

## DAFTAR ISTILAH

### B

<i>Bandwidth</i>	Lebar pita frekuensi
Beamwidth	Cara pengambilan citra sebelum masuk ke sistem.
BER	<i>Block Error Rate</i> , Jumlah frame yang rusak dibandingkan jumlah frame yang dikirim dalam 1 TTI

### C

$C/(I+N)$	<i>Carrier to Noise and Interference Ratio</i>
<i>Cell Center</i>	Area sel yang dekat dengan eNodeB
<i>Cell Edge</i>	Area pinggir dari <i>coverage</i> eNodeB
<i>Coverage Area</i>	Luas area yang dapat dilayani oleh satu sel
CSI	<i>Inter Cell Interference Coordination</i>
CQI	Indikator bagus buruknya suatu kanal

### D

<i>Data Rate</i>	Besarnya transfer data dalam komunikasi digital per satuan waktu
------------------	--

### E

eNodeB	<i>Base transceiver station</i> pada teknologi LTE
EPC	<i>Evolved Packet Core</i>

### I

Interferensi	Terganggunya suatu system oleh system lain
--------------	--

### L

LTE	<i>(Long Term Evolution)</i> , sebuah teknologi seluler 4G nama yang diberikan pada sebuah projek dari <i>Third Generation Partnership Project (3GPP)</i> untuk memperbaiki standart mobile phone generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA
-----	---

### N

<i>Neighbour Cell</i>	Sel tetangga dari tinjauan sel asal
-----------------------	-------------------------------------

### O

OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
OFDMA	<i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i>

### Q

QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
------	--------------------------------------

**S**

SINR *Signal to Interference Noise Ratio*, perbandingan antara daya sinyal terima dengan interferensi dan *Noise*

**T**

*Throughput* Jumlah paket yang berhasil diterima disisi pengguna (bps)

**U**

UE *User Equipment*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring bertambahnya kebutuhan *user* akan data *rate*, maka bertambah pula kebutuhan jaringan untuk dapat menyalurkan seluruh data dari eNodeB (akses) ke jaringan inti. Jalur penghubung yang digunakan untuk menyalurkan data ke jaringan inti adalah X2 *Interface* dan S1 *Interface* untuk teknologi LTE. Dalam komunikasi X2 *Interface* diperlukan hubungan langsung antar eNodeB[1]. Hal ini sulit diterapkan secara langsung apabila terdapat banyak *site* dalam suatu jaringan LTE, Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan jaringan *backhaul* agar mendapatkan konfigurasi *backhaul* secara tepat dan efisien.

*Long Term Evolution* (LTE) merupakan teknologi berbasis Internet Protocol (IP) yang mendukung transfer paket data dengan *rate* yang tinggi dibandingkan teknologi sebelumnya. Teknologi ini mendukung banyak aplikasi dan fitur sehingga pengguna dapat memanfaatkan dalam berbagai hal seperti bisnis, pekerjaan, edukasi, hiburan, kesehatan, olahraga, musik, dan lain-lain.

*Minilink* merupakan satu teknologi *microwave* yang dapat digunakan untuk menyalurkan data dari eNodeB ke jaringan inti (*backhaul*) dengan kapasitas yang tinggi hingga 1 Gbps. Pada penelitian ini digunakan jenis *Minilink* TN. Kelebihan *Minilink* TN adalah *microwave link* radio lengkap dengan kemampuan penanganan PDH, SDH, Ethernet dan ATM di node yang sama, di *hop* yang sama, menggunakan semua frekuensi yang diperlukan dalam kisaran 6-38 GHz. Arsitektur terukur dari *Minilink* TN memungkinkan ekspansi jaringan mudah dan biaya efisien. *Minilink* TN mulai dari yang kecil-outdoor node dengan 4 Mbit/s sampai node agregasi besar yang dapat menampung sebanyak 18 modem dalam satu ruangan 10 rak-U sub. [19]

Pada tugas akhir ini, *backhaul* yang dirancang menggunakan akses teknologi *minilink* dengan komunikasi *Line of Sight* (LOS) serta konfigurasi topologi yang digunakan *star* dan *mesh*. Diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan masukan dalam perancangan *backhaul* pada jaringan LTE beserta topologi dengan menggunakan teknologi *minilink* di masa depan.

## 1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan dapat memberikan masukan dalam melakukan perencanaan jaringan akses dan *backhaul* untuk teknologi LTE di beberapa kecamatan di kota Bandung.
2. Menentukan jumlah *site* LTE yang dibutuhkan di beberapa kecamatan di kota Bandung.
3. Terpenuhinya kebutuhan total *coverage* dan *capacity* di beberapa kecamatan kota Bandung.
4. Melakukan analisa dari hasil perancangan melalui *software* Atoll.

## 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan tujuan yang telah diketahui, maka dapat dirumuskan beberapa masalah di tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana merancang jaringan LTE *access* dan *backhaul* sesuai kebutuhan di beberapa kecamatan kota Bandung?
2. Bagaimana menentukan kondisi LOS dengan memperhatikan faktor yang mempengaruhi kondisi LOS?
3. Bagaimana menentukan estimasi *link budget* untuk jaringan LTE?
4. Bagaimana menentukan jaringan *backhaul* beserta topologinya?

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari luasnya pembahasan, maka batasan makalah dalam Tugas Akhir ini antara lain:

1. Aplikasi yang di bahas pada LTE hanya VoIP, *signalling*, *browsing* dan FTP.
2. Tidak membahas impedansi antena.
3. Perancangan *link backhaul* menggunakan skema topologi *star* dan *mesh*, serta menggunakan *software* atoll 3.2.1 untuk simulasi perancangan.
4. Dalam tugas akhir ini frekuensi yang di gunakan di jaringan akses 1800MHz dan di jaringan *backhaul* 6 GHz dengan jenis antena transmitter berupa antenna *microwave*.

5. Perancangan dilakukan di 3 kecamatan, yaitu kecamatan Cidadap, Mandalajati dan Sukasari.
6. Sesuai perangkat *minilink* TN digunakan skema modulasi dan bandwidth sebesar 1GHz dan 256 QAM untuk mengoptimalkan kapasitas yang digunakan.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah eksperimen deskriptif. Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

### 1. Studi Literature

Pendalaman materi dilakukan dengan membaca beberapa buku referensi mengenai *Microwave backhaul* maupun materi kuliah yang diajarkan, mencari parameter atau hal yang berhubungan dengan *backhaul*, khususnya wilayah Bandung.

### 2. Pengumpulan data

Data yang dibutuhkan adalah raster atau peta kontur kota Bandung, curah hujan rata-rata yang mungkin terjadi di Bandung, kebutuhan semua parameter LTE yang menggunakan standarisasi dari Huawei, dan beberapa sumber lainnya.

### 3. Perancangan Jaringan

Perancangan Jaringan LTE dilakukan untuk dapat memenuhi *user* kota Bandung dengan metode yang diterapkan oleh Huawei dan beberapa referensi lainnya.

### 4. Analisis Performansi

Analisa dilakukan terhadap perancangan jaringan yang telah dilakukan, beberapa parameter yang dianalisa meliputi, *received signal level* (RSL), SINR, RSRP, *free space loss*, Jumlah Antena *Backhaul*, *fading margin*.

### 5. Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan setelah melakukan analisa hasil perancangan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penyelesaian masalah yang akan

digunakan,serta sistematika penulisan yang memuat susunan penulisan Tugas Akhir.

## BAB II DASAR TEORI

Membahas tentang sistem komunikasi seluler LTE, serta konsep perencanaan jaringan LTE menggunakan *minilink* dengan berdasarkan kapasitas *coverage dan capacity*.

## BAB III TAHAPAN PERENCANAAN *ACCES LINK* DAN *BACKHAUL*

Membahas tentang langkah-langkah yang digunakan untuk mendesain jaringan LTE menggunakan *acces link* dan *backhaul* dengan memperhatikan aspek jumlah *user*, layanan yang ditawarkan, *bit rate*, serta trafik *user*. Dilakukan perencanaan dengan berdasarkan kapasitas pelanggan, *coverage*. Kemudian analisa dilakukan *acces link* dan *backhaul*.

## BAB IV ANALISA PERENCANAAN LTE MENGGUNAKAN *MINILINK* DI DAERAH KOTA BANDUNG

Merancang dan menganalisa pengaruh apa saja yang diperoleh dari perencanaan jaringan *minilink* di kota Bandung.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

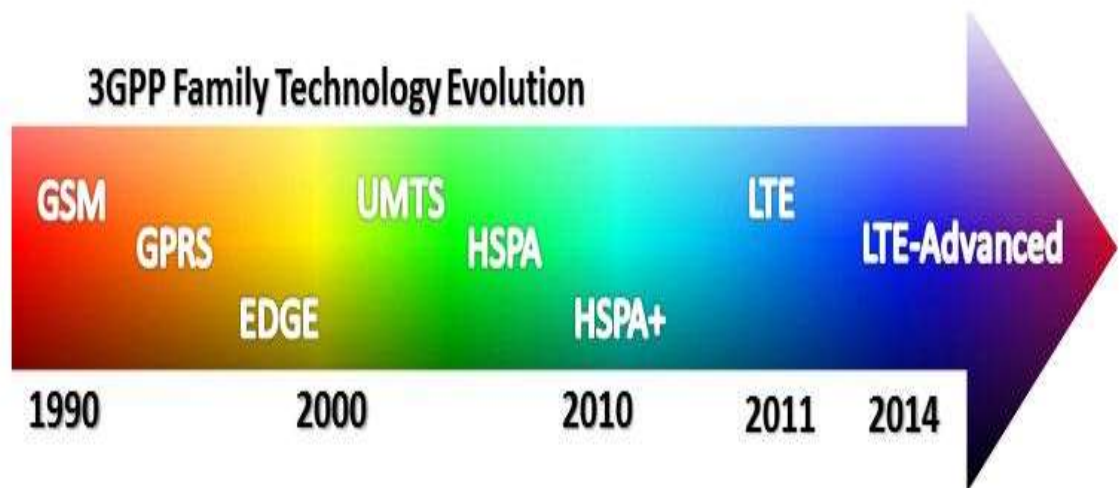
Berisi kesimpulan dari penulisan Tugas Akhir ini dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 LTE (*Long Term Evolution*)

Istilah LTE pertama kali diperkenalkan oleh 3GPP untuk memulai tahap evolusi berikutnya dalam sistem komunikasi *mobile* yang berdasarkan pada teknologi *Orthogonal Frekuensi Division Multiplexing* (OFDM). LTE memiliki kemampuan untuk beroperasi pada mode FDD ataupun TDD. Perubahan signifikan dibandingkan standar sebelumnya meliputi 3 hal utama, yaitu *air interface*, jaringan radio serta jaringan *core*.

Pada pengerjaan perancangan jaringan tugas akhir ini, LTE menggunakan *bandwidth* sebesar 20 Mhz pada Frekuensi 1800 Mhz dan metode *duplex* FDD. Evolusi teknologi seluler dapat digambarkan pada gambar 2.1 berikut ini :

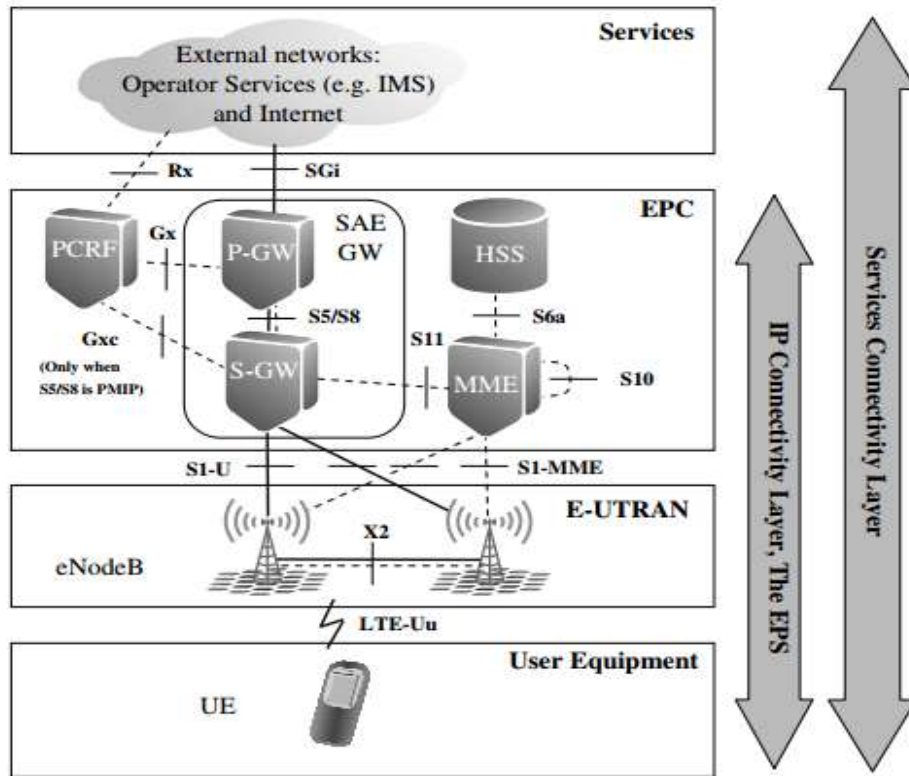


Gambar 2.1 Evolusi teknologi seluler standar 3GPP[15]

#### 2.1.1 Arsitektur LTE

Dalam arsitektur jaringan LTE, arsitektur terbagi menjadi dua bagian yaitu *Evolved Packet Core* (EPC) dan *Evolved UTRAN* (E-UTRAN). EPC dapat pula terhubung ke jaringan radio akses lain baik yang menggunakan standar 3GPP maupun bukan 3GPP. EPC terdiri dari S-GW, P-GW, HSS, PCRF dan MME. Sedangkan E-UTRAN terdiri dari beberapa eNodeB. Pada arsitektur LTE terdapat hubungan X2 dan S1 yang akan dibahas pada tugas akhir ini. X2 adalah *interface* yang menghubungkan antar eNodeB. Sedangkan S1 adalah

interface yang menghubungkan E-UTRAN ke EPC. Gambar 2.2 berikut adalah gambar arsitektur LTE.



Gambar 2.2 Arsitektur LTE [16]

## 2.1.2 Perencanaan Jaringan LTE

Perencanaan jaringan LTE dilakukan dengan dua pendekatan yaitu berdasarkan kapasitas dan berdasarkan daerah cakupan yang nantinya digunakan sebagai parameter dalam menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan agar dapat memenuhi kebutuhan *user data rate* dan mengcover seluruh wilayah Bandung.

### 2.1.2.1 Perencanaan Jaringan Berdasarkan Kapasitas

Dalam perancangan jaringan berdasarkan kapasitas, estimasi jumlah *site* yang dibutuhkan pada suatu wilayah layanan diperoleh dengan terlebih dahulu menghitung *cell capacity* dan *network throughput* dari wilayah layanan. *Network throughput* merupakan total *throughput demand* yang dibutuhkan untuk dapat melayani seluruh *user* pada wilayah layanan. *Cell capacity* merupakan kapasitas sistem dari sebuah sel.



Dalam perancangan jaringan berdasarkan kapasitas, perlu dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

a. Menentukan Total *user* Potensial

Total *user* potensial merupakan jumlah total *user* yang berpotensi untuk membutuhkan layanan jaringan LTE di kota Bandung. Dalam menentukan total *user* potensial, dibutuhkan beberapa parameter seperti populasi penduduk, penetrasi usia produktif, penetrasi LTE dan market share *operator*. Populasi penduduk menunjukkan jumlah penduduk kota Bandung hingga tahun 2020, dengan acuan dasar penduduk kota Bandung tahun 2015 yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Bandung[2]. Penetrasi seluler merupakan persentase angka yang menunjukkan penggunaan teknologi seluler. Sedangkan penetrasi LTE merupakan perkiraan persentase jumlah pengguna LTE dari total jumlah pengguna seluler. Sedangkan *market share operator* menunjukkan persentase pembagian *user* yang didapatkan oleh masing-masing *operator*.

Persamaan faktor pertumbuhan penduduk, dapat dituliskan sebagai persamaan 2.1 berikut:

$$P_n = P_0 (1 + GF)^n \quad (2.1)$$

Dengan :

- $P_n$  : jumlah penduduk tahun ke-n
- $GF$  : faktor pertumbuhan penduduk
- $P_0$  : jumlah penduduk tahun ke-0 (2015)
- $N$  : tahun ke-n

Sedangkan untuk persamaan total target *user*, dapat dituliskan sebagai persamaan 2.2 berikut:

$$Total\ target\ user = P_n \times A \times B \times C \quad (2.2)$$

Dengan :

- $P_n$  : jumlah penduduk tahun ke-n
- $A$  : jumlah penduduk usia produktif/penetrasi pengguna seluler
- $B$  : *market share operator X*
- $C$  : penetrasi *user* LTE *operator X*

Pada perancangan jaringan LTE di 3 kecamatan kota Bandung dengan daerah merupakan salah satu kota yang penduduknya orang-orang pebisnis dan pekerja.

Dimana para pebisnis dan pekerja sangat membutuhkan layanan data yang cepat dengan kondisi dimana pun sehingga membutuhkan jaringan LTE yang *support* akan high data *rate* dan mobilitas *user* tinggi.

Tabel 2.1 berikut menunjukkan tiga kecamatan di Bandung yang telah dikategorikan berdasarkan luas wilayah dan jumlah penduduk.

Tabel 2.1 Pengkategorian kecamatan wilayah kota Bandung[2]

Nomor	Kecamatan	Luas (Km2)	Jumlah Penduduk	Kepadatan penduduk / km2	Kategori
1	Mandalajati	6.67	62,875	9,426	<i>Rural</i>
2	Sukasari	6.27	81,659	13,023	sub urban
3	Cidadap	6.11	58,175	9,521	sub urban

Dari tabel di atas diketahui untuk kecamatan Mandalajati klasifikasi areanya termasuk daerah rural dengan luas wilayah sebesar 6,67 Km<sup>2</sup>, sedangkan untuk kecamatan Sukasari dan cidadap klasifikasi areanya termasuk daerah sub urban dengan luas wilayah sebesar 6.27 Km<sup>2</sup> dan 6.11 Km<sup>2</sup>.

b. Menentukan Jenis Layanan dan *Service Model Parameter*

*Service* model digunakan untuk menentukan layanan apa saja yang akan digunakan. Pada tugas akhir ini, layanan yang akan digunakan hanya VoIP, *signalling*, *browsing* dan FTP. Selain itu terdapat juga parameter lain yang akan digunakan seperti *Bearer Rate*, *Session Time*, *Session Duty Ratio*, *BLER* dan *Throughput per session*. Berikut adalah penjelasan mengenai parameter tersebut:

- *Bearer Rate* : Kecepatan *bearer* layanan pada layer aplikasi
- *Session Time* : Lama durasi tiap sesi layanan
- *Session Duty Ratio* : Rasio Kecepatan transmisi tiap layanan
- *BLER / PER* : *Block Error Rate / Packet Error Rate*

Nilai parameter tersebut telah distandarisasi oleh referensi Huawei dapat dirincikan pada tabel 2.2 berikut ini

Tabel 2.2 *Service Model* LTE[10]

Traffic Parameters	Uplink				Downlink			
	Bearer Rate	Session Time	Session Duty Ratio	BLER	Bearer Rate	Session Time	Session Duty Ratio	BLER
VoIP	26.9	80	0.4	1%	26.9	80	0.4	1%
Signalling	15.63	7	0.2	1%	15.63	7	0.2	1%
Browsing	62.53	1800	0.05	1%	250.11	1800	0.05	1%
FTP	140.69	600	1	1%	750.34	600	1	1%

Setelah mendapatkan nilai dari *service model* tersebut, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Throughput* dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut ini:

$$Throughput = Session\ time * Session\ duty\ ratio * Bearer\ rate * \left[ \frac{1}{(1-BLER)} \right] \quad (2.3)$$

c. Menghitung *Traffic Model Parameter*

*Traffic Model* digunakan untuk menentukan perkiraan kebutuhan trafik *user*. Ada dua parameter yang mempengaruhi kebutuhan trafik model, yaitu *Penetration Rate* dan *Busy Hour Service Attempt (BHSA)*. *Penetration rate* menunjukkan proporsi dari tiap layanan. Sedangkan *Busy Hour Service Attempt* digunakan sebagai sesi percobaan tiap *user* pada tiap layanan. Untuk mempermudah perhitungan, trafik model yang digunakan menggunakan standarisasi dari referensi Huawei sehingga didapatkan nilai seperti pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Trafik Model[10]

<i>Traffic Model For Various Environment</i>				
<i>User Behavior</i>	<i>Sub urban</i>		<i>Rural</i>	
	<i>Penetration Ratio</i>	BHSA	<i>Penetration Ratio</i>	BHSA
VoIP	50%	1	50%	0.9
Signalling	25%	3	20%	3
Browsing	40%	0.3	30%	0.2
FTP	20%	0.2	10%	0.2

d. Menghitung *Network Throughput*

Perhitungan *Network Throughput* perlu dilakukan untuk mengetahui kebutuhan kapasitas jaringan 3 kecamatan kota Bandung. Selanjutnya nilai dari *Network Throughput* tersebut akan dijadikan sebagai kebutuhan jaringan *backhaul* di 3 kecamatan kota Bandung. Sebelum menghitung kebutuhan *Network Throughput*, terlebih dahulu menghitung beberapa parameter seperti *Peak to Average Ratio*, *cell capacity* dan *Single User Throughput*. *Peak to Average Ratio* adalah parameter pembagian trafik berdasarkan kategori wilayah yang telah didefinisikan pada tabel 2.4. *Single User Throughput* adalah suatu parameter yang menunjukkan total *Throughput* yang didapatkan oleh satu *user* dengan menggunakan beberapa layanan tertentu. Perhitungan *Single User Throughput* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 berikut ini:

$$\text{Single user throughput} = \frac{(\sum \text{Throughput}) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration rate} \times (1 + \text{Peak to average ratio})}{3600} \quad (2.4)$$

Dengan nilai *peak to average ratio*, dapat dirinci pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 *Peak to Average Ratio*[10]

Morphology	Sub Urban	Rural
Peak To Average Ratio	10%	0%

Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah menghitung parameter *network throughput*. *Single user throughput* merupakan salah satu syarat yang digunakan dalam perhitungan *network throughput*, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan *single user throughput* terlebih dahulu. Perhitungan *network throughput* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$\text{Network throughput} = \text{Total user potensial} \times \text{Single user throughput} \quad (2.5)$$

Setelah mendapatkan nilai dari *network throughput*, perhitungan *cell capacity* perlu dilakukan. *cell capacity* menunjukkan kebutuhan data *rate* yang dibutuhkan oleh satu eNodeB. Nilai dari *cell capacity* diperoleh dari spesifikasi system LTE dengan menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$DL\ Cell\ capacity + CRC = (168 - 36 - 12) \times (code\ bits) \times (code\ rate) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (2.6)$$

Dengan :

CRC	: 24
168	: jumlah <i>resource element</i> (RE) dalam 1ms
24	: jumlah RS <i>resource element</i> (RE) dalam 1ms
Code bit	: <i>modulation efficiency</i>
Coderate	: <i>coding efficiency</i>
Nrb	: Jumlah <i>resource block</i>
C	: MIMO <i>mode</i>

### 2.1.2.2 Perancangan Jaringan Berdasarkan Daerah Cakupan

Estimasi kebutuhan *site* pada suatu wilayah layanan dengan metode daerah cakupan dilakukan dengan memperhatikan kemampuan suatu perangkat jaringan dalam menjangkau wilayah layanan tersebut. Kondisi propagasi gelombang dari pemancar menuju penerima tidak terlepas dari pengaruh berbagai redaman yang muncul akibat kondisi lintasan yang dilalui gelombang.

Redaman lintasan atau *pathloss* tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya adalah frekuensi kerja sistem, jarak antara pemancar dan penerima, dan kondisi *terrain* yang dilalui oleh gelombang. Redaman lintasan inilah yang nantinya akan memberikan informasi mengenai jarak jangkauan dari perangkat jaringan yang direncanakan.

Untuk mengetahui redaman lintasan tersebut, perencana perlu melakukan perhitungan *link budget* dari sistem jaringan yang direncanakan dengan mempertimbangkan sensitivitas suatu penerima dalam menerima gelombang yang dipancarkan. Hasil dari perhitungan ini kemudian disebut sebagai *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL).

Perhitungan MAPL diperlukan untuk menentukan nilai redaman maksimum dari propagasi gelombang yang masih diizinkan agar *eNobeB* dan UE masih dapat berkomunikasi dengan baik pada daerah cakupannya. Pada pengerjaan tugas akhir ini terdapat 2 parameter *link budget* yaitu *uplink* dan *downlink*. Perhitungan kedua MAPL dapat dilihat pada tabel 2.5 dan 2.6 dibawah ini:

Tabel 2.5 Parameter *link budget Uplink* LTE[16]

Komponen Parameter	Unit	UplinkCalculation	Calculation
<i>Transmitter – UE</i>			
TX Power	dBm	23	B
Tx Antena Gain	dB	0	C
Body Loss	dB	3	D
EIRP	dBm	20	e=b+c-d
<i>Receiver - Node B</i>			
eNB Noise Figure	dB	8	G
Thermal Noise	dB	-101	H
ReceiverNoise	dBm	-93	i=g+h
SINR	dB	8	J
Receiver sensitivity	dB	-85	k=i+j
Interference Margin	dB	10	L
Cable Loss	dB	3.37	M
Rx Antena Gain	dB	12	N
MAPL	dB	123.63	o=e-k+l-m+n

Dari tabel 2.5 dan 2.6 dapat kita peroleh nilai *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) dan *receiver sensitivity*. Formula untuk mendapatkan nilai EIRP dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.7 dan persamaan 2.8 dibawah ini:

$$EIRP_{UL} = Tx Power + Tx Antena Gain - Body Loss \quad (2.7)$$

$$EIRP_{DL} = Tx Power + Tx Antena Gain - Cable Loss \quad (2.8)$$

Setelah mendapatkan nilai dari EIRP, langkah selanjutnya adalah mencari nilai *receiver sensitivity*. *Receiver sensitivity* merupakan nilai batas (*threshold*) dimana sinyal dapat diterima dengan baik oleh penerima, apabila sinyal yang diterima lebih dari batas *receiver sensitivity* maka sinyal tidak dapat diterima dengan baik. Nilai dari *receiver sensitivity* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.9 dan persamaan 2.10 :

Tabel 2.6 Parameter *link budget Downlink LTE*[16]

Komponen Parameter	Unit	DownlinkCalculation	Calculation
<i>Transmitter - Node B</i>			
TX Power	dBm	46	B
Tx Antena Gain	dBi	12	C
Cable Loss	dB	3.37	D
EIRP	dBm	54.63	e=b+c-d
<i>Receiver - Node B</i>			
UE Noise Figure	dB	7	G
Thermal Noise	dB	-101	h=10log(K x T x B)
ReceiverNoise Floor	dBm	-94	i=g+h
SINR	dB	8	J
Receiver sensitivity	dB	-86	k=i+j
Interference Margin	dB	4	L
Control Channel Overhead	dB	20	M
Rx Antena Gain	dBi	12	N
Body Loss	dB	3	O
MAPL	dB	133.63	p=e-k+l+m+n-o

$$RX\ sensitivity_{UL} = Thermal\ Noise + eNodeB\ Noise\ Figure + SINR \quad (2.9)$$

$$RX\ sensitivity_{DL} = Thermal\ Noise + UE\ Noise\ Figure + SINR \quad (2.10)$$

Dari persamaan 2.7, persamaan 2.9 dan 2.10 serta tabel 2.5 dan 2.6 dapat diperoleh nilai MAPL dengan persamaan di bawah 2.11 dan 2.12 ini :

$$MAPL_{UL} = EIRP - (Receiver\ sensitivit) - Cable\ loss + Rx\ antena\ gain + Fading\ Margin + Interference\ margin \quad (2.11)$$

$$MAPL_{DL} = EIRP - (Receiver\ sensitivity) - Cable\ loss + Rx\ antena\ gain + Fading\ Margin + Interference\ margin + Control\ Channel\ Overhead \quad (2.12)$$

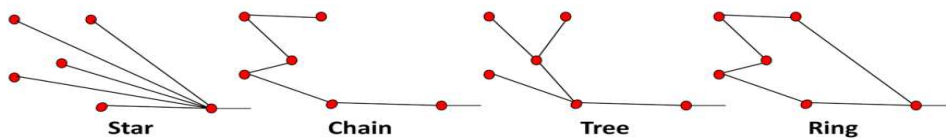
## 2.2 Definisi *Backhaul*

Menurut Eirik Nesse selaku *Vice President of Strategy, Backhaul provider Ceragon*, *backhaul* adalah suatu jalur atau *link* yang menghubungkan dari suatu *Base Station (BS)* ke

suatu *Core Network* (CN) untuk mengambil trafik dari BS tersebut dan dihubungkan ke jaringan[4]. Ada beberapa jenis cara yang dapat digunakan sebagai *link backhaul* seperti *microwave*, *fiber optic*, *ADSL* dll. Pada tugas akhir ini, perangkat *backhaul* yang digunakan adalah *Minilink* TN yang merupakan perkembangan dari teknologi *Microwave*. Pemilihan teknologi *microwave* sebagai *backhaul* karena sesuai dengan kondisi geografis kota Bandung yang memiliki daratan tinggi. Selain itu, *microwave* merupakan alat yang sudah digunakan sebelumnya sebagai komunikasi *backhaul* untuk berbagai *operator* di Indonesia. Adapun keuntungan yang didapatkan bila menggunakan *Minilink* TN adalah:

1. *High Throughput* (up to 1Gbps).
2. Mendukung teknik diversitas untuk pengirim dan penerima.
3. Instalasi yang mudah.
4. Mendukung komunikasi *backhaul* pada teknologi 2G, 3G, 4G (CoExist).

*Backhaul* yang digunakan dalam suatu perancangan memiliki beberapa topologi jaringan, seperti *ring*, *star*, dan *mesh* dll [5] yang dapat dipolakan seperti pada gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.3 Jenis Topologi Jaringan *Backhaul*[5]

### 2.3 *Minilink Backhaul*

*Minilink Backhaul* adalah suatu teknologi *microwave* yang dikembangkan dan digunakan untuk pengiriman data dari jaringan akses ke jaringan inti. Teknologi *Minilink* dapat diimplementasikan pada jaringan yang besar, dan mendukung layanan *full IP based* dengan kapasitas yang besar hingga mencapai 1 Gbps. Pada tugas akhir ini versi *Minilink* yang digunakan adalah *Minilink* TN seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut:



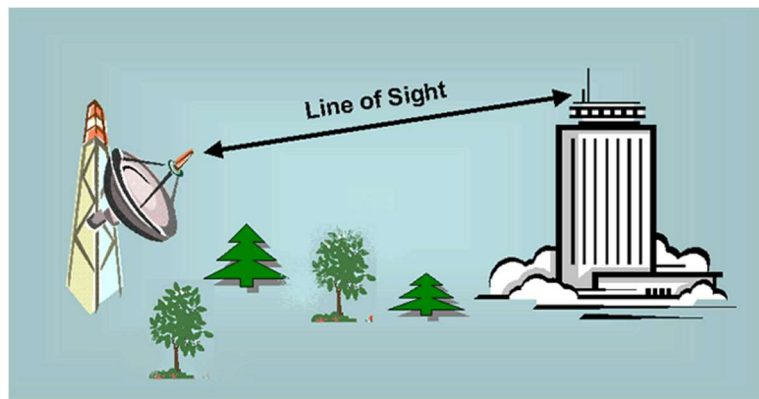
Gambar 2.4 *Minilink*TN[13]



Seiring bertambahnya kapasitas yang dibutuhkan oleh jaringan, maka kapasitas yang digunakan untuk hubungan *backhaul* juga akan bertambah besar. Dengan teknologi *Minilink* ini, kapasitas *backhaul* dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan hingga 1 Gbps.

## 2.4 Propagasi LOS dan NLOS

Dalam kondisi LOS, sinyal berjalan secara langsung dan tanpa penghalang dari pengirim ke penerima. Tapi dalam kondisi NLOS, sinyal tiba di penerima melalui pantulan, scattering dan difraksi. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan jaringan *Minilink* TN sebagai *backhaul* menggunakan propagasi LOS dalam mentransmisikan pancaran sinyal karena perangkat *Minilink* TN mendukung komunikasi LOS. Gambar 2.5 adalah salah satu contoh terjadinya propagasi LOS (*Line of Sight*), berikut ini:



Gambar 2.5 Propagasi LOS[14]

## 2.5 Perhitungan Propagasi LOS

Hubungan komunikasi untuk jaringan *Minilink* TN pada tugas akhir ini menggunakan komunikasi LOS (*Line of Sight*). Berikut adalah parameter yang diperhitungkan untuk memenuhi kebutuhan perencanaan jaringan *backhaul*:

### 2.5.1 Free space loss (FSL)

Parameter ini digunakan untuk mendapatkan nilai rugi-rugi lintasan pada suatu pentransmisian sinyal. Persamaan 2.13 berikut adalah rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari FSL:

$$L_p = 92,44 + 20 \text{ Log } F_{\text{GHz}} + 20 \text{ Log } D_{\text{km}} \quad (2.13)$$

Dimana :

- Frekuensi : Frekuensi yang digunakan (GHz)  
 D : Jarak antara pengirim dan penerima (km)  
 Lp : Total *pathloss* (dB)

### 2.5.2 Tinggi antena

Untuk mendapatkan tinggi antena, dibutuhkan beberapa parameter tambahan seperti tinggi permukaan, *fresnel zone* dan faktor kelengkungan bumi.

#### 1. Tinggi permukaan

Permukaan laut merupakan acuan suatu tinggi antena yang ingin diterapkan. Tinggi permukaan ini dapat dilihat dari peta kontur kota Bandung menggunakan *software* Atoll. Tinggi antena dapat diperoleh dari suatu nilai parameter kelengkungan bumi, tinggi bukit (obstacle) antara pengirim dan penerima, dan jari-jari fresnel yang akan digunakan. Persamaan 2.14 berikut adalah persamaan yang dapat menggambarkan nilai dari tinggi antena:

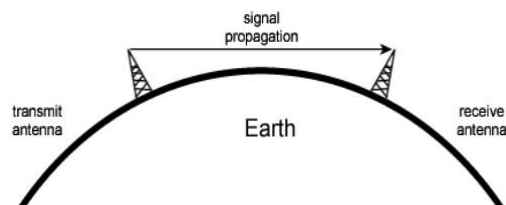
$$H_t = H + H_c + R \quad (2.14)$$

Dimana :

- H : Tinggi hasil faktor kelengkungan bumi (m)  
 H<sub>c</sub> : Tinggi Obstacle antara pengirim dan penerima (m)  
 R : Jari-jari fresnel yang digunakan (m)  
 H<sub>t</sub> : Total tinggi di atas permukaan laut (m)

#### 2. Kelengkungan Bumi

Faktor kelengkungan bumi digunakan untuk menghitung seberapa tinggi yang dihasilkan diantara pengirim dan penerima akibat kelengkungan bumi dengan jarak tertentu. Penghitungan jarak dengan faktor kelengkungan bumi dapat digambarkan pada gambar 2.6 berikut :



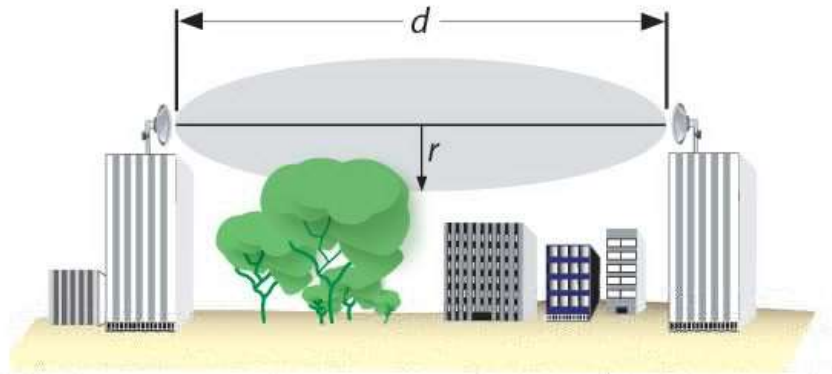
Gambar 2.6 Kelengkungan Bumi[12]

Faktor kelengkungan bumi didapatkan menggunakan persamaan 2.15 dibawah ini:

$$H = \frac{0.079 \times d1 \times d2}{\left(\frac{4}{3}\right)} \quad (2.15)$$

### 3. Fresnel Zone

*Fresnelzone* adalah daerah suatu lintasan pada suatu transmisi gelombang yang digambarkan berbentuk *elips* dan menunjukkan inderferensi gelombang RF jika terdapat *blocking* seperti pada gambar 2.7 berikut ini :



Gambar 2.7 Fresnel Zone[11]

Nilai nilai jari-jari *fresnel zone* dapat diperoleh dari persamaan 2.16 berikut:

$$R = 17.3 \times \sqrt{\frac{d1 \times d2}{(d1+d2) \times F}} \quad (2.16)$$

Dimana :

d1 : Jarak dari pengirim ke *obstacle*(km)

d2 : Jarak dari penerima ke *obstacle*(km)

F : Frekuensi yang digunakan (Ghz)

$$T = \frac{((h1+hx) \times d1) + ((h2+hx) \times d2)}{d1+d2} \quad (2.17)$$

Dimana :

h1 : Tinggi daratan di pengirim (m)

h2 : Tinggi daratan di penerima (m)

d1 : Jarak dari pengirim ke *obstacle*(km)