

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [3] melakukan proses optimasi untuk memaksimalkan *coverage* area dan meningkatkan kualitas jaringan 4G (LTE). Optimasi dilakukan dengan cara mengubah *azimuth* dan *tilting* antena sektoral. Optimasi tersebut berdasarkan perolehan *site existing* yang disimulasikan dengan menggunakan *software* Atoll. Optimasi *physical tuning* antena sektoral ini menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP). Berdasarkan simulasi diperoleh nilai RSRP berada di atas -100 dBm dan nilai CINR berada diatas 0 dB.

Penelitian [4] melakukan peningkatan kualitas jaringan LTE yang dilakukan dengan optimasi multisektor dengan menggunakan *antenna physical tuning* pada parameter yang digunakan yakni *Reference Signal Received Power* (RSRP) dan *Signal to Interference Noise* (SINR). Pada penelitian ini dilakukan optimasi *after* multisektor dengan *physical tuning*. Perolehan presentase *site existing* didapatkan nilai RSRP diatas -100dBm dimana belum memenuhi target KPI sebesar 80% dan nilai SINR diatas 0 dbM yang artinya sudah memenuhi standar KPI sebesar 80% [4].

Penelitian [5] melakukan peningkatan dan mengoptimasi *coverage* jaringan LTE untuk operator XI-Axiata di area kampus Unjani dengan metode *antenna physical tuning*. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini adalah RSRP. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh hasil nilai RSRP kurang dari -100 dBm meningkat dari 56.69% menjadi 81.46% yang artinya sudah sesuai standar KPI.

Penelitian [2] melakukan *drive test* layanan data telkomsel menggunakan *triple mode* dengan metode *benchmarking* yang digunakan untuk memonitoring jaringan 3G dan 4G. Dengan menggunakan metode *benchmarking* atau perbandingan antar provider dan memperoleh hasil logfile yang akan dianalisa oleh tim *reporting* sehingga bisa memperoleh hasil kecepatan dan kualitas sinyal pada jalur mudik tersebut.

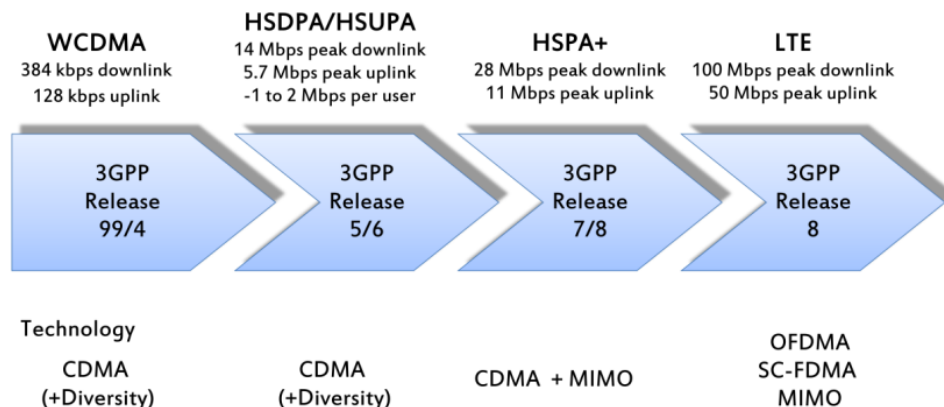
Penelitian [6] melakukan optimasi *coverage* jaringan 4G LTE di daerah rural dengan metode *antena physical tuning*. Hasil setelah optimasi dari parameter RSRP mengalami peningkatan sebesar 14,75%, RSRQ mengalami peningkatan sebesar 20,55% dan SINR mengalami peningkatan sebesar 4,81% serta jarak jangkauan *site* juga mengalami peningkatan sejauh 1 km.

## 2. 2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Long Term Evolution (LTE)

*Long Term Evolution* (LTE) adalah generasi teknologi telekomunikasi selular 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* sebesar 100 Mbps lalu pada *uplink* dapat mencapai 75 Mbps [7]. Proses *transfer* data yang cepat pada teknologi LTE menjadi keunggulan jika dibandingkan teknologi sebelumnya, *coverage* dan kapasitas layanan yang besar, mendukung penggunaan *multiple*-antena, biaya operasional lebih murah, penggunaan bandwidth lebih fleksibel [8].

LTE merupakan sebuah akses radio yang mempunyai kecepatan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak. LTE ini dibangun berdasarkan standar *Third Generation Partnership Project* (3GPP) yang mencakup *Global System for Mobile* (GSM), *General Packet Radio Service* (GPRS), dan *Enhanced data Rates for GSM Evolution* (EDGE) yang sebaik *Wide Band Code Division Multiple Access* (WCDMA) dan sekarang *High Speed Packed Access* (HSDPA). Terdapat perubahan dari teknologi sebelumnya baik dari arsitektur maupun aplikasinya [7].



Gambar 2.1 Evolusi 3GPP [7].

Tabel 2.1 Karakteristik Teknologi Seluler [7].

	WCDMA (UMTS)	HSPA	HSPA+	LTE
<i>Downlink Max Speed (bps)</i>	384k	14M	28M	100M
<i>Uplink Max Speed (bps)</i>	128k	5.7M	11M	5M
<i>Latency- RTT</i>	150ms	100ms	50ms (max)	~10ms
3GPP	Rel 99/4	Rel 5/6	Rel 7	Rel 8
<i>Access Methodology</i>	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/SC- FDMA
<i>Channel Bandwidth</i>	5 MHz	5 MHz	5 MHz	1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 Mhz, 15 MHz, and 20 MHz

Tujuan dari desan LTE untuk meningkatkan efisiensi spektrum pada jaringan yang memungkinkan operator untuk menyediakan lebih banyak data pada *bandwidth* [7].

#### **A. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)**

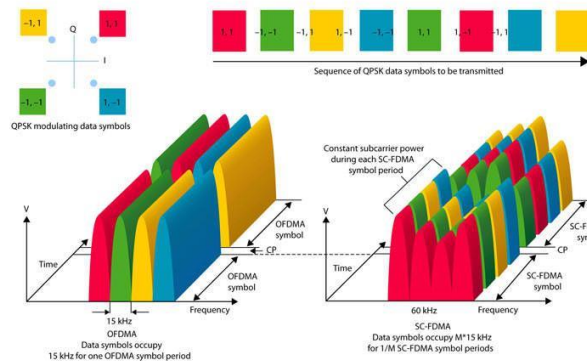
OFDM adalah suatu teknik transmisi data yang melewati sejumlah data kedalam beberapa *subcarrier* sempit yang saling *orthogonal*. OFDM dapat pula disebut sebagai metode modulasi *multicarrier* atau kombinasi dari modulasi dan *multiplexing*. OFDM sebelumnya telah digunakan oleh beberapa teknologi lainnya seperti wifi (IEEE 802.11 a, g, n) dan WiMAX (IEEE 802.16). OFDM ini membagi *user* dengan penjadwalan sedemikian rupa dan selalu ke dalam *domain* waktu secara utuh [7].

Kehadiran teknologi OFDM memberikan jawaban terhadap beberapa permasalahan transmisi pada teknologi sebelumnya. OFDM dirasa mampu

untuk mengatasi masalah *multipath fading* yang sering terjadi dalam komunikasi *Radio Frequency* (RF) [7].

### B. Single Carrier- Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)

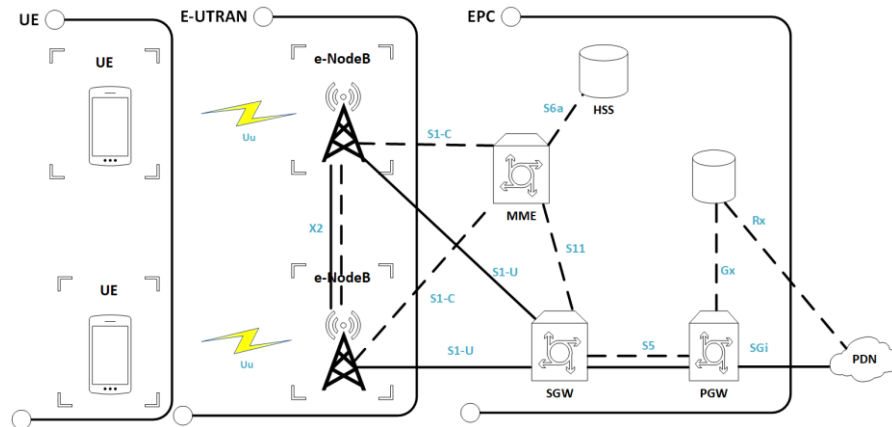
SC-FDMA adalah suatu teknik yang memiliki kinerja serta kompleksitas yang sama sebagaimana pada OFDM. SC-FDMA merupakan teknik *multiple access* yang menggunakan modulasi *single-carrier* pada *transmitter* dan *frequency domain equalization* (FDE) pada *receiver*. Teknologi ini merupakan modifikasi dari OFDMA yang ditambahkan DFT. Pada prinsipnya SC-FDMA memiliki kesamaan dengan OFDM. Bila pada OFDM simbol ditransmisikan dengan durasi yang lama dan berpita sempit, maka pada SC-FDMA simbol ditransmisikan dengan durasi yang cepat (*bitrate* tinggi) dan berpita lebar. Namun penggunaan SC-FDMA pada sisi *uplink* belum optimal, salah satu faktornya adalah tingginya nilai *peak average power ratio* (PAPR)[7].



Gambar 2.2 Spektrum OFDMA dan SC-FDMA[7].

### 2.2.2 Arsitektur Jaringan 4G LTE

Arsitektur LTE dikenal dengan istilah *System Architecture Evolution* (SAE) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi seluler sebelumnya. LTE mengadopsi teknologi *Evolved Packet System* (EPS). Terdapat tiga komponen didalamnya yaitu *User Equipment* (UE), *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), dan *Evolved Packet Core* (EPC) [9].



Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan LTE [9].

a. *User Equipment (UE)*

UE merupakan perangkat yang digunakan oleh pengguna untuk mengakses layanan pada teknologi LTE. UE pada LTE identik dengan teknologi yang digunakan pada UMTS [10].

b. *Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*

E-UTRAN merupakan komponen yang digunakan pembentuk arsitektur teknologi LTE. Komponen ini berfungsi untuk menangani akses dari UE ke EPC. E-UTRAN terdiri dari satu komponen yaitu *eNodeB* atau BTS istilah untuk teknologi LTE yang menggabungkan fungsi *eNodeB* dan RNC [10].

c. *Evolved packet Core (EPC)*

EPC merupakan komponen yang digunakan untuk membentuk arsitektur LTE yang berfungsi sebagai pusat *switching* dan manajemen jaringan yang berbasis IP (*Internet Protocol*). Pada EPC ini terdapat beberapa komponen yaitu [10]:

1) *Mobile Management Entity (MME)*

MME adalah perangkat yang berfungsi untuk mengatur setiap bagian dari sistem LTE atau merupakan elemen kontrol utama pada EPC. Saat UE tidak aktif MME berfungsi untuk melacak keberadaan pengguna sedangkan saat UE aktif MME berfungsi untuk memilih S-GW yang tepat untuk pengguna [10].

2) *Home Subscribe Server (HSS)*

HSS adalah *database* yang berfungsi untuk menyimpan dan mengolah data pengguna serta membantu MME dalam manajemen pengguna. 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* [10].

3) *Serving-Gateway (S-GW)*

S-GW adalah perangkat yang berfungsi untuk menentukan jalur paket data lalu meneruskan paket data ke P-GW, dan menghubungkan LTE dengan jaringan 2G dan 3G atau sebagai jembatan antara manajemen dan *switching user plan*. S-GW merupakan sebagai pusat operasional dan maintenance. Fungsi S-GW sangat sedikit di bagian pengontrolan. Hanya bertanggung jawab pada sumbernya sendiri [10].

4) *Packet-Gateway (P-GW)*

P-GW adalah perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan LTE ke jaringan *packet switch* diluar 3GPP, seperti WLAN, WiMAX, CDMA, Dll. P-GW adalah *router* antara EPS dan *external packet data network*. P-GW memiliki level data tertinggi pada sistem, dan biasanya bertindak sebagai pelengkap *IP point* pada UE. Performasinya memperoleh trafik dan fungsi *filtering* yang dibutuhkan untuk menanyakan layanan [10].

5) *Policy Control Rules Function (PCRF)*

PCRF adalah perangkat yang berfungsi untuk mengontrol pembiayaan untuk UE dan mengontrol QoS saat komunikasi berlangsung. PCRF merupakan bagian dari *arsitektur jaringan* yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya. [10].

### **2.2.3 Drive Test**

*Drive test* adalah pengumpulan data untuk mengukur kualitas sinyal jaringan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas jaringan dan mengembangkan kapasitas jaringan. *Drive test* dapat dilakukan dengan cara

mengendarai sebuah kendaraan dengan kecepatan rendah yang didalamnya telah dipasang perlengkapan untuk *drive test*, atau dapat dilakukan secara manual atau *walk test* yang biasanya dilakukan didalam sebuah bangunan atau area dekat BTS. Untuk melakukan *drive test* baik dengan mobil ataupun secara manual beberapa perlengkapan, yaitu [2]:

1. *Mobile station* (MS) yang didalamnya telah terintegrasi program untuk *drive test*.
2. Komputer atau *notebook* yang didalamnya terdapat program khusus untuk *drive test*.
3. *Global Positioning System* (GPS) untuk mengetahui koordinat suatu lokasi.

Fungsi dari *drive test* adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kondisi radio suatu *Base Transceiver Station* (BTS)
2. Informasi level daya terima, kualitas sinyal terima, mengetahui jarak antara BTS dan MS, interferensi, serta melihat proses serta kualitas handover.

Dengan adanya hasil pengukuran maka bisa diputuskan apakah keadaan radio suatu BTS masih layak atau perlu dilakukan suatu perbaikan [2].

#### 2.2.4 Parameter Pengukuran

Pada penelitian optimasi antena physical tuning dengan metode ACP menggunakan parameter pengukuran *Received Signal Reference Power* (RSRP) dan *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR).

- a) *Received Signal Reference Power* (RSRP) merupakan parameter yang menyatakan tingkat kekuatan sinyal yang diterima oleh user dalam satuan dBm. Semakin jauh maka semakin lemah sinyal yang diterima [3].

Tabel 2.2 Standar Nilai RSRP [3].

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

- b) *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR) merupakan parameter yang menyatakan tingkat kualitas sinyal yang diterima oleh pengguna dalam satuan dB. Parameter ini merupakan perbandingan kekuatan sinyal yang diterima dengan *noise*/interferensi [3].

Tabel 2.3 Standar Nilai SINR [3].

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

### 2.2.5 Antena Sektoral

Antena sektoral disebut juga *antenna patch*, pada dasarnya tidak jauh berbeda dengan *antenna omnidirectional*. Biasanya digunakan untuk *access point* bagi sambungan P2MP (*Point to Multipoint*). Umumnya antenna sektoral mempunyai polarisasi vertical, beberapa diantaranya juga mempunyai polarisasi horizontal [9].

Antenna sektoral pada umumnya mempunyai penguat lebih tinggi dari antenna omni sekitar 10-19 dBi. Sangat baik untuk memberikan servis di daerah dalam jarak 6-8 km. Tingginya penguat pada antenna sektoral biasanya dikompensai dengan lebar pola radiasi yang sempit 45-180 derajat. Jelas area yang dapat digunakan menjadi lebih sempit, dan ini sangat menguntungkan. Secara umum radiasi dari antenna lebih banyak diarahkan ke arah depan antenna, tidak jauh dibelakang antenna sektoral. Radiasi geser memanjang tidak jauh berbeda dengan antenna omni. Antenna sektoral biasanya ditempatkan di atas menara tinggi, jadi biasanya pada sudut kecil untuk memberikan layanan ke area dibawah [9].





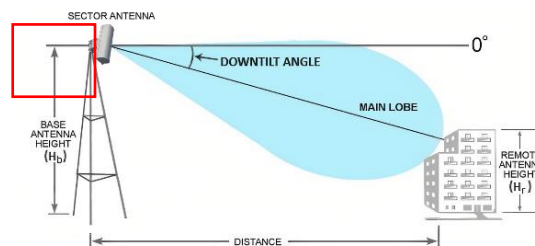
Gambar 2.4 Antena sektoral [9].

Antena sektoral seperti *antenna omnidirectional* dengan polarisasi vertikal dan antena dirancang untuk digunakan pada BTS tempat titik akses berada. Berbeda dengan antena omnidirectional yang dapat memberikan layanan dalam jangkauan 360 derajat. Antena sektoral hanya menyediakan layanan di area yang terbatas [9].

### 2.2.5.1 Tilting Antena

*Tilting* antena merupakan merupakan tahapan optimasi yang bertujuan untuk menambah jangkauan yang dapat dijangkau antenna. *Tilt* merupakan besar sudut kemiringan pada antena. *Tilting* dibagi menjadi dua yaitu *mechanical tilting* dan *electrical tilting*.

1. *Mechanical tilting* adalah mengubah sudut *azimuth* antena dan tingkat kemiringan antena secara fisik. Hal ini berdampak pada perubahan luas daerah yang dapat dicakup secara keseluruhan. *Mechanical Tilting* secara sederhana artinya pengaturan arah antena secara *vertical*. Dapat dilihat pada Gambar 2.5 *Mechanical Tilting Antena*[3].



Gambar 2.5 *Mechanical Tilting Antena*[3].

2. *Electrical tilting* adalah mengubah daya pancar antena dengan cara mengatur parameter kelistrikan pada antena. Mengubah fasa antena dapat

dilakukan dengan mengubah pengaturan *electrical tilt* yang berada dibawah antenna. *Electrical tilt* ini adalah merubah bentuk polarisasi antenna yang diatur secara elektronik. Dapat dilihat pada Gambar 2.6 *Electrical Tilt Antena*[3].



Gambar 2.6 *Electrical Tilting Antena*[3].

### 2.2.6 Perhitungan cakupan

Perhitungan cakupan (*coverage*) digunakan untuk mengkalkulasi cakupan enodeB dengan mempertimbangkan kualitas sinyal yang diterima oleh UE. *Link budget* digunakan untuk menentukan nilai *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL) pada arah *downlink* dan *uplink* antara *transmitter* dan *receiver*. Jari-jari sel digunakan untuk memperkirakan jarak jangkauan sel sesuai dengan model propagasi [11].

#### 2.2.6.1 *Link Budget*

*Link budget* adalah untuk mendapatkan jangkauan wilayah dari sebuah sel yang berdasarkan nilai MAPL antara *transmitter* dan *receiver*. Untuk mendapatkan SNR minimum prosedur *link budget* untuk arah *uplink* dan *downlink* digunakan untuk mendapatkan nilai path loss maksimum yang diijinkan. Persamaan untuk mendapatkan MAPL untuk arah *downlink* dan *uplink* dapat dihitung menurut persamaan (2.1), (2.2), dan persamaan (2.3) [11].

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

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

#### A. MAPL Downlink :

$$MAPL = EIRP_{DL} - S_{UE} - LNF - IM_{DL} - L_{pen} - L_{body\ loss} + G_{EUE\ Antena} \quad (2.3)$$

$S_{UE}$  = Receiver sensitivity UE

$S_{eNB}$  = Receiver sensitivity eNodeB (BTS)

$LNF$  = Log normal fading margin

$IM_{DL}$  = Interference margin

$G_{Antena}$  = Antena gain

$G_{eNB\ TMA}$  = Gain against shadowing

$L_{pen}$  = Penetration Loss

$L_{Body\ Loss}$  = Body loss

### B. Perhitungan Thermal Noise

$$N = KTB \quad (2.4)$$

Keterangan :

N = Kekuatan noise (W)

K = Konstanta Boltzman ( $1.38 \times 10^{-23}$ )

T = Suhu dalam Kelvin (K)

B = Bandwidth (Hz)

### C. Perhitungan Bandwidth System

$$\text{Bandwidth System} = 10 \log(\text{Channel Bandwidth} \times \text{Subcarrier} \times \text{Resource Blok} \times 1000) \quad (2.5)$$

#### 2.2.6.2 Model Propagasi Cost321-Hatta

Propagasi Cost231-Hatta adalah salah satu model propagasi yang paling umum untuk memprediksi *loss* sinyal dalam lingkungan sel makro. Model propagasi ini merupakan perluasan dari model propagasi Okumura-Hata untuk mencakup frekuensi hingga 2GHz. Model ini menyediakan estimasi pathloss di lingkungan yang berbeda seperti pedesaan, sub-urban dan perkotaan. Model propagasi ini bisa digunakan dalam rentang frekuensi 1500MHz-2000 MHz. Model propagasi ini membutuhkan tinggi antena pemancar 30m-200m dan tinggi *mobile station* 1m-10m serta jarak antara pengirim dan penerima antara 1m-20Km. Perhitungan Cost321-Hatta dirumuskan sebagai berikut [12]-[13]:

$$Lu(dB) = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(hb) - a(hm) + [44.9 - 6.55 \log(Hb)] \log(d) + cm \quad (2.6)$$

$a(Hm)$  merupakan faktor koreksi dari tinggi antena *mobile station*:

$$a(hm) = [1.1 \log(f) - 0.7]hm - [1.56 \log f - 0.8] \quad (2.7)$$

- $f$  = frekuensi dalam MHz
- $R$  = jarak dari *base station* (Km)
- $d$  = Jari-jari *Cell* (Km)
- $ht$  = tinggi antena *base station* (m)
- $hm$  = tinggi antena *mobile station/handphone* (m)
- $a(hm)$  = faktor koreksi ketinggian efektif *antena mobile station* (dB)
- $cm$  = - Untuk wilayah kecil hingga menengah (0) dB  
- Untuk pusat kota (3) dB

### 2.2.6.3 Luas *Cell* dan Jumlah *Site*

Perhitungan luas *cell* digunakan untuk menentukan nilai radius *cell* yang dapat dicakup oleh antena. Persamaan untuk perhitungan luas *cell* adalah sebagai berikut [10]:

$$Luas\ Cell = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \text{ untuk tiga sektor} \quad (2.8)$$

Perhitungan jumlah *cell* digunakan untuk menentukan jumlah eNodeB yang dapat mencakup suatu wilayah yang sudah ditentukan. Persamaan jumlah *site* adalah sebagai berikut [10]:

$$Jumlah\ Cell = \frac{Luas\ Wilayah}{Luas\ Cell} \quad (2.9)$$

### 2.2.7 Automatic Cell Planning (ACP)

Metode ACP memungkinkan perhitungan secara otomatis dari parameter optimasi untuk meningkatkan kualitas jaringan berdasarkan *coverage* dan *capacity*. Beberapa *tunning* yang dilakukan untuk mengoptimalkan jaringan LTE terhadap *coverage* area pancaran sinyal ialah mengkalkulasi tinggi antena, *azimuth* dan *tilting* antena. Proses kalkulasi tersebut akan berpengaruh terhadap nilai RSRP dan SINR yang otomatis dikalkulasi berdasarkan *coverage* area dari seluruh lokasi *site*. Proses mengkalkulasi parameter untuk mengoptimalkan jaringan dengan cara sebagai berikut [14]:

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

Pada saat melakukan optimasi menggunakan metode ACP akan mengoptimalkan parameter optimasi untuk mencapai tujuan yang ditentukan. Tujuan ini digunakan sebagai dasar untuk *search algorithm*. *Search algorithm* yaitu algoritma yang berusaha untuk menemukan yang terbaik dari kombinasi parameter untuk mencapai tujuan optimasi yang ditentukan. Pada langkah terakhir, *sorting algorithm* menyediakan rencana implementasi perubahan mana yang paling berguna dalam hal mengidealkan kualitas jaringan [14].