disertakan, sehingga besaran UL *throughput* tidak mengalami banyak perbedaan yang signifikan. Pada hasil pengukuran DL *Throughput* semakin baik untuk lebar BW Channel baik FDD maupun TDD, terlihat dengan *coverage* yang berwarna biru,

untuk warna merah mengindikasikan *coverage* yang kurang baik. Perbandingan menunjukkan jika mode FDD lebih unggul dari TDD. Nilai SINR bervariasi tergantung pada bandwidth dan mode cakupan, dengan mode FDD tampak lebih baik daripada TDD karena TDD hanya memiliki satu band dan nilai *noise* di TDD lebih rendah daripada nilai *noise* di FDD. Sedangkan FDD memiliki *dual band* untuk *Uplink* dan *Downlink*, digunakan untuk keduanya[1].

Dari hasil penelitiannya [4] menunjukkan bagaimana frekuensi dan bandwidth yang dipilih berdampak pada jumlah eNodeB yang dibutuhkan. Berdasarkan perencanaan cakupan, semakin banyak eNodeB yang dibutuhkan, semakin banyak frekuensi dan kapasitas yang digunakan. Berdasarkan perencanaan kapasitas, penggunaan eNodeB menurun seiring dengan peningkatan penggunaan bandwidth. Oleh karena itu, peningkatan bandwidth akan membuat pembangunan jaringan *mobile broadband* menjadi lebih efisien. Berdasarkan hasil *coverage planning*, dibutuhkan 877 unit eNodeB untuk pengembangan LTE di wilayah Jabodetabek dengan memanfaatkan frekuensi 1800 MHz dan bandwidth 10 MHz, sedangkan berdasarkan *capacity planning* dibutuhkan 2546 unit. Sedangkan menurut *coverage planning*, hingga 1036 unit, dan berdasarkan *capacity planning*, dibutuhkan hingga 2546 unit pada frekuensi 2100 MHz. Untuk mewujudkan jaringan LTE di wilayah Jabodetabek dengan 2,02 juta pelanggan yang terlayani pada tahun pertama dan kapasitas 10 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz, dibutuhkan 2546 unit eNodeB[4].

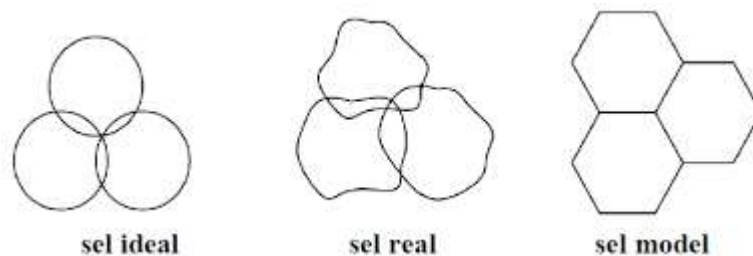
Sedangkan pada penelitian [5], hasil dari penelitiannya didapatkan penurunan kinerja parameter RSRP sebesar 10,3 %, pada SINR sebesar 8.68 %, peningkatan kinerja DL *Throughput* sebesar 5,24 % dan penurunan kinerja UL *Throughput* sebesar 20,22 %. Terdapat 3 *bad spot* area untuk RSRP dan 22 *bad spot* area untuk SINR. Ketiga *bad spot* area pada RSRP disebabkan karena permasalahan *weak coverage*, sedangkan untuk 22 *badspot* area pada SINR disebabkan karena tiga permasalahan *weak coverage*, satu *cross coverage*, tujuh *conflict* PCI Mod 3, dan sebelas *no dominant coverage*, kemudian dapat ditarik kesimpulan bahwa terjadi penurunan pada *coverage* di Kota Purbalingga sebesar 10,3%, dilihat dari besarnya persentase jumlah area yang memiliki nilai RSRP optimal, yang disebabkan karena penurunan sinyal pada area sekitar Jl. Tentara Pelajar, Jl. Kalikajar, dan Jl. Wiramenggala. Penurunan terjadi karena tindakan optimasi oleh perusahaan pada

*bad spot* area SINR 1, SINR 10, dan SINR 18 sehingga, perubahan *tilting* yang dilakukan mempengaruhi cakupan dan menyebabkan penurunan [5].

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Konsep Sistem Komunikasi Seluler

Sistem komunikasi bergerak (*mobile communication*) merupakan salah satu produk teknik telekomunikasi yang menjadi solusi bagi pengguna yang memiliki intensitas kegiatan tinggi dan tersebar di beberapa tempat. Dengan komunikasi jenis ini, para pengguna dapat berhubungan dengan mitranya sambil melakukan perjalanan lintas lokasi dan wilayah. Oleh sebab itu disebut komunikasi bergerak, karena dapat dilakukan sambil bergerak berpindah tempat. Ada 2 istilah lain yang sering digunakan untuk komunikasi jenis ini, yaitu *wireless communication* dan *cellular communication*. Disebut komunikasi tanpa kabel, karena untuk aplikasinya tidak dibutuhkan kabel penghubung antara pengirim dan penerima. Sinyal komunikasi merambat dari asal ke tujuan melalui udara dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Sedangkan istilah komunikasi seluler terkait dengan pembagian *coverage area* layanan komunikasi yang bentuknya mirip *cell* yang dikenal dalam biologi (ilmu hayat) [6].



Gambar 2.1 Bentuk *cell* [6].

Bentuk jaringan sistem seluler berkaitan dengan luas cakupan daerah pelayanan. Bentuk sel yang terdapat pada sistem komunikasi bergerak seluler digambarkan dengan bentuk *hexagonal* dan lingkaran seperti pada Gambar 2.1. Bentuk *hexagonal* merupakan bentuk pendekatan jaringan seluler, karena dari sel yang lebih sedikit dengan bentuk *hexagonal* diharapkan dapat mencakup wilayah pelayanan. Sel berbentuk *hexagonal* atau yang lainnya hanya digunakan untuk mempermudah penggambaran pada *layout* perencanaan. Sejumlah saluran tertentu ditawarkan oleh setiap rentang sel, memungkinkan satu atau lebih UE terhubung dengan eNB secara bersamaan. setiap sel diberikan sejumlah kanal frekuensi.

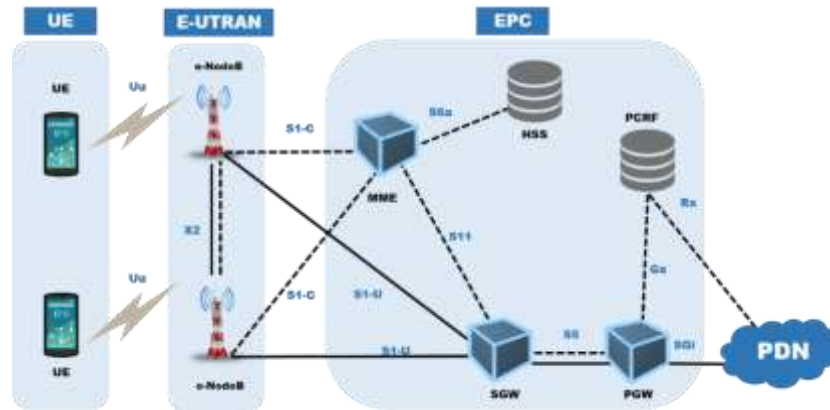
Karena frekuensi saluran adalah sumber daya yang terbatas, penggunaan kembali frekuensi mengacu pada penggunaan berulang dari frekuensi terbatas untuk meningkatkan kapasitas layanan. Alokasi sejumlah channel frekuensi tertentu yang berlainan dengan sebelahnya. Karena *channel frequency* merupakan sumber terbatas sehingga untuk meningkatkan kemampuan pelayanan frekuensi yang terbatas tersebut dipakai secara berulang-ulang yang dikenal dengan istilah pengulangan frekuensi (*frequency reuse*). Oleh karena itu, dalam komunikasi seluler, pengulangan frekuensi sangat penting. [6].

### **2.2.2 Long Term Evolution**

*Long Term Evolution* merupakan standar terbaru dengan memberikan layanan lebih lancar dan efisien menuju teknologi canggih yang lebih mutakhir untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringa. LTE memberikan tingkat kapasitas *downlink* 300 Mbps, dan *uplink* 75 Mbps dan RAN *round-trip* kurang lebih 10 ms. LTE juga mendukung operator *bandwidth*, dari 20 MHz menjadi 1,4 MHz dan mendukung FDD dan TDD. LTE juga disebut sebagai 3GPP *Long Term Evolution*. 3GPP LTE merupakan sebuah langkah besar dalam teknologi komunikasi seluler. Di tahun-tahun mendatang, LTE diharapkan dapat mendukung teknologi suara serta kebutuhan akses data dan media berkecepatan tinggi dari operator seluler. Data berkecepatan tinggi, multimedia unicast, dan kemampuan penyiaran multimedia semuanya termasuk dalam LTE. 43% dari negara ini sudah dilayani oleh jaringan LTE. Operator yang memberikan layanan jaringan LTE tersebut yaitu Telkomsel, Indosat, XL, Smartfren dan Tri [7].

### **2.2.3 Arsitektur LTE**

Arsitektur 4G LTE terdiri dari dua bagian utama seperti pada Gambar 2.2 yakni LTE atau dikenal dengan E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dan SAE (*System Architecture Evolution*) yang merupakan jantung dari sistem LTE [8].



Gambar 2.2 Arsitektur Teknologi 4G [8].

Berikut ini adalah penjelasan masing-masing bagian dari arsitektur LTE diatas:

1. Bagian Akses Radio (LTE):
  - a. UE (*User Equipment*), yaitu perangkat komunikasi *user*. Banyak hal yang bisa dijadikan perangkat seperti , komputer, *handphone*, semua perangkat yang bisa terhubung dengan internet.
  - b. eNodeB (*envolved NodeB*) yaitu *interface* jaringan LTE dengan *user* dengan kemampuan untuk melakukan fungsi kontrol sambungan dan *handover* [8].
2. Bagian sentral (SAE):
  - a. S-GW (*Serving Gateway*), berfungsi mengatur dan meneruskan data berupa paket dari UE juga sebagai penghubung antara LTE dengan teknologi 3GPP contohnya GSM/EDGE *Radio Access Network* (GERAN) dan UTMS *Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN).
  - b. P-GW (*Packet Data Network Gateway*), berfungsi mengatur hubungan jaringan data antara UE dengan jaringan paket data lain diluar 3GPP seperti WLAN, *Wimax*.
  - c. MME (*Mobility Management Entity*), pengatur utama di setiap bagian dari LTE atau SAE. Saat UE tidak aktif , MME bertugas untuk melacak keberadaan pelanggan dengan melakukan *tracking* dan *paging*. Saat UE aktif, MME berfungsi bertugas untuk memilihkan S-GW yang tepat selama komunikasi berlangsung [8].
3. PCRF (*Policy and Charging Rules Function*), berfungsi sebagai menentukan *Quality of Service* (QoS) dan *charging* untuk tiap UE [10].

4. HSS (*Home Subscriber Server*), berupa sistem *database* yang bertugas membantu MME dan melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan. Penerimaan dan penolakan UE pada saat autentikasi bergantung pada *database* HSS [8].

#### 2.2.4 Parameter Performansi Radio LTE

Pada performansi jaringan khususnya LTE terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur nilai baik dan buruknya kualitas suatu jaringan yang telah ada pada standar *Key Performance Indicator* (KPI)

##### 2.2.4.1 RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP ialah *power* yang diterima oleh *user* pada frekuensi tertentu, menjadikan semakin jauh jarak antara *site* dan *user*, maka akan kecil pula nilai RSRP yang diterima oleh *user*. Apabila *user* berada di luar jangkauan maka *user* tersebut tidak akan mendapatkan layanan LTE. Range kualitas nilai RSRP dapat dilihat pada Tabel 2.1 [9].

Tabel 2.1 *Range* Nilai RSRP.

<b>Range (dBm)</b>	<b>Keterangan</b>
-70 s/d -90	Bagus
-91 s/d -110	Normal
-111 s/d -130	Buruk

##### 2.2.4.2 SINR (*Signal Interference to Noise Ratio*)

SINR ialah suatu rasio antara kuat sinyal dengan sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dibanding *noise background* yang muncul.

Dalam artian rasio antara rata-rata *power* diterima dengan rata-rata interferensi dan *noise*. Minimum untuk nilai RSRP dan SINR yang sesuai tergantung dengan *bandwidth* frekuensinya. Range nilai kualitas SINR dapat dilihat pada Tabel 2.2 [9].

Tabel 2.2 *Range* Nilai SINR.

<b>Range (dB)</b>	<b>Keterangan</b>
16 s/d >30	Bagus
1 s/d 15	Normal
<10 s/d 0	Buruk

### 2.2.4.3 RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

Parameter yang menentukan kualitasnya dari sinyal yang diterima atau yang disebut dengan RSRP. RSRQ membantu sistem dalam proses *handover* di mana RSRQ ini dapat memantau performansi kandidat sel dalam suatu proses *cell selection* - *reselection* dan *handover* berdasarkan pada kualitas sinyal yang diterima. Satuan RSRQ adalah dB dan nilainya negatif (karena nilai RSSI selalu lebih besar dibandingkan dengan  $N \times$  RSRP) RSRQ membantu sistem dalam proses *handover* di mana RSRQ dapat meranking performansi kandidat sel dalam proses *cell selection* *reselection* dan *handover* berdasarkan pada kualitas sinyal yang diterima. RSRQ dapat dikonversikan ke parameter kualitas sinyal SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*). Range nilai RSRQ dapat dilihat pada Tabel 2.3 [9].

Tabel 2.3 Range Nilai RSRQ.

<b>Range (dBm)</b>	<b>Keterangan</b>
-15 s/d 0	Bagus
-20 s/d -16	Normal
-30 s/d -21	Buruk

### 2.2.4.4 Throughput

*Throughput* adalah besaran kecepatan data yang diakses *user*. *Throughput* ialah total paket yang sampai pada tujuan dalam waktu tertentu kemudian dibagi oleh durasi interval itu sendiri [10].

### 2.2.5 Frequency Division Duplex

Pada sistem duplex FDD menggunakan *frequency band* yang terpisah antara transmisi *uplink* dan *downlink*. Kanal untuk *uplink* dan *downlink* dipisahkan sejauh 100 MHz dalam dua blok yang saling berdampingan. Agar tidak terjadi interferensi antara *transmitter* dan *receiver*, maka diantara kedua kanal tersebut dipisahkan oleh sebuah *guardband*. Teknik FDD menuntut untuk menggunakan spektrum frekuensi yang banyak, biasanya paling tidak dua kali lipat dari spektrum yang dibutuhkan oleh TDD. Bagaimanapun juga FDD merupakan sistem telepon seluler yang penggunaannya luas untuk *downlink* dan *uplink*. Terdapat kelebihan yang dimiliki oleh metode FDD yang menjadi nilai tambah bagi para pengembang sistem saat mengerjakan proyeknya. Kelebihan (FDD) antara lain[1]:

1. Proses dalam metode FDD mengutamakan sesuatu yang dapat diukur ketimbang proses perancangan yang rumit dan menghabiskan waktu, sumber daya, dan biaya. Pada saat merancang proyek, penjadwalan langsung diarahkan ke dalam bentuk fitur.
2. Sistem yang dibangun harus rapi dan kuat agar para pengembang dapat bekerja dan menghasilkan sebuah sistem yang diharapkan oleh klien.

### 2.2.6 Time Division Duplex

Modus TDD melakukan operasi *full duplex* menggunakan pita tunggal dan pembagian waktu *multiplexing uplink* dan *downlink* sinyal. Setiap kanal tersebut di *multiplexing* dengan menggunakan basis waktu sehingga setiap kanal memiliki time slot yang berbeda. Gambaran dari TDD mode dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 TDD Mode

Keuntungan dari TDD adalah kemampuannya untuk memberikan asimetris *uplink* dan *downlink* alokasi kemudian alokasi dinamis, peningkatan efisiensi spektral, dan peningkatan penggunaan teknik *beamforming*. Hal ini disebabkan memiliki *uplink* dan *downlink* yang sama [1].

### 2.2.7 Multiple Input Multiple Output

MIMO adalah sebuah teknologi antena untuk komunikasi *wireless* dengan antena ganda yang digunakan untuk kedua sumber *transmitter* dan *receiver*. Masing masing sirkuit antena untuk komunikasi di kombinasikan untuk meminimalkan *error* dan mengoptimalkan kecepatan data. MIMO adalah salah satu dari beberapa tipe dari teknologi *smart antenna* yang lainnya adalah MISO, SIMO.

Variasi dari *path* dapat terjadi karena hasil dari banyaknya objek yang muncul dari samping atau sejajar dari *path* langsung antara *transmitter* dan *receiver*. Sebelumnya *multipath* ini hanya tersaji untuk memperkenalkan interferensi. Prinsip kerja dari MIMO ialah sistem radio lama, tidak bisa memerangi interferensi *multipath*, mengandalkan sinyal utama sebagai kekuatan utama sebagai berikut :

1. MIMO mengambil keuntungan dari propagasi *direct* dan *reflected* sinyal.



2. MIMO menggunakan beberapa antena untuk mengirimkan beberapa sinyal paralel.
3. Di lingkungan perkotaan, sinyal akan terpental pohon, bangunan tinggi dan mencapai penerima melalui berbagai *path*
4. *Receiver* menggunakan sebuah algoritma/DSP untuk menjumlah sinyal yang ganda untuk diproduksi menjadi sinyal yang utuh untuk mendapatkan data asli yang dikirim.
5. MIMO meningkatkan jangkauan, throughput dan keandalan[15].

### 2.2.8 Perencanaan Jaringan

Dalam perencanaan jaringan seluler ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya :

1. Kondisi geografis

Keadaan geografis wilayah harus diketahui dan diamati untuk menentukan tinggi menara, tinggi antena, jenis antena, penentuan link transmisi, dan catu daya.

2. Demografi penduduk

Penempatan posisi EnodeB dan kapasitas EnodeB ditentukan oleh demografi penduduk yang menduduki pada area EnodeB tersebut yang mana daerah yang memiliki penduduk padat ditandai sebagai trafik yang lebih besar dibanding daerah yang memiliki penduduk yang lebih sedikit.

3. Penentuan parameter

Penentuan parameter transmisi ini disesuaikan dengan faktor kondisi geografis suatu area dan kebutuhan *user* agar kualitas jaringannya menjadi lebih baik.

Untuk merencanakan perancangan layanan seluler dan mengoptimalkan pembuatan jaringan seluler, elemen yang perlu diperhatikan agar mendapat hasil yang maksimal antara lain kekuatan sinyal yang diprediksi, keadaan geografis suatu area, seberapa padat penduduk pada area tersebut, dan model propagasi yang digunakan harus diperhitungkan dengan benar.

### 2.2.8.1 Perencanaan Berdasarkan Coverage

#### A. Radio Link budget

Tujuan dari perhitungan *Radio Link budget* adalah untuk menghitung *Path loss* sinyal yang terjadi di antara *user* dengan *enodeB*. Dengan perhitungan *link budget* dapat diketahui berapa *Path loss* maksimum yang diperbolehkan agar *receiver* tetap dapat menerima sinyal dari *transmitter*. Karena pada sistem seluler menggunakan komunikasi 2 arah, maka perhitungan MAPL (*Maximum Allowable Path loss*) harus dilakukan dalam dua arah, yaitu MAPL arah *uplink* (dari *user* ke *enodeB*) dan MAPL arah *downlink* (dari *enodeB* ke *user*). Pada umumnya kekuatan sinyal yang dipancarkan oleh antenna *user* lebih kecil dari pada yang dipancarkan oleh antenna BTS atau *enodeB*, oleh karena itu perhitungan *link budget* pada arah *uplink* memiliki peranan yang penting dalam perencanaan sistem seluler.

#### B. Maximum Allowable Path loss (MAPL)

MAPL merupakan hitungan untuk mencari nilai propagasi maksimum antara perangkat eNode B dengan *mobile station*. Terdapat dua perhitungan MAPL yang terdiri dari arah *uplink* dan *downlink*. Perhitungan MAPL *uplink* digunakan untuk mencari nilai maksimum redaman propagasi dari *mobile station* ke eNode B. Perhitungan MAPL *downlink* adalah maksimum redaman propagasi dari eNode B ke *mobile station* untuk keperluan komunikasi dalam cakupan suatu daerah. Hal yang perlu diperhatikan dalam memperoleh nilai MAPL yaitu menghitung *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP), *Receiver Sensitivity* (RS) dan menghitung nilai MAPL[11].

##### 1. Perhitungan Nilai EIRP

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar dari suatu *antenna* atau perkalian antara daya RF dengan *gain* suatu *antenna*. Menghitung nilai EIRP merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam mencari nilai MAPL dengan rumus (2.1) sebagai berikut[11].

$$EIRP = P_{tx} + G_{tx} - Loss_{system} \quad (2.1)$$

Dimana :

$P_{tx}$  = Daya *transmitter* (dBm)

$G_{tx}$  = *Gain* pada antena *transmitter* (dB)

$Loss$  = *Loss* pada konektor *transmitter* (dB)

## 2. Perhitungan Nilai *Receiver Sensitivity*

*Receiver Sensitivity* ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise*, *noise figure*, dan SINR. Menghitung nilai *Receiver Sensitivity* dapat menggunakan rumus pada (2.2) sebagai berikut[11].

$$RS = SNR + N_f + N_r \quad (2.2)$$

Keterangan :

SNR = *Signal to Noise Ratio* (dB)

$N_f$  = *Noise Figure Receiver* (dB)

$N_r$  = *Thermal Noise* (dB)

Dimana nilai *thermal noise* didapatkan dari rumus (2.3) berikut[13].

$$N_r = 10 \log (K \times T \times B) \quad (2.3)$$

Keterangan :

K = konstanta Boltzman,  $1.38 \text{ E-}23 \text{ Ws/K}$

T = Temperatur, 293 K

B = *Bandwidth* (MHz)

## 3. Perhitungan Nilai MAPL

Menghitung nilai *Maximum Allowable Path loss* dapat mengacu pada (2.4) sebagai berikut [11].

$$MAPL (L_p) = EIRP - RS + GR_x - LossR_x - Fade Margin - Interference Margin \quad (2.4)$$

Dimana :

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

RS = *Receiver Sensitivity* (dBm)

$GR_x$  = *Gain pada antenna receiver* (dB)

$LossR_x$  = *Loss pada receiver* (dB)

*Fade Margin* = Batas fading sinyal yang diterima (dB)

### 2.2.8.2 Model Propagasi

Model propagasi diperlukan untuk membuat perhitungan yang tepat hingga mengetahui rintangan dan gangguan dalam lingkungan radio bergerak. Pengetahuan terhadap propagasi gelombang radio juga sangat penting dalam perencanaan dan simulasi dengan gelombang radio agar komunikasi dapat berjalan dengan lancar. Dalam perencanaan jaringan diperlukan pemilihan model propagasi yang tepat sehingga dapat memaksimalkan performansi jaringan tersebut.

#### A. Okumura-Hata

Model yang dibuat oleh Y.Okumura dan Hata adalah salah satu model propagasi yang digunakan untuk memprediksi *loss* sinyal dalam pengaturan sel makro. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan di daerah perkotaan dan pinggiran kota. Model ini cocok untuk frekuensi  $f_c$  antara 150 MHz dan 1500 MHz, ketinggian  $h_b$  pemancar antara 3 m dan 200 m, ketinggian  $h_m$  penerima antara 1 m dan 10 m, dan jarak pengirim dan penerima ( $r$ ) antara 1 m dan 10 km.. Rumus Okumura Hata dapat dirumuskan sebagai berikut [12].

Urban:

$$L_u \text{ (dB)} = 69,55 + 26,16 \log_{10} f - 13,82 \log_{10} h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_{te} \log \log_{10} d) \quad (2.5)$$

Sub Urban:

$$L_{su} \text{ (dB)} = L_u - 2\{\log_{10}(\frac{f}{28})\}^2 - 5,4 \quad (2.6)$$

Rural:

$$L_r \text{ (dB)} = L_u - 4,78 (\log_{10} f)^2 + 18,33 \log_{10} f - 40,9 \quad (2.7)$$

Untuk kota kecil dan menengah

$$a(h_{re}) \text{ (dB)} = (1,1 \log f - 0,7) h_{re} - (1,56 \log f - 0,8) \quad (2.8)$$

Untuk kota besar

$$a(h_{re}) \text{ (dB)} = 3,2 (\log(11,75 h_{re}))^2 - 4,97 \text{ untuk } f \geq 400 \text{ MHz} \quad (2.9)$$

Keterangan [12]:

Lu = *Path loss* untuk daerah urban

Lsu = *Path loss* untuk daerah sub urban

Lr = *Path loss* untuk daerah rural

f = Frekuensi dalam MHz

d = Jarak dari eNodeB (km)

hte = Tinggi eNodeB (m)

hre = Tinggi UE (m)

a(hre) = Faktor koreksi untuk ketinggian antenna UE (dB)

### B. Cost 231-Hata

*European Co-operative for Scientific and Technical research (COST)* memperluas model Okumura-Hata untuk mencakup frekuensi hingga 2GHz karena kejelasan dan keandalannya. Selain itu, model ini menawarkan variabel koreksi untuk perkiraan *pathloss* dalam berbagai situasi (pedesaan, sub-urban dan perkotaan). Jika rentang frekuensi yang digunakan untuk model propagasi ini adalah antara 1500 MHz dan 2100 MHz, dan semua parameter lainnya benar menurut model Hata, maka valid. Namun, model COST 231 Hata mengharuskan tinggi antenna stasiun pangkalan berada di atas atap yang berdekatan dengan stasiun pangkalan.. Rumus *pathloss* pada model propagasi cost 231 Hata ini adalah sebagai berikut [12].

$$Lu \text{ (dB)} = 46,33 + (44,9 - 6,55 \log_{10} ht) \log_{10} d + 33,9 (\log_{10} f) \text{ cm} - 13,82 \log_{10} (hr) - a(hr) \quad (2.10)$$

Untuk area Urban

$$a(hre) = 3,2 (\log(11,75hr))^2 - 4,97 \quad (2.11)$$

Untuk area Sub Urban dan Rural

$$a(hre) = (1,1 \log f - 0,7)hr - (1,56 \log f - 0,8) \quad (2.12)$$

Keterangan [12] :

f = Frekuensi dari 1500 – 2100 MHz

ht = Tinggi eNodeB (m)

hr = Tinggi UE (m)

d = Jarak antara eNodeB dengan UE (km)

a(hre) = Faktor koreksi untuk tinggi efektif antena

CM = 0 dB (untuk ukuran medium kota dan daerah sub urban)

3 dB (untuk daerah pusat kota)

### 2.2.8.3 Cell Radius

*Cell* merupakan area cakupan dari *Radio Base Station*, daerah layanan ini dibagi menjadi daerah yang kecil yang disebut *cellular*, yang sifatnya pelanggan mampu bergerak secara bebas di dalam area layanan sambil berkomunikasi tanpa terjadi pemutusan hubungan[14]. Ukuran radius sel dapat dihitung dengan rumus (2.13)

$$d = 10^{\frac{MAPL - A - B \log(f) + 13,82 \log(hb) + a(hm) - 3}{(44,9 - 6,55 \log(hb))}} \quad (2.13)$$

dimana :

A = 69,55 ; f = 150 – 1500 MHz

= 46,30 ; f = 1500 – 2100 MHz

B = 26,16 ; f = 150 – 1500 MHz

= 33,9 ; f = 1500 – 2100 MHz

MAPL = *Maximum Allowable Path Loss* (dBm)

f = Frekuensi (MHz)

$h_b$  = Tinggi antena eNodeB (m)

$a(h_m)$  = Faktor koreksi

### 2.2.8.4 Coverage Area

Hasil perhitungan *path loss* arah *uplink* dan *downlink*, akan diambil yang paling maksimum untuk kemudian digunakan dalam perhitungan *coverage cell* untuk memperkirakan cakupan dari sistem dengan spesifikasi yang ditentukan sebelumnya. Setelah diperoleh radius sel maka akan diperoleh eNB *coverage area* atau luas sel. Karena daerah urban merupakan area 3 (tiga) sektoral, maka luas sel area diperoleh dalam rumus (2.14) sebagai berikut[14].

$$L = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \quad (2.14)$$

dimana :

d = radius