

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Optimasi yang dilakukan Melinda Br Ginting (2017), dengan judul “Optimasi Jaringan *Coverage* UMTS Dengan *Azimuth* dan *Titing* Antena Sektoral di Sukoharjo Menggunakan Metode *Automatic Cell Planning* (ACP) dan *Unautomatic Planning*” yang melakukan optimasi untuk memaksimalkan *coverage* area dan meningkatkan kualitas jaringan UMTS di Sukoharjo. Optimasi dilakukan dengan cara mengubah *azimuth* dan *tilting* antena sektor. Optimasi tersebut berdasarkan data *site existing* yang disimulasikan dengan simulasi pada *software* Atoll menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP) dan *Unautomatic Planning*. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai RSCP untuk kedua metode optimasi sebesar 80,62 dBm. Nilai rata – rata IC/EO sebesar 10,82 dBm untuk ACP dan nilai rata – rata IC/EO sebesar 14,13 dB untuk *Unautomatic*[4].

Rivan, Hurianti dan Uke Kurniawan Usman (2018) dengan judul “Perencanaan Jaringan Mikrosel 4G LTE di *Skywalk* Cihampelas Bandung” yang membahas perancangan jaringan *microcell* di *Skywalk* Cihampelas Bandung dengan pertimbangan *coverage* dan *capacity*. Perencanaan jaringan ini dilakukan dengan metode Non ACP (*Automatic Cell Planning*) dan ACP (*Automatic Cell Planning*). Perolehan nilai RSRP sebesar -105,42 dBm, nilai RSSI sebesar -70,06 dBm, SINR sebesar 10,25 dB dan BLER sebesar 0% menggunakan metode Non ACP sedangkan perolehan nilai RSRP sebesar -86,1 dBm, nilai RSSI sebesar -50,1 dBm, SINR sebesar 34,5 dB dan BLER sebesar 0% menggunakan metode ACP[6].

Fauzi Hidayat (2016) dari penelitiannya yang berjudul “Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) di daerah Bandung” menggunakan skenario *physical tuning* meliputi pengaturan tinggi dan *tilting* antena. Optimasi dilakukan dengan menganalisa permasalahan pada layer akses radio dengan berdasarkan perolehan nilai RSRP, RSRQ, *connected user* dan rata – rata *throughput*. Perolehan nilai RSRP menurun dari -93,94 dBm menjadi -96,18 dBm, tetapi jika nilai *threshold* -105 dBm mengalami peningkatan dari

81,58% menjadi 96,67%. RSRQ meningkat dari -14,6 dBm menjadi -12,93 dBm dengan persentase dari 61,3% menjadi 96,48%. Jumlah *user* yang dapat terkoneksi meningkat 2% dari 313 *user* menjadi 914 *user*[7].

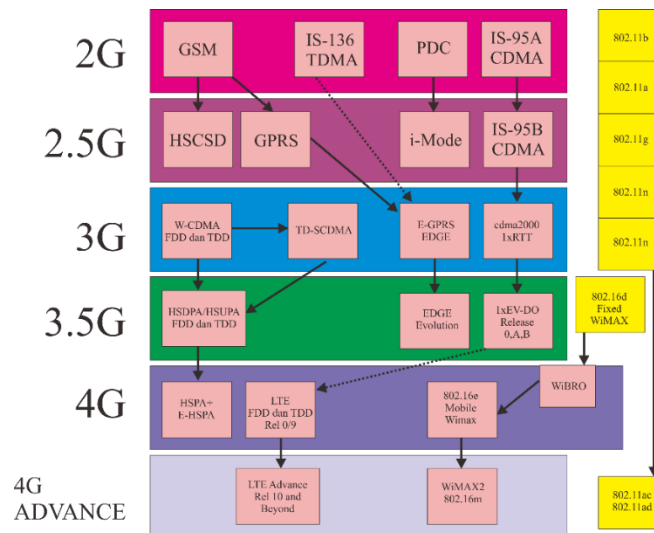
Wahyu Setiati (2018) dari penelitiannya yang berjudul “Analisis Performansi dan Optimasi Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Pada Wilayah Tol Padaleunyi” Penelitian ini melakukan metode *drive test* untuk mengukur kualitas jaringan LTE di Tol Padaleunyi dengan *software* Tems dan Atoll. Skenario optimasi menggunakan *physical tuning* antenna. Nilai RSRP berubah dari -123,56 dBm menjadi -102 dBm \leq RSRP < -92 dBm, nilai SINR dari -1 dB berubah $3 \text{ dB} \leq$ SINR < 10 dB dan *throughput* dari 45 kbps menjadi $324 \text{ kbps} \leq$ *Throughput* < 1500 kbps di lokasi kilometer 149 – 150. Sedangkan Nilai RSRP berubah dari -120,56 dBm menjadi -102 dBm \leq RSRP < -92 dBm, nilai SINR dari -0,65 dB berubah $3 \text{ dB} \leq$ SINR < 10 dB dan *throughput* dari 47 kbps menjadi $324 \text{ kbps} \leq$ *Throughput* < 1500 kbps di lokasi kilometer 152 – 153[8].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Standar Teknologi Seluler

Agar dapat diatur standarisasi dari segi teknologi dan *hardware* maka diperlukan suatu badan dalam pengembangannya yaitu ITU (*International Telecommunication Union*), 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), 3GPP2 (*3rd Generation Partnership Generation Project 2*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), WiMAX forum dan lain – lain. Adapun badan standarisasi yang digunakan di Indonesia yaitu KOMINFO (Kementerian Komunikasi dan Informatika) dan BRTI (Badan Regulasi Telekomunikasi Indonesia). Badan 3GPP mengatur spesifikasi dan standar dari GSM dan selanjutnya. 3GPP berhasil melakukan standarisasi antara lain pengembangan 2G GSM yang mendukung layanan suara, sedangkan layanan datanya dengan GPRS. Selanjutnya pada generasi 3G dimulai dengan *release* 99 sampai *release* 4 yaitu UMTS/WCDMA, *release* 5 HSDPA, *release* 6 HSUPA, *release* 7 HSPA+. Pada generasi 4G dimulai dengan *release* 8 LTE yang dikembangkan lagi menjadi lebih sempurna menjadi *release* 10 LTE-Advanced. Badan 3GPP2 mengatur spesifikasi dan standar dari CDMA dan selanjutnya. 3GPP2 berhasil melakukan standarisasi

antara lain pengembangan 2G CDMA IS-95A, IS-95B. Selanjutnya pada generasi 3G yaitu CDMA 2000 1x, EV-DO rev A, rev B, rev C, dst. Badan IEEE mengatur standarisasi 802.11 untuk generasi teknologi Wi-Fi, WiMAX forum membentuk standar 802.16 untuk teknologi WiMAX.



Gambar 2.1 Evolusi Teknologi Seluler[3]

2.2.2 Pengenalan LTE

3GPP mengeluarkan standar teknologi seluler yang diberi nama Long Term Evolution (LTE) yang digunakan untuk memperbaiki standar teknologi seluler generasi sebelumnya atau generasi ketiga (3G) yaitu UMTS WCDMA. Teknologi LTE mampu memberikan kecepatan akses data pada sisi *downlink* dapat mencapai 300 Mbps dan pada sisi *uplink* dapat mencapai 75 Mbps. Kecepatan akses data yang semakin cepat menjadi keunggulan dari LTE jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya, selain itu *coverage* dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, biaya operasional lebih sedikit, mendukung penggunaan *multiple*-antena, penggunaan *bandwidth* lebih fleksibel dan dapat saling terkoneksi dengan jaringan *existing* yang sudah ada sebelumnya.

Untuk *downlink* pada LTE menggunakan teknologi *air interface* OFDMA sedangkan untuk *uplink* menggunakan teknologi SC-FDMA, Penggunaan antenna LTE mendukung penggunaan antenna MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). *Bandwidth* yang digunakan pada LTE lebih fleksibel dari 1,4 MHz sampai 20 MHz. Dengan *bandwidth* yang fleksibel memungkinkan dapat mengalokasikan frekuensi

untuk teknologi lain di kanal slot yang masih kosong. Spesifikasi LTE adalah sebagai berikut :

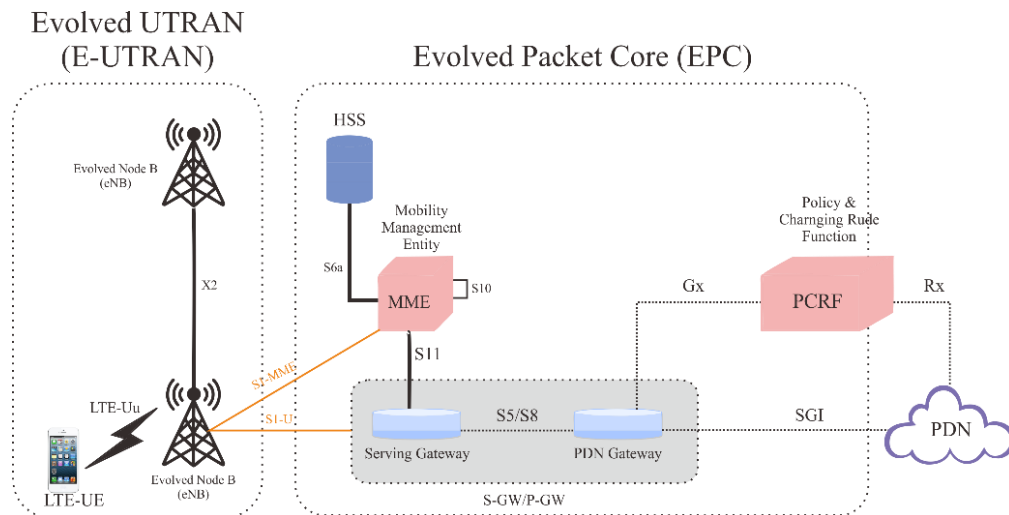
Tabel 2.1 Spesifikasi LTE 3GPP[3]

Parameter	Informasi
<i>Peak data rate</i>	<i>100 Mbps (DL); 50 Mbps (UL); for 20 MHz spectrum with UE Category 3 (MIMO 2x2) 300 Mbps (DL); 75 Mbps (UL); for 20 MHz spectrum with UE Category 5 (MIMO 2x2)</i>
<i>Operator band</i>	<i>2600; 2100; 1800; 900; 850; 700 MHz</i>
<i>Duplex mode</i>	<i>FDD dan TDD</i>
<i>Multiple access</i>	<i>SC-FDMA (UL); OFDMA (DL)</i>
<i>Channel bandwidth</i>	<i>1,4; 3; 5; 10; 15; 20 MHz</i>
<i>Cycle prefix</i>	<i>Normal, extended</i>
<i>Latency</i>	<i><5 ms (user plane); <100 ms (control plane)</i>
<i>Mobility</i>	<i>Up to 350 km/h, or even up to 500 km/h depending on the frequency band</i>
<i>Coverage</i>	<i>5 – 30 km cells</i>
<i>Co-existence and internetworking with 3GPP</i>	<i>Support for inter-working with existing 3G system and non-3GPP specified systems</i>

2.2.3 Arsitektur Jaringan LTE

Arsitektur LTE mampu mengintegrasikan dengan teknologi sebelumnya seperti UMTS Release 99/4, HSDPA Release 5, HSPA Release 6, dan HSPA+ Release 7. Pada jaringan LTE memiliki *radio access* dan *core network* yang dapat mengurangi *latency* dan meningkatkan performansi dari sistem. Komponen dari arsitektur LTE yaitu EPS (*Evolved Packet Core*) yang terdiri dari UE (*User Equipment*), EPC (*Evolved Packet Core*), dan E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*). E-UTRAN merupakan jaringan akses yang terdiri dari eNodeB (*evolved Node B*) dan UE (*User Equipment*), EPC merupakan pengembangan jaringan *core* pada LTE yang terdiri dari MME (*Mobile Management Entity*), SGW (*Serving SAE Gateway*), PGW (*PDN Gateway*), dan

PCRF (*Policy and Charging Rules Function*). Jaringan LTE dapat terintegrasi dengan teknologi lain seperti teknologi dari 3GPP, 3GPP2, dan IEEE. *Gateway* digunakan sebagai media penghubung dari beberapa teknologi yang saling terhubung dan terintegrasi dengan teknologi lainya.



Gambar 2.2 Arsitektur LTE[3]

Air Interface pada arsitektur jaringan LTE sebagai berikut :

- a) UU = *Air interface* antara UE dengan eNodeB.
- b) X2 = *Interface* antara eNodeB untuk manajemen sistem *load*.
- c) S1 = Menyediakan *control plane* (S1-C.S1-MME) dan *user plane* (S1-U).
- d) S11 = *Interface* antara MME dengan SGW untuk GTP-C.
- e) S6a = *Interface* antara MME dan HSS yang digunakan untuk autentikasi dan otorisasi akses pengguna.
- f) S10 = *Interface* antar MME yang digunakan untuk MME *relocation* mendukung GTP-C.
- g) S5 = *Interface* antara SGW dan PGW yang digunakan untuk data *tunnelling*.
- h) SGI = *Interface* antara PGW dan PDN.

Adapun perangkat yang terdapat pada LTE antara lain :

- a) UE (*User Equipment*)
 Perangkat UE memiliki kemampuan komunikasi berbasis CS (*Circuit Switch*) dan PC (*Packet Switch*) yang terdiri dari USIM dan TE (*Terminal Equipment*). Pada UE_{LTE} memiliki kemampuan penggunaan MIMO

downlink dimana jumlahnya tergantung dari masing – masing kategori. UE_{LTE} mendukung penggunaan modulasi QPSK, 16 QAM dan 64 QAM.

- b) E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*)
E-UTRAN merupakan pengembangan dari arsitektur jaringan UMTS. Terdapat eNode B pada E-UTRAN yang merupakan pengembangan dari Node B pada jaringan UMTS. Pada LTE masing – masing user dapat dibedakan berdasarkan *resource block*. OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) digunakan untuk *downlink* sedangkan SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) digunakan untuk *uplink*. E-Node B mempunyai fungsi sebagai *transceiver* yang bertanggung jawab untuk mengontrol semua yang berhubungan dengan *radio resource* untuk satu sel atau bisa juga beberapa sel, serta bertanggung jawab untuk mengontrol *handover*. Masing masing eNode B saling berhubungan melalui *interface X2* untuk melakukan proses *handover* dimana masing – masing eNode B dikontrol oleh satu MME.
- c) MME (*Mobile Management Entity*)
MME mempunyai fungsi mengontrol setiap *node* jaringan LTE. Ketika UE pada kondisi *idle*, MME bertanggung jawab untuk melakukan *tracking* dan *paging*, memilih SGW mana yang akan digunakan UE pada saat *initial attach*, serta memilih SGSN tujuan untuk *handover* dengan menggunakan jaringan 2G atau 3G.
- d) SGW (*Serving SAE Gateway*)
SGW mempunyai fungsi untuk *packet routing* dengan menentukan jalur dan meneruskan data yang berupa *packet* dari masing – masing *user*, sebagai penghubung antara UE dan eNode B ketika terjadi *inter handover*, dan sebagai *link* penghubung antara jaringan LTE dengan jaringan 2G dan 3G.
- e) PGW (*Packet Data Network Gateway*)
PGW mempunyai fungsi untuk mengalokasikan *IP Address* untuk *user* dan manajemen QoS. PGW merupakan pusat *link* yang menghubungkan antara teknologi LTE dengan teknologi non-3GPP (WiMAX), dan 3GPP2 (CDMA 2000 1x, CDMA EV-DO,dll).

- f) PCRF (*Policy Charging and Rules Function*)
PCRF mempunyai fungsi untuk mengontrol *rating* dan *charging* pada perhitungan *billing user*, dan membuat keputusan dalam mengontrol QoS ketika terjadi hubungan.

2.2.4 Teknologi Penunjang LTE

Teknologi penunjang LTE adalah sebagai berikut :

- a) EARFCN (*E-UTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number*)
EARFCN (*E-UTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number*) digunakan untuk memudahkan engineer dalam penyebutan kanal frekuensi yang ditunjuk. Definisi dari EARFCN memiliki penomoran 0 sampai 65535 dimana nomor tersebut merupakan nomor yang mempresentasikan kanal tersebut.
- b) OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)
OFDM merupakan teknik *multiplexing* dan teknik modulasi yang menggunakan suatu *bandwidth* tertentu akan dibagi menjadi beberapa *sub-channel* yang dalam pengaturannya akan saling *overlapping* sehingga menyebabkan antar *carrier* memiliki korelasi saling *orthogonal* (tegak lurus), sehingga antar *channel* menjadi tidak terganggu dengan *channel* yang lainnya. Lebar sub-channel/sub-carrier pada OFDM adalah 15 KHz.
- c) OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*)
Konsep dari OFDMA adalah mengalokasikan *Resource Block* ke *User* yang berdasarkan pada banyaknya permintaan *bit rate*. Semakin banyak permintaan *bit rate* maka akan semakin banyak pula *resource code* yang dialokasikan.
- d) SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*)
SC-FDMA merupakan teknik *multiple access* yang mendukung *uplink high data rate* dimana *tipe-domain* data simbol yang ditransformasikan ke dalam domain frekuensi dengan formula DFT (*Discrete Fourier Transform*) sebelum diteruskan ke Standar Modulasi OFDM. LTE didasarkan pada OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) dengan (CP)

Cycle Prefix pada *downlink* dan SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) dengan (CP) *Cycle Prefix* pada *uplink*.

e) **LTE-AIR INTERFACE**

Air interface artinya menghubungkan antara UE dengan E-Node B. *Physical layer* ini berdasarkan pada arah *downlink* untuk teknologi OFDMA dan arah *uplink* untuk teknologi SC-FDMA. Terdapat *radio frame* pada LTE yaitu waktu terpanjang pada sistem *frame* LTE besarnya 10 ms atau 20 slot.

f) **HARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*)**

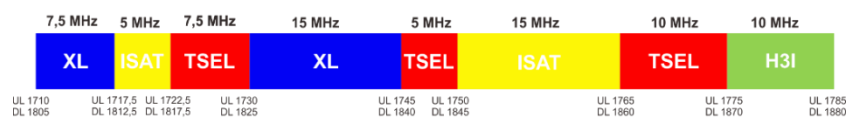
Pada LTE menggunakan teknik HARQ untuk mengatasi masalah *error* pada penerimaan paket pada UE atau eNode B. HARQ merupakan teknik penggabungan antara FEC dan ARQ. FEC (*Forward Error Correction*) berfungsi untuk memperbaiki kesalahan dan ARQ (*Automatic Repeat Request*) berfungsi untuk mendeteksi kesalahan sehingga meminta sistem untuk melakukan *retransmission*. Fungsi dari HARQ adalah melakukan penggabungan tersebut untuk melakukan deteksi, *retransmission* dan *error correction*.

g) **Link Adaption / AMC (*Adaptive Modulation and Coding*)**

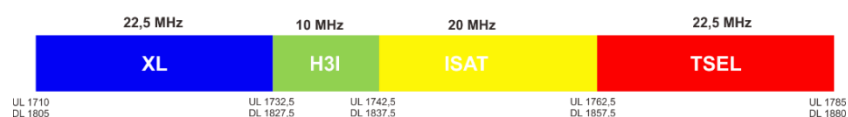
Link Adaption atau modulasi adaptif LTE adalah teknik modulasi dan *coding rate* yang direpresentasikan oleh MCS (*Modulation Coding Scheme*) terhadap perubahan kondisi kanal dan kapabilitas UE untuk meningkatkan *throughput* dengan tetap menjaga *drop rate* rendah. *Link Adaption* bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan dengan menggaransi performa jaringan seperti *data rate/throughput*, *packet error rate*, dan *latency*[3].

2.2.5 Alokasi Frekuensi 4G LTE Di Indonesia

Existing :



Hasil Penataan :



Gambar 2.3 Alokasi Frekuensi 1800 MHz di Indonesia[9]

Pemerintah Indonesia telah menetapkan komposisi frekuensi 1800 MHz di Indonesia melalui surat edaran nomor 1 tahun 2015 yang berisi kebijakan penataan frekuensi 1800 MHz. Perintah Kominfo untuk penyedia layanan telekomunikasi adalah penggunaan frekuensi 1800 MHz dapat di implementasikan berdasarkan penataan frekuensi yang telah ditetapkan. Penataan *cluster* pada jaringan LTE diterapkan agar *bandwidth* untuk setiap operator di Indonesia dapat tertata dengan baik[9].

2.2.6 Antena Sektoral

Definisi dari antena adalah suatu struktur yang berfungsi sebagai pelepas energi gelombang elektromagnetik dan sebagai penerima energi gelombang elektromagnetik. Antena adalah alat yang digunakan untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik kemudian meradiasikanya. Terdapat banyak jenis antena yang masing – masing memiliki karakteristik yang berbeda, salah satunya yaitu antena sektoral yaitu antena yang dapat memancarkan dan menerima sinyal sesuai dengan sudut sektor yang sudah ditentukan[10]. Antena sektoral menggunakan polarisasi vertikal tetapi pada kenyataannya ada juga yang menggunakan polarisasi horizontal. Penguatan antena sektoral sekitar 10 – 19 dBi lebih besar jika dibandingkan dengan antena *omnidirectional*. Jarak pancar antena sektoral bisa mencapai 6 – 8 km. Pola radiasi antena sektoral mencapai 45° – 180° karena tingginya penguatan yang dihasilkan.. Antena sektoral dipasang pada tower BTS sesuai dengan tinggi sesuai dengan perencanaan sehingga harus di *tilting* agar dapat memberikan layanan ke daerah antena sektoral tersebut.



Gambar 2.4 Antena Sektoral

Antena sektoral dirancang untuk digunakan pada *Base Transceiver Station* (BTS) yang mempunyai *polarisasi* vertikal. Berbeda dengan antena *omnidirectional* yang dapat memberikan layanan dalam jangkauan 360. Keuntungan yang didapatkan dengan membatasi area layanan tersebut adalah antena sektoral mendapatkan *gain* yang lebih besar[11].

2.2.6.1 Tilting Antena

Besar sudut kemiringan antena dalam satuan derajat disebut *tilting* antena. Proses mengubah sudut antena dinamakan *tilting* antena. Tujuan dari *tilting* antena adalah untuk menjangkau target area yang dalam jangkauan antena sektoral. Ada dua bagian *tilting* sebagai berikut.

- a) *Mechanical tilt* adalah mengubah sudut *azimuth* dan tingkat kemiringan berdasarkan fisik antena tersebut. Dengan perubahan *mechanical tilt* maka dapat menyebabkan perubahan *coverage* area dari antena tersebut.
- b) *Electrical tilt* adalah mengubah daya pancar antena melalui parameter kelistrikan yang terdapat pada antena. Dengan perubahan *electrical tilt* maka dapat menyebabkan perubahan ukuran *main lobe* yang dipancarkan oleh antena[12].

2.2.7 Perhitungan Coverage

Perhitungan *coverage* digunakan untuk mengkalkulasi cakupan eNodeB dengan memperhatikan kualitas sinyal yang diterima oleh UE. *Link budget* digunakan untuk mengetahui nilai *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL) pada arah *downlink* dan *uplink* antara *transmitter* dan *receiver*. Radius sel digunakan untuk memperkirakan jarak jangkauan sel sesuai dengan model propagasi yang digunakan[13].

2.2.7.1 Link Budget[14]

Perhitungan *link budget* pada optimasi LTE digunakan untuk mempertimbangkan beberapa faktor seperti *feeder loss*, radius sel dan antena *gain* dari sisi radio dan memperkitakan MAPL besarnya alokasi daya dari *transmitter* ke

receiver. Adapun persamaan untuk menghitung *link budget* arah *downlink* adalah sebagai berikut[14] :

$$EIRP_{DL} = P_{UE} - G_{eNB} - L_b \quad (2.1)$$

$$S_{RMINDDL} = RX_{Sen} - G_{UE} - L_c + IM \quad (2.2)$$

$$RX_{SEN} = SINR + R_{XNF} - N_{TH} + 10 \log(15000) \quad (2.3)$$

$$MAPL_{DL} = EIRP_{DL} - S_{RMINDL} - L_{indoor} + M_{SF} \quad (2.4)$$

Dimana :

P_{eNb} = Transmitter power dari eNodeB (dBm)

P_{UE} = Transmitter power dari UE (dBm)

G_{UE} = Penguat antena UE (dBi)

G_{eNb} = Penguat antena eNodeB (dBi)

L_c = Feeder cable loss (dB)

L_b = Body loss (dB)

$EIRP_{DL}$ = Effective Isotropic Radiated Power Downlink (dB)

$SINR$ = Signal to Interference Ratio (dB)

R_{XNF} = Receiver noise figure (dB)

RX_{SEN} = Receiver sensitifity (dBm)

N_{TH} = Thermal Noise (dB)

S_{RMINDL} = Minimum signal reception downlink (dB)

IM = Interference margin (dB)

L_{indoor} = Indoor penetration loss (dB)

M_{SF} = Shadow fading margin (dB)

$MAPL_{DL}$ = Maximum Allowable Path Loss Downlink (dBm)

2.2.7.2 Model Propagasi COST-231 Hata[15]

Pada jaringan seluler propagasi sangat penting karena sinyal yang ditransmisikan melalui udara. Oleh karena itu kualitas sinyal ke penerima dapat mengalami pengaruh dari *noise*, interferensi, kontur bumi, jarak dan sebagainya. *Pathloss* merupakan rugi - rugi daya sinyal yang ditransmisikan dari pemancar ke penerima. Model COST-231 Hata merupakan pengembangan dari model *Okumura Hata* yaitu dengan meningkatkan perluasan frekuensi yang lebih tinggi. Ada

beberapa model propagasi yang digunakan pada jaringan seluler seperti Okumura Hata, COST-231 dan *Standard Propagation Model* (SPM). Adapun parameter pada model propagasi COST-231 Hata adalah sebagai berikut[15].

Frekuensi (f) pada *range* 1500 MHz – 2000 MHz

Tinggi *base station* (hte) pada *range* 30m – 200m

Tinggi *mobile station* (hre) pada *range* 1m – 10m

Jarak (d) pada *range* 1 km – 20 km

Persamaan model propagasi COST-231 Hata adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_{urban} &= (46,3 + 33,9 \log(fc) - 13,82 \log(hte) - a(hre)) + \\ &= (44,9 - 6,55 \log(hte)) \log d + CM \end{aligned} \quad (2.5)$$

CM = 0 dB (untuk daerah *small* dan *medium city*)

CM = 3 dB (untuk daerah *large city*)

Untuk mencaai nilai a(hre) dapat menggunakan persamaan seperti berikut ini :

$$a(hre) = (1,1 \log fc - 0,7) hre - (1,56 \log fc - 0,8) \quad (2.6)$$

Dimana :

f = Frekuensi

hte = Tinggi efektif antena pengirim

hre = Tinggi efektif antena penerima

d = Jarak hte ke hre

a(hre) = Faktor koreksi untuk tinggi antena penerima yang tergantung ukuran *coverage area*.

2.2.7.3 Perhitungan Luas Cell dan Jumlah eNodeB[5]

Perhitungan luas *cell* diperoleh setelah mendapatkan hasil radius *cell*. Persamaan luas *cell* adalah sebagai berikut.

$$L_{cell} = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \text{ untuk tiga sektor} \quad (2.7)$$

Perhitungan jumlah *cell* digunakan untuk mengetahui banyaknya eNodeB yang dapat mengcover suatu wilayah. Persamaanya adalah sebagai berikut[5].

$$\text{Jumlah eNodeB} = \frac{\text{Luas Wilayah Cakupan}}{\text{Luas Cakupan Cell}} \quad (2.8)$$

2.2.8 Key Performance Indicator

2.2.8.1 Reference Signal Received Power (RSRP)

Parameter *Reference Signal Received Power* (RSRP) pada LTE digunakan untuk mengetahui nilai *power* yang diterima pada sisi *eNodeB* ke UE (*User Equipment*). Semakin menjauh UE dengan *coverage* dari *eNodeB* maka kualitas sinyal yang diterima semakin buruk sedangkan semakin dekat UE dengan *coverage* *eNodeB* maka kualitas sinyal yang diterima semakin baik. Selain itu ada beberapa faktor yang mempengaruhi perolehan daya sinyal yang rendah yaitu arah antena, daya pancar, lokasi *site*, tinggi antena, *missing neighbor*, kesalahan pada perangkat keras, dan *cell* tidak berfungsi. Adapun Standar nilai RSRP dapat dilihat berdasarkan Tabel 2.2 berikut ini[16].

Tabel 2.2 Standar Nilai RSRP[16]

Kategori	Range Nilai RSRP (dBm)
Sangat Baik	$-80 \leq x$
Baik	$-95 \leq x < -80$
Normal	$-110 \leq x < -95$
Buruk	$x < -110$

2.2.8.2 Carrier to Interference Noise Ratio (CINR)

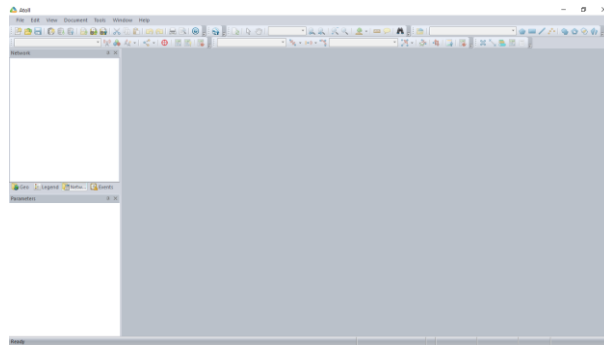
Parameter *Carrier to Interference Noise Ratio* (CINR) digunakan untuk mengetahui kualitas sinyal yang diterima oleh UE dan sebagai indikator untuk menganalisis *quality*. CINR merupakan perbandingan antara sinyal informasi dengan interferensi atau *noise* yang menyertainya. Nilai CINR dipengaruhi oleh sinyal, *noise* dan interferensi yang diterima oleh UE[16].

Tabel 2.3 Standar Nilai CINR[16]

Kategori	Range Nilai CINR (dB)
Sangat Baik	$20 \leq x$
Baik	$13 \leq x < 20$
Normal	$0 \leq x < 13$
Buruk	$x < 0$

2.2.9 Atoll[17]

Atoll merupakan *software* yang digunakan untuk desain dan optimasi jaringan nirkabel multi-teknologi 64 *bit*. Fitur integrasi dan otomatisasi Atoll membantu operator mudah dalam proses perencanaan dan pengoptimalan jaringan. Atoll menggunakan antarmuka *Window* standar dengan kemampuan memiliki beberapa jendela dokumen yang terbuka pada waktu yang sama, mendukung untuk melakukan *drag and drop*, menu konteks dan dukungan untuk standar *Windows* pintas misalnya untuk *cut* dan *paste*. Jendela *Explorer* berisi bagian dari objek dalam dokumen diatur dalam *folder*. Isi dari *folder* dalam jendela *Explorer* ditampilkan dalam bentuk tabel untuk mengelola sejumlah data. Peta digunakan untuk menampilkan wilayah kerja dari dokumen.



Gambar 2.5 Tampilan Awal Atoll

Tiga *Menu* utama pada *software* Atoll yaitu :

a) *Toolbar Menu*

Toolbar Menu terdiri dari beberapa tools yaitu *map*, *template transmitter*, *template site* dan beberapa *tools* lainnya yang digunakan dalam perencanaan selama proses simulasi.

b) *Explorer Menu*

Pada *Explorer Menu* terdiri dari tiga bagian yaitu *data tab*, *geo tab* dan *modules tab* yang digunakan untuk konfigurasi parameter dalam perencanaan selama proses simulasi :

c) *Data Tab*

Data Tab digunakan untuk mengolah data selama proses simulasi perencanaan misalnya parameter *transmitter*, *sites*, *subscriber profile* dan beberapa parameter lainnya yang berguna untuk mendukung proses simulasi

- d) *Geo Tab*
Geo Tab digunakan untuk mengolah data geografis selama proses simulasi yang berisi kondisi wilayah perencanaan.
- e) *Modules Tab*
Modules Tab digunakan untuk mengolah data model propagasi yang digunakan selama proses simulasi.
- f) *Map Menu*
Pada bagian *Map Menu* digunakan sebagai area kerja yang terdapat tampilan *map* wilayah dan posisi *transmitter* hasil perencanaan proses simulasi[17].

2.2.9.1 Automatic Cell Planning (ACP)

Automatic Cell Planning (ACP) dapat mengoptimalkan jaringan dari beberapa parameter untuk meningkatkan *coverage* area dan kualitas sinyal. ACP bertujuan untuk mengevaluasi kualitas dan implementasi jaringan yang telah ditetapkan pengguna dengan cara mengkonfigurasi ulang. ACP mendukung untuk diimplementasikan pada jaringan GSM, UMTS, CDMA2000, LTE, WiMax dan Wi-Fi. ACP dapat digunakan untuk jaringan *existing* atau awal perencanaan jaringan yang sangat efisien untuk memfokuskan tuning parameter secara remote.. Pada ACP akan mengkalkulasi parameter untuk mengoptimalkan jaringan dengan cara sebagai berikut :

- a) Memilih tipe antena dari masing – masing *transmitter* dari tipe antena yang sudah dipasang di *transmitter*.
- b) Merubah *azimuth* antena berdasarkan jarak yang di definisikan.
- c) Merubah *mechanical tilt* antena berdasarkan jarak yang di definisikan.
- d) Merubah ketinggian antena secara optimal berdasarkan jarak yang di definisikan.
- e) Memilih *site – site* dengan cara menambah atau menghapus *site* berdasarkan kandidat *site* untuk meningkatkan jaringan.

Sasaran kualitas perhitungan ACP menggunakan resolusi yang ditentukan pengguna dalam batas – batas zona komputasi. Setiap tujuan ACP diukur berdasarkan zona target yang telah ditentukan. Zona target berupa zona komputasi,

zona fokus, dan zona yang telah didefinisikan sebagai sekelompok kelas yang berbeda. Atoll ACP melakukan optimasi untuk mengoptimalkan semua tujuan kualitas jaringan. Tujuan ini digunakan sebagai dasar untuk algoritma pencarian, algoritma *sorting* dan algoritma *tuning*. Algoritma pencarian mencoba untuk menemukan kombinasi parameter terbaik untuk mencapai tujuan kualitas jaringan. Algoritma *sorting* menyediakan rencana implementasi dimana perubahan yang paling berguna dilakukan terlebih dahulu dan paling tidak berguna dilakukan terakhir.

Prediksi kualitas jaringan pada ACP sama dengan prediksi *coverage* yang ada pada simulasi Atoll. Prediksi kualitas jaringan pada ACP dapat dikonfigurasi pada saat menentukan parameter *objective* sesuai dengan target yang ditentukan. Tabel persamaan prediksi ACP dengan prediksi *coverage* pada Atoll adalah sebagai berikut[5].

Tabel 2.4 Persamaan Prediksi ACP Dengan Atoll[5]

Analisa Prediksi ACP	Prediksi di Atoll
<i>Signal Level</i>	<i>Coverage by Signal Level (DL), "Best Signal Level (dBm)"</i>
<i>RS C</i>	<i>Effective Signal Analysis (DL), "RS Signal Level (DL) (dBm)"</i>
<i>RS C/N</i>	<i>Effective Signal Analysis (DL), "RS C/N Level (DL) (dB)"</i>
<i>RSRP</i>	<i>Effective Signal Analysis (DL), "RSRP Level (DL) (dBm)"</i>
<i>RS CINR</i>	<i>Coverage by C/(I+N) Level (DL), "RS C/(I+N) Level (DL) (dB)"</i>
<i>RSRQ</i>	<i>Coverage by C/(I+N) Level (DL), "RSRQ Level (DL) (dB)"</i>
<i>RSSI</i>	<i>Coverage by C/(I+N) Level (DL), "RSSI Level (DL) (dBm)"</i>

Karena RS CINR, RSRQ dan RSSI sangat bergantung pada rencana frekuensi, maka dua metode disediakan oleh ACP saat ini seperti:

- a) Menggunakan rencana frekuensi yang diperhitungkan saat menghitung RS CINR, RSRQ dan RSSI. Rencana frekuensi tidak dihitung ulang secara dinamis saat mengubah parameter jaringan. Dalam beberapa kasus menyebabkan konfigurasi ulang. Dalam hal ini dianjurkan untuk melakukan perintah ACP > AFP *Cycles*.

- b) Mengabaikan rencana frekuensi saat ini, semua sel jaringan diasumsikan berada pada saluran yang sama.

Prediksi cakupan ACP berusaha semaksimal mungkin untuk mencocokkan prediksi cakupan Atoll. Secara umum prediksi ACP dengan prediksi Atoll akan cocok kecuali dalam kasus yang sulit diidentifikasi. Ketika ada perbedaan pada skala level piksel dapat diabaikan. Pada skala dari keseluruhan peta, masih dalam keadaan cocok dengan baik. Oleh karena itu ketidakcocokan antara prediksi ACP dengan prediksi Atoll dapat muncul sesuai parameter berikut :

- a) *Resolution*

Kecocokan terbaik antara prediksi cakupan ACP dengan prediksi cakupan Atoll diperoleh ketika resolusi ACP cocok dengan resolusi path loss. Ketika resolusi optimasi berbeda dari resolusi *pathloss*, ACP melakukan interpolasi bilinear dengan menggunakan empat nilai kehilangan jalur terdekat. Kecocokan yang paling cocok antara prediksi cakupan ACP dengan prediksi cakupan Atoll ketika diperoleh resolusi ACP, resolusi path loss, resolusi prediksi Atoll yang sama.

- b) *Setup Preferences > Calculation setting*

Dalam mode "*High Speed*", ACP akan mengurangi jumlah sel yang dipantau, beberapa diantaranya hanya akan dibuat sedikit perubahan dan kemudian membuat perubahan lebih signifikan setelah parameter antena diubah selama optimasi.

Atoll ACP perlu menilai seberapa baik jaringan yang akan dikonfigurasi ulang akan memenuhi sasaran kualitas. Konfigurasi ulang seperti mengubah model antena, *tilting* antena, atau *azimuth* antena. Proses ini sangat bergantung pada jenis model propagasi yang digunakan awal untuk menghasilkan matriks *path loss*. Metode yang dioptimalkan digunakan untuk metode propagasi yang asli ke Atoll seperti *Standard Propagation Model* (SPM), *Cost Hata*, *Cross Wave* dan sebagainya.

Pengaturan parameter konfigurasi untuk setiap perubahan dapat ditentukan, misalnya :

- a) Variasi maksimum untuk *azimuth*

- b) *Range* maksimum dan minimum untuk *electrical tilt*, *mechanical tilt* dan ketinggian antenna.

Ketika perubahan ketinggian antenna atau *azimuth* dibuat untuk satu pemancar, perubahan yang sama dilakukan untuk semua pemancar. Untuk *azimuth* mengacu pada rotasi dan untuk ketinggian antenna semua antenna akan dipindahkan ke ketinggian yang sama. Secara *default*, penguncian *azimuth* dinonaktifkan, sementara penguncian ketinggian diaktifkan secara *default* untuk semua pemancar yang ditempatkan bersama pada peta.

- a) Pengaturan antenna

Optimasi *electrical tilt* dan model antenna memerlukan model antenna yang benar. Satu elemen antenna memiliki pita frekuensi yang sama dengan *tilt* yang berbeda. Pemodelan antenna biasanya dilakukan sekali. Atoll memungkinkan untuk melakukan dengan cara menggunakan *physical antenna* yang dengan menetapkan nama yang sama di bidang fisik antenna terlepas dari frekuensi yang digunakan, menggunakan definisi elemen antenna fisik secara manual dan mendefinisikan fisik antenna berdasarkan frekuensi yang berbeda dari beberapa teknologi seperti GSM, UMTS dan LTE.

- b) *Additional Electrical Tilt (AEDT)*

Atoll ACP mendukung pemrosesan *electrical downtilt*. AEDT digunakan ketika pola antenna tidak tersedia untuk perubahan *electrical tilt*. Pola ini diturunkan oleh Atoll ACP menggunakan geometri *down tilt* dari pola antenna asli.

- c) *Relative Electrical Tilt Values*

Secara *default*, ACP memungkinkan konfigurasi ulang *electrical tilt* berdasarkan nilai absolut. Konfigurasi *electrical tilt* dapat diterapkan berdasarkan batasan perubahan *electrical tilt* yang akan diterapkan. Batasan ini memungkinkan pengguna untuk menentukan kisaran perubahan kemiringan listrik dalam jumlah derajat yang telah ditentukan di atas atau di bawah *electrical tilt* saat ini.

Selama optimasi antenna, ACP harus menghitung bagaimana redaman terhadap *pathloss* berubah ketika antenna dimodifikasi yaitu ketika *physical antenna*

dimodifikasi pola antenna kemudian mengatur ulang dengan pola antenna baru. Bagaimana ACP menghitung pelemahan tergantung propagasi yang digunakan oleh Atoll untuk menghasilkan *pathloss*. ACP mendukung propagasi model yang biasa digunakan di Atoll. Adapun data *raster* yang dibutuhkan oleh ACP tergantung pada model propagasi yang digunakan Atoll untuk menghasilkan *path loss*.

Tabel 2.5 Raster data model propagasi[17]

Model Propagasi	Raster Data
Semua model propagasi berbasis Atoll Hatta (<i>Cost-Hatta</i> , <i>Okumura-Hatta</i> , ITU, dan sebagainya)	DEM file
Atoll Standard Propagation Model	DEM file <i>Clutter Height file (optional)</i> <i>Clutter file (optional)</i>
Semua model lainnya	DEM file

Karena informasi *path loss* tidak disimpan dalam pengaturan optimasi ACP tetapi dalam dokumen Atoll yang diakses oleh ACP, perubahan pada dokumen Atoll dapat menyebabkan tidak sinkron data antara hasil optimasi dan kondisi aktual jaringan awal. Oleh karena itu ACP mengangani masalah tersebut dengan mengunci hasil optimasi. Optimasi tidak dapat dijalankan kembali pada hasil yang dikunci jika terjadi kehilangan data. Hasil akan dibuka secara otomatis jika keadaan dokumen di Atoll kembali sinkron dengan optimasi ACP.

2.2.9.2 Automatic Frequency Planning (AFP)[17]

Pada *software* Atoll selain metode optimasi ACP terdapat metode optimasi yang lain yaitu *Automatic Frequency Planning* (AFP). AFP digunakan untuk mengalokasikan dan merencanakan parameter sel seperti frekuensi dan kode untuk meminimalkan gangguan. AFP secara otomatis menetapkan frekuensi ke sel sesuai dengan parameter yang ditetapkan. Misalnya, AFP akan mengkalkulasi matriks interferensi, radius sel dan kendala apapun mempengaruhi sel tetangga. Sehingga gangguan dalam jaringan dapat dikurangi sebanyak mungkin. Kendala utama menggunakan metode AFP yaitu penggunaan sumber daya frekuensi yang dialokasikan atau jumlah frekuensi dimana AFP dapat bekerja[17].