

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

Salah satu cara untuk menjaga kinerja jaringan agar tetap optimal adalah dengan melakukan pemantauan terhadap Indikator Kinerja Utama atau *Key Performance Indicators* (KPI). Proses pemantauan ini dilakukan dengan melihat jaringan radio akses dari sebuah *site*.

Penelitian yang dilakukan oleh [7], membahas permasalahan *coverage area* yang buruk terjadi di wilayah Kecamatan Purwokerto Barat dan Purwokerto Utara. Untuk mengatasinya, peneliti menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP) untuk menentukan *Tilting Antenna* yang optimal. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai RSRP dan SINR. Dalam simulasi optimasi jaringan, peneliti menggunakan *software* Atol. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode ACP cukup efektif dalam meningkatkan nilai RSRP dan SINR, yang ditunjukkan dengan peningkatan sebesar 11,72% untuk RSRP dan 28,73% untuk SINR. Sehingga, permasalahan *coverage area* yang terjadi dapat teratasi dengan meningkatnya performa jaringan di wilayah tersebut.

Penelitian [8] membahas tentang perencanaan jaringan *microcell* 4G LTE di *Skywalk* Cihampelas Bandung. Data hasil drive test menunjukkan bahwa performansi yang kurang baik, dengan nilai RSRP sebesar -94,61 dBm, nilai SINR sebesar -4,75 dB. Dalam perancangannya metode Non ACP (*Automatic Cell Planning*) dan ACP (*Automatic Cell Planning*) digunakan untuk merancang 2 *site* dengan kinerja maksimal dalam *coverage* dan *capacity*. Hasil simulasi menunjukkan tingkat signal rata-rata sebesar -79,79 dBm, dengan 9,5% koneksi gagal (14 user) dan 90,5% koneksi berhasil (133 user). Namun, hasil simulasi *coverage* tidak maksimal dan tidak memenuhi standar KPI operator dengan metode Non ACP. Setelah mengoptimalkan *site* dengan metode ACP, hasilnya lebih baik dengan RSRP -86,1 dBm, RSSI -50,1 dBm, SINR 34,5 dB, dan BLER 0%.

Selanjutnya pada penelitian [9], membahas tentang optimasi jaringan dengan mengubah dan mengatur *tilting antenna*. Penelitian dilakukan di kawasan kampus UNJANI dengan provider XL. Data dikumpulkan menggunakan metode *drive test*

dengan bantuan *software* Genex Probe, sedangkan parameter uji adalah nilai RSRP dan SINR. Hasil *Drive Test* sebelum optimasi menunjukkan performansi jaringan yang kurang baik, dengan nilai RSRP hanya 56,69% dan nilai SINR hanya 68,17%. Untuk mengatasinya, peneliti melakukan metode *electrical tilt* pada antena pemancar *sector* 1 dari 5° menjadi 6°. Simulasi perubahan *electrical tilt* dilakukan di *software* Atoll. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan nilai RSRP menjadi 81,46% dan nilai SINR menjadi 80,71%. Dengan demikian, permasalahan nilai RSRP dan SINR yang menjadi masalah dapat ditangani sehingga performansi jaringan di kawasan kampus UNJANI menjadi lebih optimal dibandingkan sebelumnya.

Selanjutnya penelitian [10] melakukan proses optimasi untuk meningkatkan kualitas level sinyal RSRP di wilayah Bandung Timur. Metode *electrical tilt* digunakan karena dapat diatur dari jarak jauh dan memudahkan proses optimasi. Hasil *drive test* menunjukkan ada 7 area dengan level RSRP di bawah -100 dBm yang merupakan wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi. Setelah simulasi dengan *Atoll Planning Software*, terdapat perbaikan kondisi level sinyal RSRP dengan kenaikan persentase RSRP > -100 dBm dari 83,379% menjadi 86,066% dan penurunan RSRP < -100 dBm dari 17,621% menjadi 13,934%

Penelitian [11] membahas proses optimasi jaringan 4G-LTE menggunakan dua metode yaitu dengan *Automatic Cell Planning* (ACP) dan *Carrier Aggregation* (CA) dengan parameter RSRP, SINR, dan *Throughput* yang dilakukan di daerah Koto Baru, Payobasung, Payakumbuh. Hasil dari penelitian menunjukkan peningkatan pada setiap parameter, dengan nilai RSRP -103 dBm, SINR 2 dB, dan *Throughput* 15 mbps pada teknik ACP, dan nilai RSRP -90 dBm, SINR 7 dB, dan *Throughput* 50 mbps pada teknik CA. Penggunaan teknik CA lebih efektif daripada teknik ACP berdasarkan nilai parameter optimasi.

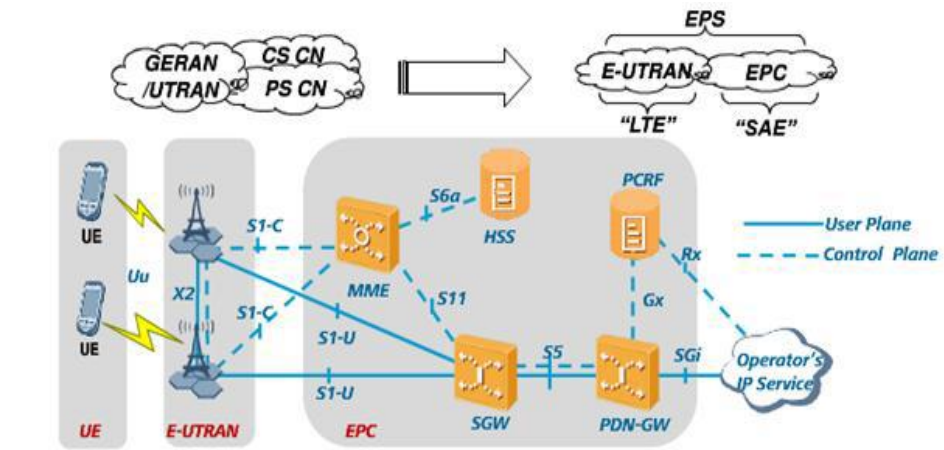
2.2 Dasar Teori

2.2.1 4G - Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) adalah singkatan dari proyek 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) yang bertujuan untuk meningkatkan standar komunikasi generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. Alasan inilah yang

membuat LTE disebut sebagai generasi keempat (4G). Kecepatan transmisi data pada LTE melebihi teknologi sebelumnya yaitu 100 Mbit/s pada sisi *downlink* dan 50 Mbit/s pada sisi *uplink*. Selain itu, LTE mendukung lebih banyak layanan dari teknologi sebelumnya, yaitu *voice*, data, video dan IP-TV [12].

LTE dapat memberikan cakupan dan kapasitas layanan yang lebih luas, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan beberapa antena, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth*, akses mobilitas pengguna hingga 350 km/jam dan juga dapat digabungkan atau diintegrasikan dengan teknologi yang ada. [8].



Gambar 2.1 Arsitektur 4G LTE [13]

Gambar 2.1 menunjukkan arsitektur dari jaringan 4G-LTE, yang dikenal dengan istilah SAE (*System Architecture Evolution*) yang digunakan untuk menggambarkan evolusi arsitektur dari teknologi LTE dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. LTE mengadopsi teknologi *Evolved Packet System* (EPS) yang terdiri dari tiga komponen penting yaitu *User Equipment* (UE), *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), dan *Evolved Packet Core* (EPC).

1. *User Equipment* (UE)

Perangkat komunikasi yang digunakan oleh pengguna dikenal sebagai UE (*User Equipment*). Perangkat ini dapat berupa telepon genggam, komputer, tablet atau perangkat cerdas lainnya yang dapat terhubung dengan internet.

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

E-UTRAN adalah bagian dari arsitektur LTE yang bertugas mengatur akses radio dari perangkat pengguna (UE) ke jaringan inti. Berbeda dari teknologi sebelumnya, di mana *eNodeB* dan RNC dibedakan menjadi elemen yang berbeda, sistem LTE menyatukan fungsi kedua elemen tersebut menjadi satu komponen yaitu *eNodeB*. *eNodeB* secara fisik merupakan stasiun dasar yang terletak di permukaan bumi (BTS *Greenfield*) atau di atas gedung-gedung (BTS *rooftop*).

3. *Evolved packet core (EPC)*

EPC adalah sebuah sistem baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler yang menggunakan *all-IP* pada bagian inti jaringan. EPC menyediakan fungsi dasar *mobile* yang dalam generasi sebelumnya (2G, 3G) dibagi menjadi dua bagian yaitu *Circuit switch (CS)* untuk *voice* dan *Packet Switch (PS)* untuk data. EPC sangat penting untuk layanan pengiriman IP secara *end-to-end* pada LTE dan memungkinkan pengenalan model bisnis baru seperti konten dan penyedia aplikasi. EPC terdiri dari beberapa komponen, yaitu [13]:

a. *Mobility Management Entity (MME)*,

MME adalah komponen penting yang terdapat dalam EPC. MME hanya bertugas dalam *control plane* dan tidak terlibat dalam data *user plane*. Fungsi utama dari MME dalam arsitektur jaringan LTE adalah sebagai *authentication* dan *security*, pengelolaan mobilitas, pengelolaan profil berlangganan dan konektivitas layanan

b. *Home Subscription Service (HSS)*

HSS adalah sebuah *server database* yang dioperasikan secara sentral oleh operator. HSS menyimpan seluruh data pelanggan termasuk informasi data pelanggan dan nomor pelanggan. Selain itu, HSS juga menyimpan data lokasi pelanggan pada level yang dikunjungi oleh *node* pengontrol jaringan.

c. *Serving Gateway (S-GW)*

Dalam arsitektur jaringan LTE, S-GW memiliki fungsi tinggi sebagai jembatan antara manajemen dan *switching user plane*. S-GW merupakan

bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat operasional dan *maintenance*. S-GW memiliki peran yang kecil dalam fungsi pengontrolan, hanya bertanggung jawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikan sumber tersebut berdasarkan permintaan dari MME, P-GW, atau PCRF yang memerlukan set-up, modifikasi atau penjelasan pada UE.

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

PDN-GW memiliki peran penting dalam arsitektur jaringan LTE. PDN-GW adalah komponen utama dalam proses terminasi pada *Packet Data Network (PDN)*. Selain itu, PDN-GW juga mendukung fitur *enforcement policy*, *filtering* paket, dan dukungan *charging* pada LTE, trafik data akan dibawa oleh koneksi virtual yang disebut dengan *service data flows (SDFs)*.

e. *Policy and Charging Rules Function (PCRF)*

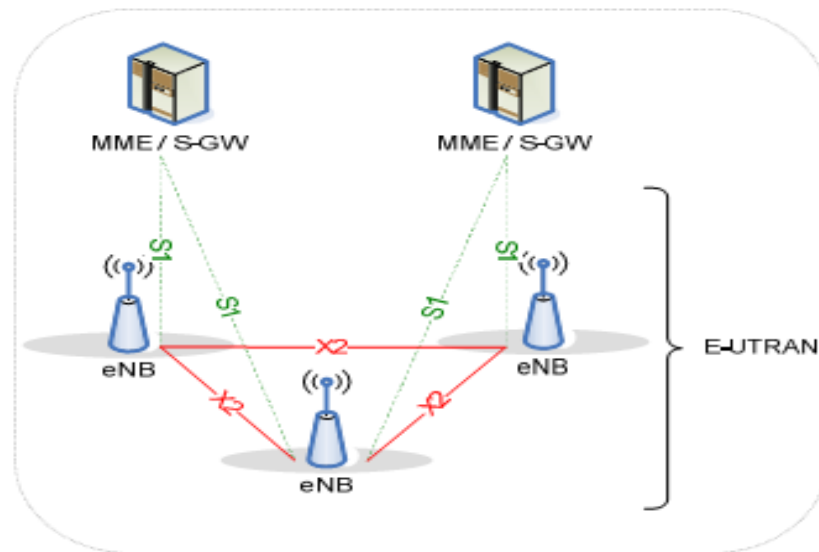
PCRF merupakan bagian dari arsitektur jaringan yang bertugas untuk mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya seperti portal secara *real-time*. PCRF digunakan untuk membentuk aturan dan secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan yang aktif di jaringan. PCRF menyediakan layanan, kualitas layanan (*Quality of Service*), dan aturan pengisian yang berbeda. PCRF dapat digunakan untuk jaringan *wireline* dan *wireless* dan juga dapat mengaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan solusi yang menguntungkan dan *platform* inovatif untuk operator. PCRF dapat diintegrasikan dengan *platform* yang berbeda seperti penagihan, rating, pengisian, dan basis pelanggan atau dapat digunakan sebagai entitas mandiri [13].

2.2.2 Teknologi Transmisi 4G LTE

LTE adalah jaringan berbasis *All-IP*, yang artinya semua layanan (baik *real-time* maupun data) dibawa dengan menggunakan protokol IP. *Core network* dari jaringan LTE juga telah dipersiapkan untuk bekerja sama dengan

teknologi lain yang tidak dikembangkan oleh 3GPP seperti WIMAX dan WIFI.

Kerjasama ini bisa bersifat *trusted* atau *non-trusted* tergantung dari perjanjian bisnis antar operator. LTE dirancang untuk mempercepat proses *setup time* dan mengurangi waktu untuk *handover*, ini dikarenakan layanan *real-time* sangat dipengaruhi oleh *setup time*, seperti dalam layanan *online gaming* dan pada *handover* proses *call* [11].

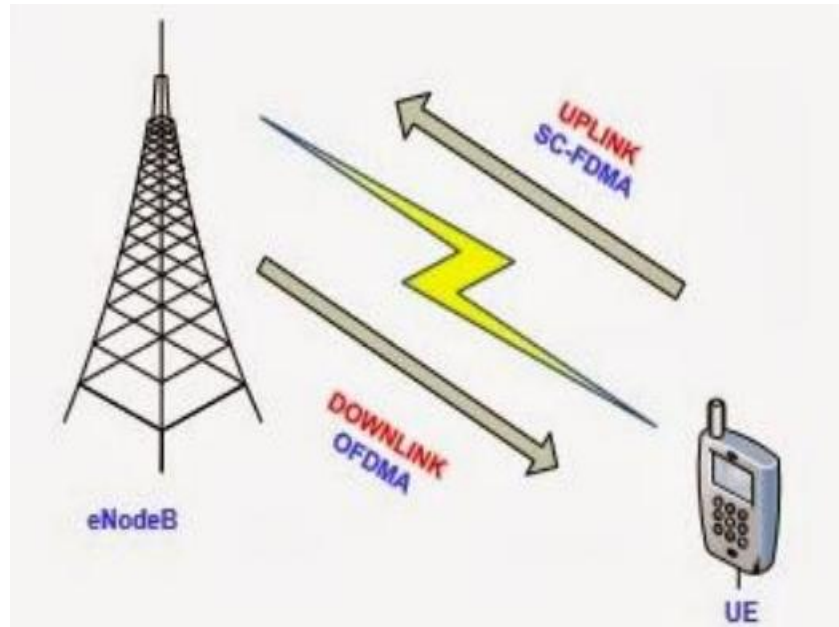


Gambar 2.2 Arsitektur Interface S1 dan X2 LTE [14]

Gambar 2.2 menunjukkan tiap-tiap *interface* penghubung yang digunakan dalam teknologi LTE. Dalam jaringan komunikasi seluler, *interface* digunakan untuk menghubungkan antar komponen jaringan seperti *eNodeB*, MME, S-GW, dll. *Interface S1* digunakan untuk menghubungkan *eNodeB* dengan MME/S-GW. *Interface X2* digunakan untuk menghubungkan antar *eNodeB*. *Interface* ini digunakan untuk memfasilitasi komunikasi antar komponen jaringan sehingga dapat bekerja dengan baik dan memberikan layanan yang diharapkan [14].

Pada jaringan LTE, cara yang digunakan untuk mengirimkan data dari jaringan ke perangkat pengguna (*downlink*) berbeda dengan cara yang digunakan untuk menerima data dari perangkat pengguna ke jaringan (*uplink*). Dalam arah *downlink*, teknik yang digunakan disebut *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA), dan dalam arah *uplink* teknik yang

digunakan adalah *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA). OFDMA adalah sebuah cara yang digunakan untuk mengirimkan data dengan menggunakan beberapa frekuensi yang saling berdekatan [15].



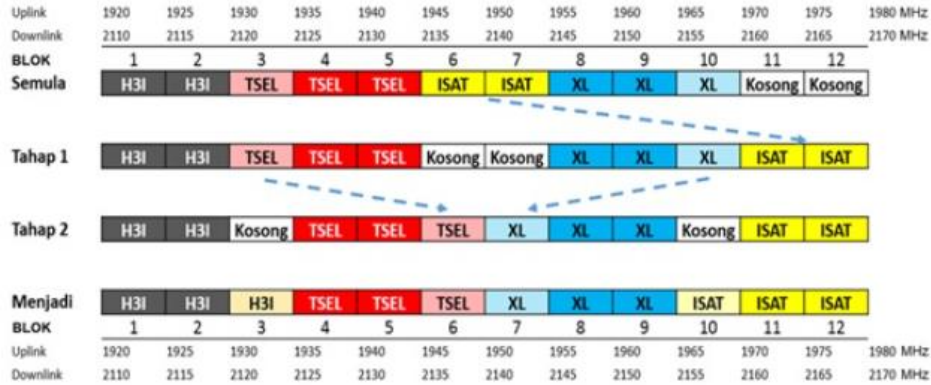
Gambar 2.3 Arah Uplink dan Downlink Jaringan LTE [15]

Gambar 2.3 menunjukkan teknologi yang digunakan dalam *uplink* dan *downlink*, dimana pada saat *uplink* menggunakan teknologi SC-FDMA dan saat *downlink* menggunakan teknologi OFDMA. Pada teknik OFDM, setiap *subcarrier* adalah *orthogonal* sehingga menghemat spektrum frekuensi dan masing-masing *subcarrier* tidak mempengaruhi satu sama lain. Namun, salah satu kelemahan teknik ini adalah tingginya *Peak Average Power Ratio* (PAPR) yang dibutuhkan. Karena itu, 3GPP mencari skema teknik akses yang berbeda untuk arah *uplink* karena tingginya PAPR dapat sangat mempengaruhi konsumsi daya pada UE. Oleh karena itu, pada arah *uplink* LTE menggunakan teknik SC-FDMA. Teknik ini dipilih karena mengkombinasikan keunggulan PAPR yang rendah dengan daya tahan terhadap gangguan lintasan jamak dan fleksibilitas dalam alokasi frekuensi dari OFDMA [15].

2.2.3 Alokasi Spektrum Frekuensi Telekomunikasi

Penggunaan spektrum frekuensi radio untuk telekomunikasi di Indonesia diatur langsung oleh badan pemerintahan terkait dengan mengacu pada aturan alokasi spektrum frekuensi radio yang dikeluarkan secara resmi oleh

International Telecommunication Unit (ITU). Peraturan ini terdapat dalam Peraturan Radio (*Radio Regulations*) edisi 2016 yang menjadi dasar pengalokasian frekuensi radio di negara-negara lain [16].



Gambar 2.4 Alokasi Band Frekuensi untuk Jaringan 4G LTE di Indonesia [16]

Gambar 2.4 menunjukkan alokasi band frekuensi jaringan 4G-LTE di Indonesia berdasarkan Siaran Pers no.232/HM/KOMINFO/11/2017 oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika mengenai dimulainya penataan ulang pita frekuensi radio 2.1 GHz. Alokasi band frekuensi untuk jaringan 4G LTE di Indonesia, berdasarkan siaran pers KEMKOMINFO tersebut dapat diringkas sebagai :

- 1) Telkomsel : B8-FDD untuk frekuensi 900 MHz dan B3-FDD untuk frekuensi 1800 MHz.
- 2) Indosat Ooredoo : B8-FDD untuk frekuensi 900 MHz dan B3-FDD untuk frekuensi 1800 MHz.
- 3) XL Axiata : B8-FDD, untuk frekuensi 900 MHz dan B3-FDD, untuk frekuensi 1800 MHz.
- 4) Tri Indonesia : B3-FDD, untuk frekuensi 1800 MHz.
- 5) Smartfren : B5-FDD, untuk frekuensi 850 MHz dan B40-TDD, untuk frekuensi 2300 MHz [11].

Kementerian Komunikasi dan Informatika telah menyelesaikan proses penataan atau refarming jaringan 4G LTE pada frekuensi 1.800 MHz yang dimulai sejak bulan Mei 2015. Melalui langkah ini, blok frekuensi yang digunakan oleh operator seluler ditempatkan secara berdampingan, bukan terpisah-pisah, dengan tujuan untuk memberikan layanan yang lebih optimal

kepada pengguna. Selain itu, Kementerian juga berencana untuk membuka peluang implementasi jaringan 4G di seluruh spektrum yang ada, termasuk frekuensi 1.800 MHz, 2,1 GHz, 2,3 GHz, dan nantinya di frekuensi emas 700 MHz. adalah alokasi frekuensi jaringan 4G di Indonesia untuk masing-masing operator seluler:

- a. Telkomsel: 900 MHz, 1.800 MHz, 2.100 MHz, dan 2.300 MHz
- b. Indosat Ooredoo: 900 MHz, 1.800 MHz, dan 2.100 MHz
- c. XL Axiata: 900 MHz, 1.800 MHz, dan 2.100 MHz
- d. Tri Indonesia: 1.800 MHz
- e. Smartfren: 850 MHz dan 2.300 MHz

Dengan penataan frekuensi dan alokasi yang lebih terstruktur, diharapkan para operator dapat memberikan layanan 4G yang lebih baik dan berkualitas kepada pelanggan di seluruh Indonesia [14].

2.2.4 Performansi Jaringan

Optimasi jaringan adalah kegiatan untuk menjaga dan meningkatkan performa dan kualitas suatu jaringan seluler. Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan data yang tersedia untuk memperoleh kualitas jaringan yang terbaik [17]. Pada proses optimasi ada dua aspek yang harus diperhatikan :

1) *Network Experience*

Kinerja jaringan yang dirasakan langsung oleh pengguna saat menggunakan layanan dari sebuah situs. Parameter ini terkait erat dengan kualitas sinyal yang diterima dan dinikmati oleh pengguna, kemudahan akses jaringan, dan akhirnya kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) yang diberikan oleh operator. Drive Test adalah metode yang digunakan untuk mengukur kualitas yang dirasakan oleh pengguna [11].

2) *Key Performance Indicators (KPI)*

Target pencapaian yang telah ditetapkan oleh setiap operator sebagai standar performansi jaringan yang harus dipenuhi. KPI jaringan ini merupakan parameter performansi jaringan yang diukur berdasarkan kinerja *Radio Access Network (RAN)* dari jaringan tersebut. Setiap

operator jaringan harus mampu mencapai target KPI yang telah ditetapkan agar pengguna dapat memperoleh performa maksimal [17].

Adapun beberapa parameter KPI yang digunakan untuk performansi jaringan yaitu :

a. *Reference Signal Received Power (RSRP)*

Reference Signal Received Power (RSRP) adalah parameter kekuatan sinyal yang diterima pengguna dari *eNodeB* terdekat pada frekuensi tertentu. Nilai RSRP menunjukkan daya rata-rata linier sinyal yang diterima untuk mengirimkan sinyal referensi informasi. Kuat sinyal yang diterima berdasarkan *path loss* dan RSRP penting dalam proses *handover* dan pemilihan panggilan. Semakin jauh jarak dari site, nilai RSRP akan menurun dan kualitas jaringan akan menurun.

Nilai RSRP dapat dihitung dengan persamaan :




$$RSRP = RSSI(dBm) - 10\log(12 \times N) \quad (2.1)$$

Dimana :

RSSI = Indikator kekuatan sinyal

N = Jumlah *Resource Block (RB)*

Tabel 2.1 Range RSRP LTE [17]

Nlai	Keterangan	Warna
$\geq -71\text{dBm}$	<i>Very good</i>	
$\geq -71\text{dBm}$ up to $\leq -81\text{ dBm}$	<i>Good</i>	
$\leq -81\text{ dBm}$ up to $\leq -91\text{dBm}$	<i>Normal</i>	
$\leq -91\text{dBm}$ up to $\leq -110\text{dBm}$	<i>Bad</i>	
$< -111\text{ dBm}$	<i>Very bad</i>	

Tabel 2.1 menunjukkan dari tingkatan level signal yang dipancarkan oleh *site* . Dari Tabel 2.1 dapat disimpulkan level jaringan di suatu wilayah berdasarkan warna yang dipancarkan atau dihasilkan oleh *coverage site* di suatu daerah yang akan diamati. Sehingga dapat diketahui kondisi jaringan suatu daerah dari warna yang dipancarkan oleh simulator maupun oleh aplikasi *drive test*.

b. *Signal to Noise Ratio (SNR)*

Signal to Noise Ratio (SNR) adalah parameter perbandingan antara sinyal utama *eNodeB* dan interferensi dan noise lingkungan. Ini menunjukkan kualitas sinyal informasi yang diterima dalam sistem

transmisi jaringan. Semakin tinggi nilai SINR, kualitas sinyal semakin baik.

Nilai SINR dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right) dB \quad (2.2)$$

Dimana :

- S = Daya sinyal rata-rata (Watt)
- N = Daya derau (Noise) (Watt)

Tabel 2.2 Range SNR LTE [17]

Nilai	Keterangan	Warna
16 dB up to 30 dB	<i>Very good</i>	
1 dB up to 15 dB	<i>Good</i>	
0 dB up to -5 dB	<i>Normal</i>	
-11 dB up to -6 dB	<i>Bad</i>	
-12 dB up to -20 dB	<i>Very bad</i>	

Tabel 2.2 menunjukkan dari tingkatan level sinyal yang dipancarkan oleh *site* . Dari Tabel 2.2 dapat disimpulkan level jaringan di suatu wilayah berdasarkan warna yang dipancarkan atau dihasilkan oleh *coverage site* di suatu daerah yang akan diamati. Sehingga dapat diketahui kondisi jaringan suatu daerah dari warna yang dipancarkan oleh simulator maupun oleh aplikasi *drive test*.

c. *Throughput*

Throughput adalah kecepatan aktual data sinyal *carrier* yang diterima atau jumlah informasi yang diteruskan per unit waktu dari UE ke *eNodeB*. Ini mengukur kapasitas efektif dari jaringan untuk mengirimkan data dalam waktu yang ditentukan. Nilai *throughput* akan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kualitas jaringan, jumlah pengguna, dan beban jaringan. Semakin tinggi nilai *throughput*, semakin baik kapasitas jaringan untuk mengirimkan data.

Tabel 2.3 Range Throughput LTE [17]

Nilai (kbps)	Keterangan	Warna
<40.000	<i>Very good</i>	
30.000 up to 40.000	<i>Good</i>	
20.000 up to 30.000	<i>Normal</i>	
10.000 up to 20.000	<i>Bad</i>	
0 up to 10.000	<i>Very bad</i>	

Tabel 2.3 menunjukkan dari tingkatan level sinyal yang dipancarkan oleh *site* . Dari Tabel 2.3 dapat disimpulkan level jaringan di suatu

wilayah berdasarkan warna yang dipancarkan atau dihasilkan oleh *coverage site* di suatu daerah yang akan diamati. Sehingga dapat diketahui kondisi jaringan suatu daerah dari warna yang dipancarkan oleh simulator maupun oleh aplikasi *drive test*.

3) *Traffic User*

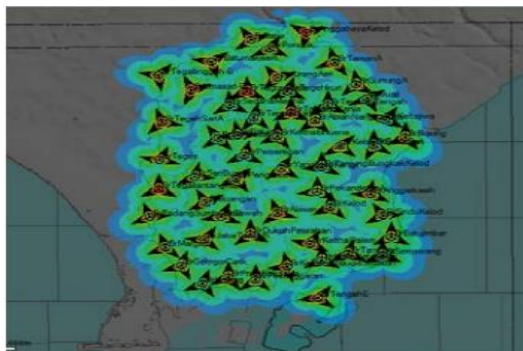
Traffic user (pengguna trafik)juga berdampak besar pada kualitas yang diterima oleh pengguna. Semakin padat pengguna trafik maka beban trafik akan semakin besar, dan jika trafik menerima beban lebih dari yang dapat dilayaninya maka akan menyebabkan kinerja situs menjadi kurang optimal. Sehingga hal ini akan menyebabkan kualitas yang buruk dan tidak stabil yang diterima oleh pengguna di area ini.

4) *Busy Hour*

Jam sibuk (*busy hour*) ini juga berpengaruh pada kualitas jaringan yang diterima pengguna (user). Hal ini dikarenakan pada jam sibuk inilah waktu dimana pengguna *Mobile Station* (MS) paling ramai dan paling banyak setiap harinya. Pada jam-jam tersibuk, beban yang diterima situs merupakan beban kinerja tertinggi setiap harinya, sehingga akan menyebabkan jaringan pada jam-jam tersebut menjadi sedikit kurang baik dan stabil.

2.2.5 Coverage Planning

Coverage planning adalah proses perancangan jaringan yang dilakukan untuk mengevaluasi jumlah *site* yang dibutuhkan dalam suatu wilayah untuk menyediakan layanan yang baik pada daerah tertentu. Tujuannya adalah untuk menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan dan posisi yang tepat untuk mencapai tingkat sinyal yang diinginkan dalam wilayah tertentu.



Gambar 2.5 Coverage Planning LTE [6]

Gambar 2.5 menunjukkan area yang sudah dilakukan *coverage planning* menggunakan suatu simulator. Pada Gambar 2.5 terdapat beberapa elemen atau komponen yang ada dalam proses *coverage planning* suatu jaringan, elemen atau komponen tersebut yaitu ;

- a. Peta geografis : Gambar peta yang mencerminkan area geografis yang akan ditutupi oleh jaringan telekomunikasi.
- b. Tower *Base Transceiver Station* (BTS) : Biasanya digambarkan sebagai menara atau tiang dengan antena yang melekat di bagian atasnya. BTS adalah pusat komunikasi nirkabel yang mengirim dan menerima sinyal ke perangkat seluler. Pada Gambar 2.5 BTS yang dimaksudkan berbentuk bangun segitiga.
- c. Antena: Gambar antena yang dipasang di BTS. Antena ini biasanya memiliki pola radiasi tertentu yang menentukan arah dan jarak sinyal yang ditransmisikan. Pada Gambar 2.5 antena yang berupa bentuk segitiga yang lancip dan terpasang pada 3 sudut BTS.
- d. Sinyal: Representasi visual dari sinyal yang dipancarkan oleh antena. Ini dapat berupa panah, garis, atau warna yang berbeda untuk menunjukkan kekuatan atau tingkat sinyal yang berbeda di area yang berbeda. Pada Gambar 2.5 sinyal ini berupa warna yang dipancarkan oleh setiap BTS, lebih jelasnya pada Gambar 2.5 ini sinyal tersebut berwarna hijau dan biru.

Dalam proses ini, Radio Link Budget dan Model Propagasi sangat penting untuk diperhitungkan. Perhitungan *coverage planning* menghitung area di mana sinyal dapat diterima oleh UE atau *receiver*, yang menunjukkan area maksimum yang dapat dicakup oleh suatu *site* [18].

1. *Radio Link Budget*

Perhitungan *Radio Link Budget* digunakan untuk menentukan batas maksimum dari seberapa jauh sinyal dapat mereda atau MAPL (*Maximum Allowed Path Loss*) yang diperbolehkan terjadi antara perangkat UE dan *eNodeB*. *Effective Radiated Power* (ERP) adalah parameter yang digunakan untuk menentukan seberapa besar *loss* yang terjadi karena

perbedaan antara *gain* dari *power amplifier* dan antenna dengan jumlah daya yang sebenarnya dipancarkan oleh transmitter [11]

a. MAPL *Downlink*

Tabel 2.4 MAPL *Downlink Transmitter* [11]

<i>Transmitter</i>		
<i>Tx Power</i> (Pt)	dBm	A
<i>Antenna Gain</i> (Gt)	dBi	B
<i>Cable loss</i> (Lt)	dB	C
EIRP	dBm	D = A+B+C

Tabel 2.4 yang disebut "*MAPL Downlink Transmitter*" adalah suatu tabel yang digunakan dalam konteks perencanaan jaringan komunikasi nirkabel, khususnya pada jalur *downlink*, yang mengacu pada transmisi dari pemancar ke penerima. Tabel ini berisi informasi terkait parameter-parameter penting yang mempengaruhi perhitungan daya transmisi efektif (EIRP) yang digunakan dalam perencanaan jaringan.

Tabel 2.5 MAPL *Downlink Receiver* [11]

<i>Receiver</i>		
<i>UE Noise Figure</i>	dB	E
<i>Thermal Noise</i>	dBm	F = K*T*B
<i>Receiver Noise Floor</i>	dBm	G = E+F
SINR	dB	H
<i>Receiver Sensitivity</i>	dBm	I = G+H
<i>Interface margin</i>	dB	J
<i>Penetration loss</i>	dB	K
<i>Fading margin</i>	dB	L
<i>Rx antenna Gain</i>	dB	M
<i>Body loss</i>	dB	N
MAPL		D-I-J-K-L+M-N

Tabel 2.5 merincikan perhitungan MAPL untuk komunikasi *downlink* (dari pemancar ke penerima) pada penerima (*receiver*) dalam sistem komunikasi nirkabel. Tabel ini terdiri dari berbagai parameter dan langkah-langkah perhitungan yang digunakan untuk mengestimasi atenuasi median *path loss* pada sistem komunikasi nirkabel.

$$MAPL = EIRP - SR - L_{BV} - M_{Interference} - M_{SF} \quad (2.3)$$

Dimana :

- EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power*(dBm)
- SR = *Sensitivity Receiver* (dBm)

- L_{BV} = Loss Body, Vehicle, Building (dB)
 M_{interf} = Interference Margin (dB)
 M_{sf} = Log Normal Margin (dB)

Tabel ini sangat penting dalam perencanaan jaringan nirkabel karena membantu insinyur jaringan untuk menghitung daya efektif yang dipancarkan oleh pemancar, yang akan mempengaruhi kinerja jaringan dan cakupan sinyal. Informasi ini membantu dalam menentukan parameter-parameter komunikasi yang diperlukan untuk mencapai kualitas sinyal yang diinginkan di berbagai lokasi dalam jaringan.

b. MAPL Uplink

Tabel 2.6 MAPL Uplink Transmitter [11]

<i>Transmitter</i>		
<i>Tx Power (Pt)</i>	dBm	A
<i>Antenna Gain (Gt)</i>	dBi	B
<i>Cable loss (Lt)</i>	dB	C
EIRP	dBm	D = A+B+C

Tabel 2.6 yang disebut "MAPL Uplink Transmitter" adalah suatu tabel yang digunakan dalam konteks perencanaan jaringan komunikasi nirkabel, khususnya pada jalur uplink, yang mengacu pada transmisi dari penerima ke pemancar. Tabel ini memberikan penjelasan tentang komponen yang mempengaruhi daya efektif yang dipancarkan oleh antena penerima (EIRP), yang pada akhirnya akan mempengaruhi *path loss*.

Tabel 2.7 MAPL Uplink Receiver [11]

<i>Receiver</i>		
<i>UE Noise Figure</i>	dB	E
<i>Thermal Noise</i>	dBm	F = K*T*B
<i>Receiver Noise Floor</i>	dBm	G = E+F
SINR	dB	H
<i>Receiver Sensitivity</i>	dBm	I = G+H
<i>Interface margin</i>	dB	J
<i>Penetration loss</i>	dB	K
<i>Fading margin</i>	dB	L
<i>Rx antenna Gain</i>	dB	M
<i>Body loss</i>	dB	N
MAPL		D-I-J-K-L+M-N

Tabel 2.7 merincikan perhitungan MAPL untuk komunikasi *uplink* (dari penerima ke pemancar) dalam sistem komunikasi nirkabel. Tabel ini

digunakan untuk menghitung nilai MAPL pada jalur *uplink*, dan melibatkan beberapa faktor dan komponen yang mempengaruhi perhitungan tersebut

2. Model Propagasi

Propagasi adalah cara gelombang *microwave* menyebar melalui udara dari antena pemancar ke antena penerima yang jaraknya bisa jauh. Mekanisme ini dipengaruhi oleh pantulan, difraksi dan hamburan. Dalam merencanakan jaringan komunikasi, model propagasi harus dipilih karena mempengaruhi kinerja jaringan [19].

Model propagasi digunakan untuk memprediksi intensitas sinyal yang diterima oleh penerima pada jarak tertentu dari pemancar. Model ini digunakan untuk menentukan jarak pemisah *Transceiver* (Tx) – *Receiver* (Rx) dan untuk memprediksi area jangkauan sinyal radio dari pemancar. Model ini juga berguna untuk memprediksi penurunan intensitas sinyal atau loss yang terjadi pada jalur sinyal [15]. Beberapa model propagasi radio telah dikembangkan untuk digunakan dalam sistem komunikasi radio. Namun, memilih cara yang tepat untuk daerah tertentu tidaklah mudah karena dipengaruhi oleh lingkungan dan bangunan di daerah tersebut. Sehingga dalam eksperimental ataupun pada analisa perencanaan jaringan kebanyakan akan memakai model propagasi empiris. Model empiris didasarkan pada data pengukuran dan statistik, contohnya adalah model Cost 231 [20]

Model propagasi Cost 231 merupakan salah satu model propagasi yang dikembangkan oleh COST (*European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research*) dan merupakan perluasan dari model Hata yang awalnya dirancang untuk frekuensi 900 MHz.

Model Hata-COST 231 memberikan perkiraan kehilangan daya sinyal (*path loss*) berdasarkan beberapa faktor seperti jarak antara antena pengirim dan penerima, tinggi antena, frekuensi operasi, dan karakteristik lingkungan. Model ini dirasa cocok digunakan untuk perkiraan kehilangan daya sinyal pada frekuensi 2100 MHz yang digunakan dalam jaringan seluler generasi ke-3G (*3rd Generation*, seperti UMTS/WCDMA).

Rumus umum untuk model Hata-COS T231 adalah [21] :

$$L_u = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(Hb) - a(Hm) + [44.9 - 6.55 \log(Hb)] \log(d) + Cm \quad (2.4)$$

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

$$a(Hm) = [1.1 \log(f) - 0.7]hm - [1.56 \log(f) - 0.8] \quad (2.5)$$

Dimana :

f	=	Frekuensi (MHz)
R	=	Jarak dari <i>base station</i> (Km)
d	=	Jari-jari <i>Cell</i> (Km)
ht	=	Tinggi antena <i>base station</i> (m)
a(hm)	=	Tinggi antena <i>mobile station</i> (m)
cm	=	Untuk wilayah kecil hingga menengah (0) dB Untuk pusat kota (3) dB

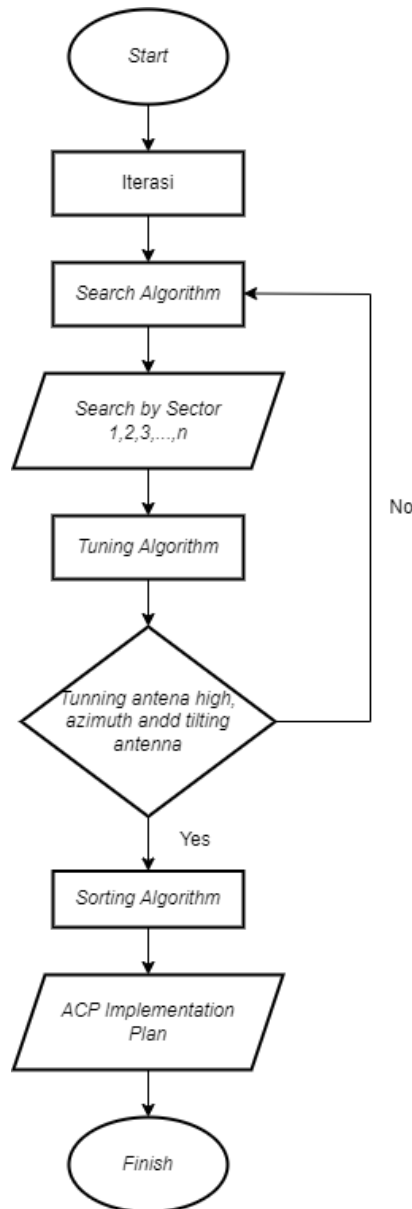
Nilai-nilai yang digunakan dalam rumus ini, seperti C_m yang merupakan faktor koreksi (penyesuaian) untuk tiap lingkungan, dapat bervariasi tergantung pada lingkungan dan jenis sistem yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan nilai-nilai yang sesuai dengan kondisi yang spesifik.

Namun, perlu diingat bahwa model propagasi seperti Hata-COST 231 hanya memberikan estimasi kehilangan daya sinyal yang mungkin terjadi. Faktor-faktor seperti interferensi, gangguan, dan kondisi lingkungan aktual juga perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jaringan dan penentuan lokasi antena yang efektif.

2.2.6 *Automatic Cell Planning* (ACP)

Automatic Cell Planning (ACP) adalah metode optimasi jaringan yang menggunakan algoritma pencarian (*search algorithm*) untuk meningkatkan kinerja *eNodeB*. Proses ini termasuk *sorting* dan *tuning* algoritma yang dilakukan secara otomatis oleh sistem dengan banyak iterasi dan variasi parameter tuning yang mungkin. Pada akhirnya, sistem akan melakukan tuning dari kombinasi terbaik yang dihitung [7], [11].

Automatic Cell Planning (ACP) menggunakan metode optimasi berdasarkan *search algorithm*, *sorting algorithm* dan *tuning algorithm*. Diagram alir dari algoritma dalam optimasi ACP dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram Alur *Algorithm Automatic Cell Planning* [7]

Pada Gambar 2.6 menunjukkan alur dari algoritma yang digunakan dalam penggunaan ACP. Ketika melakukan optimasi menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP), akan dioptimalkan parameter-parameter optimasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tujuan ini menjadi dasar bagi algoritma pencarian (*search algorithm*). Algoritma pencarian adalah metode yang berusaha menemukan kombinasi parameter terbaik guna mencapai tujuan optimasi yang telah ditentukan. Pada tahap akhir, algoritma pengurutan (*sorting algorithm*) memberikan rencana implementasi perubahan yang paling bermanfaat dalam mengoptimalkan kualitas jaringan *Search*

algorithm atau algoritma pencarian menggunakan konsep iterasi. Setiap iterasi terdiri dari satu parameter perubahan pada salah satu sektor. Algoritma pencarian termasuk fase tuning antara pencarian dan menyortir fase sesuai dengan konfigurasi pengaturan ACP. Fase tuning digunakan untuk meningkatkan solusi terbaik yang ditemukan selama fase pencarian. *Sorting algorithm* akan menemukan perubahan yang terbaik untuk diterapkan dari beberapa perubahan yang tersedia. [7].

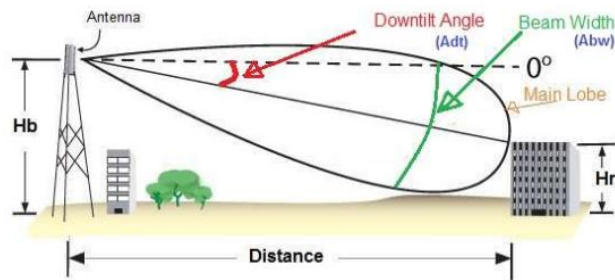
Optimasi dengan metode *Automatic Cell Planning* (ACP) akan mengubah arah *azimuth* atau arah antenna dengan mengubah *tilt* atau sudut miring pada antenna. *Tilting antenna* adalah proses optimasi jaringan dengan cara mengatur sudut elevasi antenna, hal ini dilakukan untuk menentukan daerah yang akan mendapat *coverage* jaringan. Pada pengubahan *tilt* atau *tilting antenna* dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan *mechanical tilt* dan *electrical tilt* [22].

1. *Electrical Tilt*

Electrical Tilt adalah penerapan metode *physical tuning* pada optimasi jaringan dengan mengubah polarisasi parameter kelistrikan antenna dan juga mengubah setiap fasa kelistrikan sinyal antenna. Namun, perlu diperhatikan bahwa tidak semua antenna dapat diubah nilai *electrical tilt*-nya. Perubahan yang dilakukan pada *electrical tilt* ini akan berpengaruh pada area *coverage* dari sebuah *site*, semakin besar nilai *electrical tilt* maka akan menyebabkan area *coverage* dari *site* akan semakin kecil [23].

2. *Mechanical tilt*

Mechanical Tilt adalah proses mengubah sudut miring antenna secara fisik. Sudut miring ini dapat diukur menggunakan alat tilt meter. Secara sederhana, *mechanical tilt* adalah proses mengarahkan antenna ke atas atau ke bawah. Semakin besar derajat *mechanical tilt*, maka antenna akan semakin menunduk dan area *coverage* pada bagian utama akan berkurang, sementara pada sisi bagian samping akan melebar. Pengukuran *mechanical tilt* dapat dilakukan dengan mengacu pada Gambar 2.7 dan persamaan 2.11 [9]:



Gambar 2.7 Jarak dan Sudut *Tilting* Antenna [9]

Gambar 2.7 menunjukkan skema atau representasi visual tentang pengaturan jarak dan sudut kemiringan (*tilting*) antenna dalam sebuah sistem komunikasi nirkabel. Dari Gambar 2.7 maka dapat dibuat lebih rinci dengan menggunakan rumus ;

$$Tilt (\alpha) = \tan^{-1} \frac{(H_b - H_r)}{d} \quad (2.11)$$

Dimana

H_b = Antenna Height (Tx)(m)

H_r = Destination Height (Rx)(m)

d = jarak antara transmitter (Tx) dan receiver (Rx)(m)

Perhitungan/iterasi otomatis yang dilakukan sistem akan mengubah nilai *mechanical tilt* dan *electrical tilt* pada *tilting antenna*, sehingga kinerja *site* dan performa transmisi jaringan radio akses dan *coverage* menjadi lebih optimal.

Untuk mengoptimalkan area jangkauan jaringan LTE, penyesuaian tertentu dilakukan. Penyesuaian ini melibatkan perhitungan ketinggian, azimuth, dan kemiringan antenna untuk pancaran sinyal. Sebagai hasil dari proses perhitungan ini, nilai RSRP dan SINR ditentukan secara otomatis berdasarkan cakupan area dari semua lokasi site. Proses pengoptimalan jaringan melibatkan penghitungan parameter dengan cara :

- a. Pilih jenis antenna khusus untuk setiap pemancar yang sudah ada.
- b. Berdasarkan jarak yang ditentukan, sesuaikan sudut azimuth antenna.
- c. Menyesuaikan kemiringan mekanis antenna sesuai dengan jarak.
- d. Untuk mencapai kinerja yang optimal, disarankan untuk mengatur ketinggian antenna sesuai dengan jarak yang ditempuh.

- e. Pemilihan tapak meliputi penambahan atau pengurangan tapak berdasarkan kriteria tertentu. Untuk memperkuat jaringan, lokasi potensial untuk peningkatan harus diidentifikasi dan dipertimbangkan.

Saat menggunakan metode ACP untuk optimasi, parameter optimasi akan diubah sedemikian rupa untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tujuan ini akan menjadi dasar bagi algoritma pencarian (*search algorithm*) yang bertujuan mencari kombinasi parameter terbaik guna mencapai optimasi yang diinginkan. Pada langkah terakhir, algoritma pengurutan (*sorting algorithm*) akan menghasilkan rencana implementasi perubahan yang paling bermanfaat dalam meningkatkan kualitas jaringan [11].