

**PERENCANAAN OPTIMALISASI JARINGAN 4G LTE FDD 1800 MHZ
BERDASARKAN LINK BUDGET DI UNIVERSITAS HASANUDDIN**



TUGAS AKHIR

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan

Program Studi Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Makassar

DISUSUN OLEH:

ACHMAD AZNUL PUTRATAMA

D411 15 514

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERENCANAAN OPTIMALISASI JARINGAN LTE FDD 1800 MHZ
BERDASARKAN LINK BUDGET DI UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh:

ACHMAD AZNUL PUTRATAMA

D41115 514

Telah dipertahankan di hadapan Panitia-Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Program Studi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 13 April 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

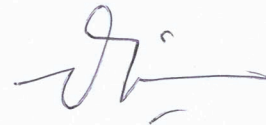
Menyetujui

Pembimbing I



Merna Baharuddin., S.T., M.tel, Eng, Ph. D
NIP. 19751205 200501 2 202

Pembimbing II



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. 19691026 199412 2 001



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. 19691026 199412 2 001

Departemen Teknik Elektro

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

PERENCANAAN OPTIMALISASI JARINGAN 4G LTE FDD 1800 MHZ BERDASARKAN LINK BUDGET DI UNIVERSITAS HASANUDDIN



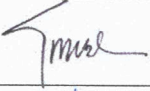

Oleh:

ACHMAD AZNUL PUTRATAMA


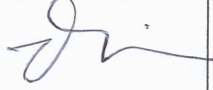
D41115514

Skripsi ini telah dipertahankan pada Ujian Akhir Sarjana tanggal 13 April 2022.
Telah dilakukan perbaikan penulisan dan isi skripsi berdasarkan usulan dari penguji dan pembimbing skripsi.

Persetujuan perbaikan oleh tim penguji:

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Merna Baharuddin., ST, M.Tel, Eng, Ph.D	
Sekretaris	Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.	
Anggota	Ir. Samuel Panggalo., M.T.	
	Andini Dani Achmad., S.T., M.T	

Persetujuan perbaikan oleh pembimbing:

Pembimbing	Nama	Tanda Tangan
I	Merna Baharuddin., ST, M.Tel, Eng, Ph.D	
II	Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.	

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Achmad Aznul Putratama

NIM : D41115514

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PERENCANAAN OPTIMALISASI JARINGAN 4G LTE FDD 1800 MHZ
BERDASARKAN LINK BUDGET DI UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Mei 2022

Yang membuat pernyataan,



Achmad Aznul Putratama

ABSTRAK

PERENCANAAN OPTIMALISASI JARINGAN 4G LTE FDD 1800 MHZ BERDASARKAN LINK BUDGET DI UNIVERSITAS HASANUDDIN

Penetrasi pengguna internet di Indonesia sangat berkembang pesat sehingga untuk memenuhi kebutuhan akses data yang meningkat, perlu peningkatan kualitas layanan agar mendapatkan kapasitas koneksi yang lebih besar dan akses data kecepatan tinggi. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian mengenai perencanaan optimalisasi jaringan LTE untuk jangka waktu 5 tahun kedepan pada Universitas Hasanuddin dengan jumlah pengguna internet yang besar. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) frekuensi FDD 1800 MHz berdasarkan *link budget* yang dibagi ke dalam dua area perencanaan yaitu area kampus Tamalanrea dan kampus Gowa Universitas Hasanuddin dengan menggunakan data parameter *site existing* operator XL Asiatel. Pada kampus Tamalanrea dilakukan perhitungan perencanaan *capacity* dan *coverage* pada teknologi LTE untuk frekuensi FDD 1800 MHz dan pada kampus Gowa dilakukan optimalisasi *coverage* jaringan FDD 1800 MHz. Perencanaan akan dilakukan melalui beberapa tahap yaitu, analisis data, perencanaan jaringan berdasarkan kapasitas, perencanaan jaringan berdasarkan cakupan dan simulasi hasil perencanaan dengan menggunakan *software Atoll* versi 3.3. Nilai radius pada perencanaan kapasitas didapatkan sebesar 0,27 km dan 0,28 km masing-masing untuk kampus Tamalanrea dan Gowa. Pada kampus Tamalanrea, nilai radius pada perencanaan cakupan FDD 1800 MHz sebesar 0,257 km untuk *uplink* dan 3,279 km untuk *downlink*. Pada kampus Gowa, nilai radius pada perencanaan cakupan FDD 1800 MHz sebesar 0,311 km untuk *uplink* dan 3,965 km untuk *downlink*. Nilai yang digunakan dalam menentukan luas cakupan sel adalah nilai radius terkecil sebesar 0,257 km untuk kampus Tamalanrea dengan luas cakupan sel sebesar 0,335 km² dengan jumlah 7 *site* dan nilai radius terkecil sebesar 0,31 km untuk kampus Gowa dengan luas cakupan sel sebesar 0,487 km² dengan jumlah 1 *site*. Simulasi menggunakan *software Atoll* 3.3 didapatkan rata-rata cakupan level sinyal perencanaan pada kampus Tamalanrea untuk FDD 1800 MHz sebesar -65,95 dBm dan rata-rata level sinyal pada kampus Gowa untuk FDD 1800 MHz sebesar -73,65 dBm.

Kata Kunci: LTE, FDD, TDD, *Planning Capacity*, *Planning Coverage*, Rata-rata Level Sinyal.

ABSTRACT

OPTIMIZATION PLANNING OF 4G LTE FDD 1800 MHZ NETWORK BASED ON BUDGET LINKS AT HASANUDDIN UNIVERSITY

Penetration of internet users in Indonesia is growing rapidly, in order to meet the needs of the increased data access, it is necessary to improve the quality of service to get greater connection capacity and high speed data access. Based on this, a study was conducted on LTE network optimization planning for the next 5 years at Hasanuddin University with a large number of internet users. In this research, Long Term Evolution (LTE) network planning with frequency of 1800 MHz FDD based on the link budget is divided into two planning areas namely Tamalanrea campus and Gowa campus of Hasanuddin University using XL's existing operator site parameter data. At Tamalanrea campus, the capacity and coverage planning calculations are performed on LTE technology for the 1800 MHz FDD frequency and at Gowa campus, the 1800 MHz FDD network coverage is optimized. Planning will be carried out through several stages, namely, data analysis, capacity planning, coverage planning and result simulation using Atoll version 3.3. The value of the radius in the capacity planning obtained by 0.27 km and 0,28 km respectively for Tamalanrea and Gowa. At Tamalanrea, the radius value of the planned FDD 1800 MHz coverage is 0.257 km for the uplink and 3,279 km for the downlink. At Gowa campus, the radius value of the planned FDD 1800 MHz coverage is 0.311 km for the uplink and 3,965 km for the downlink. The value used in determining cell coverage area is the smallest radius value of 0,257 km for Tamalanrea campus with a cell coverage area of 0.335 km² with a total of 7 sites and the smallest radius value of 0.31 km for the Gowa campus with a cell coverage area of 0.487 km² with a total of 1 sites. Simulations using Atoll 3.3 software obtained an average level of planning signal level on the Tamalanrea campus for FDD 1800 MHz of -65,95 dBm and the average signal level on the Gowa campus for FDD 1800 MHz is -73,65 dBm.

Keywords: LTE, FDD, TDD, Planning Capacity, Planning Coverage, Average Signal Level.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan topik perencanaan optimalisasi jaringan ini. Meskipun demikian penulis menyadari bahwa selama pengerjaan skripsi ini terdapat beberapa hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun tiada daya dan upaya kecuali dengan pertolongan Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Walaupun demikian, dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna yang disebabkan oleh keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat dibutuhkan dari semua pihak yang mana dapat membuat skripsi ini lebih baik di waktu yang akan datang.

Skripsi yang berjudul “Perencanaan Optimalisasi Jaringan LTE FDD 1800 MHz Berdasarkan Link Budget di Universitas Hasanuddin” ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum sarjana strata-1 (S-1) pada Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan skripsi ini, penulis banyak dihadapkan dengan berbagai hambatan dan kesulitan, namun berkat adanya bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis juga mengucapkan penghargaan dan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis yang tercinta, ayahanda **Jus Alim** dan ibunda **Rosnah**, yang selama ini senantiasa memberikan doa, dukungan moril maupun materi, harapan, nasihat dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi Strata-1.
2. Ibu **Merna Baharuddin, ST, M.Tel,Eng,Ph.D** selaku Pembimbing 1 dan Ibu **Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.**, selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, saran, dukungan, dan motivasinya dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Ir. Samuel Panggalo.,MT** selaku Penguji 1 dan Ibu **Andini Dani Achmad.,ST,MT** selaku Penguji 2 yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini agar menjadi lebih baik.
4. Ibu **Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.**, selaku Ketua Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, ST., MT.** selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin atas peran serta dukungannya.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak bimbingan, wawasan, dan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Seluruh staff akademik Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah berperan membantu proses administrasi dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Bapak **Handoko** yang telah memberikan bantuan dalam permohonan izin pengambilan data pada PT. XL Asiata Makassar.

9. Seluruh teman-teman seperjuangan Thyristor 15 terkhusus kepada saudari **Rezky Amalia Hamka** yang sudah banyak membantu dalam pembuatan skripsi penulis dan seluruh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas dorongan semangat dan kebersamaan yang tidak terlupakan selama penulis berada di kampus.
10. Saudari **Putri Islamiati, S.P** selaku seseorang yang senantiasa memberikan dukungan serta semangat yang tak henti-hentinya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih banyak atas kesabaran dan kesetiiaannya selama pembuatan skripsi ini. Terima kasih banyak telah menjadi *partner* terbaik yang selalu mendukung segala hal yang ingin penulis capai. Terima kasih karena tidak pernah lelah menghadapi keluh kesah ku selama pembuatan skripsi ini.
11. Saudara **M. Nur Azmal Dwi Putra** selaku satu-satunya saudara kandung yang telah memberikan bantuan dan semangat selama proses pembuatan skripsi penulis.
12. Saudara-saudari posko **KKN Reguler Bulukumba Kecamatan Ujung Loe, Posko Induk Gelombang 102**. Terima kasih untuk satu bulannya. Saya belajar banyak hal dengan waktu yang dihabiskan selama KKN.
13. **Kepada semua pihak** yang telah memberikan bantuan yang tak mampu penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan Penulis mohon maaf, dengan besar harapan semoga skripsi yang ditulis oleh Penulis ini dinilai ibadah disisi Allah Subhanahu

Wa Ta'ala dan bermanfaat bagi siapa saja membutuhkannya, khususnya pada lingkungan Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanudin. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini semoga segala amal dan kebbaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 11 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Menara Telekomunikasi	6
2.1.1 Jenis-jenis Menara	6
2.2 Teknologi <i>Long Term Evolution</i> (LTE)	8
2.2.1 Arsitektur Jaringan LTE	8
2.2.2 Teknologi Inti Pendukung LTE	17
2.2.2.1 FDD	17
2.2.2.2 OFDM	18
2.2.2.3 MIMO	18
2.2.2.4 Arsitektur All-IP	18
2.3 Teknologi 5G	19
2.4 Perencanaan Jaringan LTE	20
2.4.1 <i>Capacity Planning</i> LTE	20
2.4.1.1 Estimasi Jumlah Pelanggan	20
2.4.1.2 Parameter <i>Service Model</i>	21
2.4.1.3 <i>Single User Throughput</i>	22

2.4.1.4	<i>Network Throughput</i>	22
2.4.1.5	<i>Cell Throughput</i>	23
2.4.1.6	Jumlah Sel	24
2.4.1.7	Jumlah <i>User Per Site</i>	25
2.4.1.8	Luas Cakupan dan Radius Sel	25
2.4.2	<i>Coverage Planning LTE</i>	26
2.4.2.1	<i>Radio Link Budget</i>	26
2.4.2.2	<i>Cell Dimensioning</i> Berdasarkan Cakupan	29
2.4.2.3	Model Propagasi Cost-231 (<i>Walfisch-Ikegami</i>)	29
2.5	Major Parameter pada Drive Test 4G LTE	30
2.6	<i>Software Radio Planning Atoll</i>	31
BAB 3	METODE PENELITIAN	33
3.1	Tahapan Penelitian	33
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	34
3.3	Jenis dan Sumber Data	34
3.4	Paradigma Penelitian	35
3.5	Alat dan Bahan Penelitian	35
3.6	Diagram Alir Perencanaan	36
3.7	Kondisi Geografis Universitas Hasanuddin	33
BAB 4	HASIL DAN ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN	40
4.1	Analisis Perencanaan Area Kampus Tamalanrea	40
4.1.1	Analisis <i>Capacity Planning</i>	40
4.1.1.1	<i>Traffic Forecasting</i>	40
4.1.1.2	Parameter <i>Service Model</i>	40
4.1.1.3	Perhitungan <i>Single User Throughput</i>	41
4.1.1.4	Perhitungan <i>Network Throughput</i>	42
4.1.1.5	Perhitungan <i>Cell Throughput</i>	42
4.1.1.6	Perhitungan Jumlah Sel	42
4.1.1.7	Perhitungan Jumlah <i>User Per Site</i>	43
4.1.1.8	Perhitungan Luas Cakupan dan Radius Sel	43
4.1.2	Analisis <i>Coverage Planning</i>	43
4.1.2.1	<i>Radio Link Budget</i>	43

4.1.2.2 Perhitungan Model Propagasi LTE	45
4.1.3 Analisis Perencanaan <i>Capacity</i> dan Perencanaan <i>Coverage</i> Kampus Tamalanrea	46
4.2 Analisis Perencanaan Area Kampus Gowa.....	47
4.2.1 Analisis <i>Capacity Planning</i>	47
4.2.1.1 <i>Traffic Forecasting</i>	47
4.2.1.2 Perhitungan <i>Network Throughput</i>	47
4.2.1.3 Perhitungan Jumlah Sel	48
4.2.1.4 Perhitungan Jumlah <i>User Per Site</i>	48
4.2.1.5 Perhitungan Luas Cakupan dan Radius Sel	48
4.2.2 Analisis <i>Coverage Planning</i>	49
4.2.2.1 <i>Radio Link Budget</i>	49
4.2.2.2 Perhitungan Model Propagasi LTE	50
4.2.3 Analisis Perencanaan <i>Capacity</i> dan Perencanaan <i>Coverage</i> Kampus Gowa	50
4.3 Kualitas <i>Coverage</i> Sinyal Hasil Perencanaan	51
4.4 Hasil Simulasi <i>Dimensioning</i> Menggunakan <i>Software Atoll</i>	54
4.4.1 Hasil Simulasi <i>Dimensioning</i> Kampus Tamalanrea.....	55
4.4.1.1 Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan FDD 1800 MHz	58
4.4.2 Hasil Simulasi <i>Dimensioning</i> Kampus Gowa	63
4.4.2.1 Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan FDD 1800 MHz	66
4.5 Analisis Pengaruh Penempatan Titik <i>Site</i>	71
BAB 5 PENUTUP	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arsitektur LTE	9
Gambar 2.2. <i>Evolved Packet Core</i>	10
Gambar 2.3. Perkembangan 4G LTE	12
Gambar 2.4 <i>Peak Data Rate</i> 2G, 3G dan 4G	14
Gambar 2.5 Contoh Simulasi Pada <i>Atoll</i>	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan LTE di Universitas Hasanuddin Berdasarkan <i>Site Existing</i>	37
Gambar 3.2 Kampus Tamalanrea UNHAS pada <i>Open Street Map</i>	38
Gambar 3.3 Kampus Gowa UNHAS pada <i>Open Street Map</i>	39
Gambar 4.1 Hasil Simulasi <i>Site Existing</i> Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS dengan <i>Google Street Map</i>	56
Gambar 4.2 Histogram <i>Signal Level Site Existing</i> FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS	56
Gambar 4.3 Penempatan <i>Site</i> FDD 1800 MHz di Kampus Tamalanrea UNHAS	57
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS dengan <i>Google Street Map</i>	58
Gambar 4.5 Area dan Kualitas Cakupan <i>Site</i> untuk Frekuensi FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS pada <i>Google Earth</i>	59
Gambar 4.6 Histogram <i>Signal Level</i> FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS	59
Gambar 4.7 CDF <i>Signal Level</i> FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS..	60
Gambar 4.8a Cakupan <i>Site Existing</i> Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea	62
Gambar 4.8b Cakupan Hasil Perencanaan Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea	62
Gambar 4.9 Hasil Simulasi <i>Site Existing</i> Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Gowa UNHAS dengan <i>Google Street Map</i>	64
Gambar 4.10 Histogram <i>Signal Level Existing</i> FDD 1800 MHz Kampus Gowa Unhas	64
Gambar 4.11 Penempatan <i>Site</i> FDD 1800 MHz di Kampus Gowa UNHAS	65
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Gowa UNHAS dengan <i>Google Street Map</i>	66

Gambar 4.13 Area dan Kualitas Cakupan <i>Site</i> untuk Frekuensi FDD 1800 MHz Kampus Gowa UNHAS pada <i>Google Earth</i>	67
Gambar 4.14 Histogram <i>Signal Level</i> FDD 1800 MHz Kampus Gowa UNHAS	67
Gambar 4.15 CDF Sinyal Level FDD1800 MHz Kampus Gowa UNHAS	68
Gambar 4.16a Cakupan <i>Site Existing</i> Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Gowa	70
Gambar 4.16b Cakupan Hasil Perencanaan Jaringan FDD 1800 MHz Kampus Gowa	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Bandwith vs Resource Block</i>	14
Tabel 2.2 <i>Peak Data Rate</i>	16
Tabel 2.3 <i>Resource Block</i>	24
Tabel 2.4 <i>Penetration Loss</i>	28
Tabel 2.5 Hubungan Cell Edge Probability, Cell Area Probability, Faktor F ...	29
Tabel 2.6 Proses Tahapan Simulasi Pada Atoll Secara Umum	31
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian	35
Tabel 4.1 <i>Traffic Forecasting</i> dan Total Pelanggan yang Diprediksi	40
Tabel 4.2 <i>Hasil Perhitungan Throughput Uplink dan Downlink Per Layanan</i> ..	40
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan <i>Single User Throughput Uplink dan Downlink</i>	41
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Network Throughput</i> Kampus Tamalanrea	42
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan <i>Cell Throughput</i>	42
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Jumlah Sel Berdasarkan <i>Capacity</i>	43
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Luas Cakupan dan Radius Sel	43
Tabel 4.8 Parameter MAPL Untuk Frekuensi 1800 MHz	44
Tabel 4.9 Perhitungan Radius Sel	45
Tabel 4.10 Perhitungan Radius Sel Berdasarkan Model Propagasi	46
Tabel 4.11 Data Perencanaan <i>Capacity</i>	46
Tabel 4.12 Data Perencanaan <i>Coverage</i>	46
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Luas Sel dan Jumlah Sel.....	46
Tabel 4.14 <i>Traffic Forecasting</i> dan Total Pelanggan yang Diprediksi	47
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Network Throughput</i> Kampus Gowa UNHAS	47
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Jumlah Sel Berdasarkan <i>Capacity</i>	48
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Luas Cakupan dan Radius Sel	48
Tabel 4.18 Perhitungan Radius Sel	49
Tabel 4.19 Perhitungan Radius Sel Berdasarkan Model Propagasi.	50
Tabel 4.20 Data Perencanaan <i>Capacity</i>	50
Tabel 4.21 Data Perencanaan <i>Coverage</i>	50
Tabel 4.22. Hasil Perhitungan Luas Sel dan Jumlah Sel.....	51
Tabel 4.23 Parameter Kualitas Berdasarkan <i>Coverage Planning</i>	51

Tabel 4.24 Standar Kualitas SINR.	52
Tabel 4.25 Standar Kualitas RSRP.	54
Tabel 4.26 Cakupan <i>Signal Level</i> FDD 1800 MHz Kampus Tamalanrea UNHAS.....	61
Tabel 4.27 Cakupan <i>Signal Level</i> FDD 1800 MHz Kampus Gowa UNHAS.....	69
Tabel 4.28 Kriteria Pengaruh Penempatan Posisi <i>Pole</i> terhadap Faktor Perencanaan Jaringan di Universitas Hasanuddin	71

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi telekomunikasi terus berkembang dan saat ini sudah menuju teknologi *Broadband Wireless Access*, dari sisi pengguna dituntut untuk dapat memenuhi komunikasi dengan laju data yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang semakin luas dan mobilitas yang tinggi dimanapun user berada baik didalam gedung (indoor) maupun diluar gedung (outdoor).

Di era globalisasi ini, teknologi seluler tidak hanya digunakan untuk melakukan panggilan suara tetapi juga untuk komunikasi data melalui internet. Hampir seluruh lapisan masyarakat menggunakan internet dalam aktivitas sehari-hari. Untuk memenuhi kebutuhan akses data yang semakin meningkat, perlu adanya peningkatan kualitas layanan multimedia agar mendapatkan kapasitas koneksi yang lebih besar dan akses data dengan kecepatan tinggi [1]. Terdapat beberapa teknologi yang telah diterapkan di Indonesia. Mulai dari teknologi 1G hingga teknologi 4G saat ini. 4G merupakan pengembangan dari teknologi 3G. Nama resmi dari teknologi 4G ini menurut IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) adalah '*3G and beyond*'. Sebelum 4G, *High-Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) yang kadangkala disebut sebagai teknologi 3,5G telah dikembangkan oleh WCDMA sama seperti EV-DO mengembangkan CDMA2000. HSDPA adalah sebuah protokol telepon genggam yang memberikan jalur evolusi untuk jaringan *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) yang akan dapat memberikan kapasitas data yang lebih besar (sampai

14,4 Mbit/detik arah turun). Sistem 4G akan dapat menyediakan solusi IP yang komprehensif dimana suara, data, dan arus multimedia dapat sampai kepada pengguna kapan saja dan dimana saja, pada rata-rata data lebih tinggi dari generasi sebelumnya. Belum ada definisi formal untuk 4G. Bagaimanapun, terdapat beberapa pendapat yang ditujukan untuk 4G, yakni 4G akan merupakan sistem berbasis IP terintegrasi penuh [2].

Secara umum, survey APJII menyebutkan, penetrasi pengguna internet di Indonesia meningkat secara 8 persen menjadi 143, 26 juta jiwa. Ini setara 54,68 persen dari populasi sekitar 262 juta orang. Berdasarkan kota/kabupaten, pengguna internet terkonsentrasi di wilayah urban dengan persentase 72,41 persen, rural urban 49,49 persen dan rural sebanyak 48,25 persen. Sejak dikomersialkan pada 2014, penetrasi layanan 4G LTE kian agresif. Berdasarkan data dari Menteri Komunikasi dan Informatika, dalam kurun waktu tiga tahun sudah terdapat 62.291 BTS 4G yang dibangun oleh operator telekomunikasi. Layanan ini juga sudah menjangkau 45.811 desa/kelurahan di 4.088 kecamatan dan 311 kabupaten/kota. Nilai ini akan terus meningkat tiap tahunnya diiringi pertumbuhan penduduk [3].

Frekuensi LTE secara umum yang dioperasikan di area Universitas Hasanuddin adalah 1800 MHz dengan mode FDD. Universitas Hasanuddin sebagai salah satu wadah akademik seharusnya mampu menyediakan kapasitas jaringan yang cukup memadai bagi pengguna di sekitarnya khususnya para tenaga pengajar dan mahasiswa maupun para karyawan, namun permasalahan di

Universitas Hasanuddin adalah terdapat bangunan tinggi yang menyebabkan terjadinya *shadow area* atau *blankspot area* di beberapa titik cakupan Universitas Hasanuddin, sehingga tidak mendapatkan layanan seluler secara maksimal.

Terdapat penelitian sebelumnya mengenai perencanaan BTS Hotel di Universitas Hasanuddin, mengenai perhitungan *link budget* serta menentukan jumlah dan penempatan BTS Hotel di Universitas Hasanuddin berdasarkan salah satu operator jaringan di Indonesia dengan *bandwidth* sebesar 5 MHz untuk jaringan LTE [4]. Penelitian lainnya adalah melakukan perencanaan jaringan Long Term Evolution (LTE) dengan menggunakan data parameter eNodeB *existing* di area Universitas Riau berdasarkan salah satu operator jaringan di Indonesia lainnya. Penelitian yang dilakukan tersebut menggunakan Atoll sebagai simulasi akhir dari hasil perencanaan [5]. Serta penelitian yang terakhir adalah melakukan perencanaan jaringan Long Term Evolution (LTE) Frequency Division Duplexing (FDD) dengan frekuensi 1800 MHz dan Time Division Duplexing (TDD) dengan frekuensi 2300 MHz menuju teknologi 5G di Universitas Hasanuddin berdasarkan salah satu operator jaringan di Indonesia [6].

Maka berdasarkan penelitian tersebut, dilakukan penelitian mengenai perencanaan jaringan LTE FDD untuk jangka waktu 5 tahun kedepan berdasarkan salah satu operator XL Axiata di Indonesia dengan *bandwidth* 5 MHz serta dengan kapasitas *user* yang lebih banyak. Penelitian ini berdasarkan pada analisis terhadap lokasi *site existing*, jumlah dan cakupan, perencanaan jaringan, dan penentuan jumlah *site* beserta lokasinya. Kemudian akan dilakukan simulasi *coverage* dan *capacity* menggunakan Atoll. Atoll memiliki beberapa kelebihan

diantaranya merupakan *software* yang umumnya digunakan dalam perencanaan jaringan dan menyediakan berbagai macam studi simulasi dengan berbagai teknologi serta dapat dengan mudah dioperasikan di sistem operasi Windows.

Penggunaan *Atoll* versi 3.3 dimaksudkan untuk mendapatkan hasil simulasi perencanaan jaringan LTE FDD sesuai dengan nilai parameter-parameter yang telah di tentukan. Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“PERENCANAAN OPTIMALISASI JARINGAN 4G LTE FDD 1800 MHZ BERDASARKAN LINK BUDGET DI UNIVERSITAS HASANUDDIN”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana melakukan perencanaan optimalisasi *capacity* dan *coverage* LTE FDD yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan layanan jaringan di Universitas Hasanuddin?
2. Bagaimana menentukan parameter link budget dari *site existing* PT XL Asiat?
3. Bagaimana hasil simulasi perencanaan optimalisasi untuk mengetahui *coverage signal level* jaringan LTE menggunakan *software Atoll* versi 3.3?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan optimalisasi *capacity* dan *coverage* LTE berupa kapasitas jaringan dan jumlah *site* yang dibutuhkan di Universitas Hasanuddin.

2. Menentukan parameter link budget dari *site existing* PT XL Asiatia yang berada di Universitas Hasanuddin.
3. Melakukan simulasi perencanaan untuk mengetahui *coverage signal level* jaringan LTE menggunakan *software Atoll 3.3*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, perencanaan yang akan dibuat dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Data parameter dan perhitungan perencanaan dilakukan menggunakan *data existing* operator PT. XL Asiatia.
2. Area perencanaan merupakan area Universitas Hasanuddin Makassar kampus Tamalanrea dan kampus Gowa.
3. Melakukan perhitungan perencanaan *capacity* dan *coverage* pada teknologi LTE untuk frekuensi FDD 1800 MHz untuk area kampus Tamalanrea dan area kampus Gowa.
4. Pengukuran dilakukan menggunakan metode propagasi *Cost-231* untuk jaringan LTE.
5. Menggunakan *software phu* dan *probe* untuk mekanisme *drive test*.
6. Perencanaan jaringan LTE hanya sampai pada tahap penentuan lokasi, jumlah *site*, serta simulasi luas cakupan dan radius dari tiap *site*. Sedangkan untuk optimalisasi hanya sampai pada penentuan sudut *azimuth* dan *downtilt* mekanik setiap *site*.
7. Perencanaan dilakukan tidak mempertimbangan masalah biaya operasional.

8. Melakukan simulasi *coverage signal level* menggunakan *Atoll* versi 3.3.
9. Menggunakan input map digital berupa *Open Street Map* Kota Makassar khususnya kampus Tamalanrea dan kampus Gowa Universitas Hasanuddin.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang diuraikan berikut ini:

1. Bagi operator seluler, penelitian ini diharapkan kedepannya dapat diimplementasikan dan dijadikan sebagai salah pertimbangan dalam regulasi BTS di Kota Makassar.
2. Bagi masyarakat, mahasiswa, dan staf akademik penelitian ini diharapkan kedepannya bermanfaat dalam memberikan kemudahan untuk memenuhi kebutuhan terhadap layanan seluler.
3. Bagi peneliti dan institusi Universitas Hasanuddin, penelitian ini berguna untuk menambah wawasan dan kemampuan terhadap perencanaan BTS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Menara Telekomunikasi

Menara (*tower*) adalah menara yang terbuat dari rangkaian besi atau pipa baik segiempat atau segitiga, atau hanya berupa pipa panjang (tongkat), yang bertujuan untuk menempatkan antena dan radio pemancar maupun penerima gelombang telekomunikasi dan informasi. Menara BTS komunikasi dan informatika memiliki derajat keamanan tinggi terhadap manusia dan makhluk hidup di bawahnya, karena memiliki radiasi yang sangat kecil sehingga cukup aman bagi masyarakat di bawah maupun di sekitarnya [7]. 5

2.1.1 Jenis-jenis Menara

Terdapat beberapa jenis menara yang biasa kita lihat, seperti menara pembangkit tenaga listrik, menara radio / TV, menara milik angkatan bersenjata, dan terakhir menara telekomunikasi seluler.

Menara BTS jika digolongkan dari material pembuatnya bisa digolongkan menjadi dua, yaitu menara BTS baja dan beton. Menara BTS jika digolongkan dari penempatan ketinggiannya bisa digolongkan menjadi dua, yaitu yang diletakkan diatas tanah (*Menara greenfield*) dan yang diletakkan di atas atap gedung (*Menara rooftop*) [8]. 6 Sedangkan menara BTS jika digolongkan berdasarkan bentuknya, maka menara dapat dibagi tiga jenis, yaitu [7]: 5

a. *Rectangular*

Menara jenis ini berbentuk segi empat dengan empat kaki. Menara dengan empat kaki sangat jarang dijumpai roboh, karena memiliki kekuatan tiang pancang serta sudah dipertimbangkan konstruksinya. Tipe ini mahal biayanya (mencapai 600 juta hingga 1 milyar), namun kuat dan mampu menampung banyak antena dan radio. Tipe menara ini banyak dipakai oleh perusahaan-perusahaan bisnis komunikasi dan informatika yang bonafid.

b. *Triangle*

Menara ini berbentuk segitiga dengan tiga kaki. Menara segitiga disarankan untuk memakai besi dengan diameter 2 cm ke atas. Beberapa kejadian robohnya menara jenis ini karena memakai besi dengan diameter di bawah 2 cm. Ketinggian maksimal menara jenis ini yang direkomendasi adalah 60 meter. Ketinggian rata-rata adalah 40 meter.

c. *Pole/monopole*

Menara ini berupa tiang pancang dengan satu kaki. Jenis menara yang berupa tiang pancang tunggal atau memiliki satu kaki saja dengan menggunakan profil pipa. Penempatan monopole biasanya langsung di atas tanah (*Greenfield*). Monopole biasanya memiliki ketinggian kurang dari 30 meter. Dari penampangnya menara tipe *monopole* ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu [9] 7:

- 1) *Circular-pole* adalah jenis monopole yang memiliki diameter penampang /panel yang seragam dari bawah sampai atas.
- 2) *Tapered-pole* adalah jenis monopole yang memiliki ukuran diameter penampang yang bervariasi yaitu diameter yang digunakan semakin keatas akan semakin kecil.

2.2 Long Term Evolution (LTE)

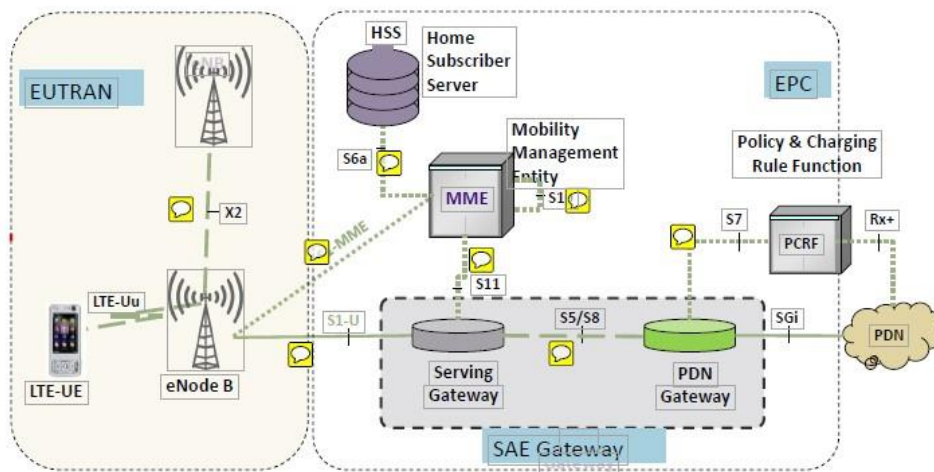
Teknologi *wireless* generasi keempat (4G) meliputi seluruh teknologi *broadband wireless* yang memiliki kemampuan dengan layanan kecepatan, *Quality of Experience* (QoE) dan *Quality of Service* (QoS) yang tinggi dan lebih baik dibandingkan dengan teknologi pada generasi sebelumnya. Teknologi 4G ditandai dengan munculnya *Long Term Evolution* (LTE), LTE merupakan standar komunikasi data jaringan seluler berkecepatan tinggi dikembangkan oleh *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) sebuah standar spesifikasi teknis sebagai evolusi dan pemeliharaan teknologi seluler untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan seperti pada generasi kedua (2G) dan generasi ketiga (3G) [5] 3.

2.2.1 Arsitektur Jaringan LTE

Tujuan dari LTE adalah untuk menyediakan *mobile broadband wireless access* yang mendukung kecepatan data yang lebih tinggi, latensi yang lebih rendah, spektrum yang lebih luas dan teknologi paket data yang lebih optimal dari teknologi-teknologi seluler pada generasi sebelumnya [11]. 4

Arsitektur Jaringan LTE dalam suatu konfigurasi jaringan telekomunikasi bergerak dalam hal ini LTE diperkenalkan suatu jaringan yang baru yang diberi nama *Evolved Packet System* (EPS). EPS terdiri dari jaringan akses yang pada

LTE disebut dengan *Evolved UMTS Terrestrial Access Network* (E-ULTRAN) dan jaringan inti yang pada LTE disebut *System Architecture Evolution* (SAE). SAE merupakan istilah yang menggambarkan evolusi jaringan *core* menuju *Evolved Packet Core* (EPC). Pada LTE konfigurasi merupakan pengembangan teknologi sebelumnya [6] 4. Arsitektur jaringan LTE dapat diperlihatkan pada Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1. Arsitektur LTE [10]. 5

a. E-UTRAN

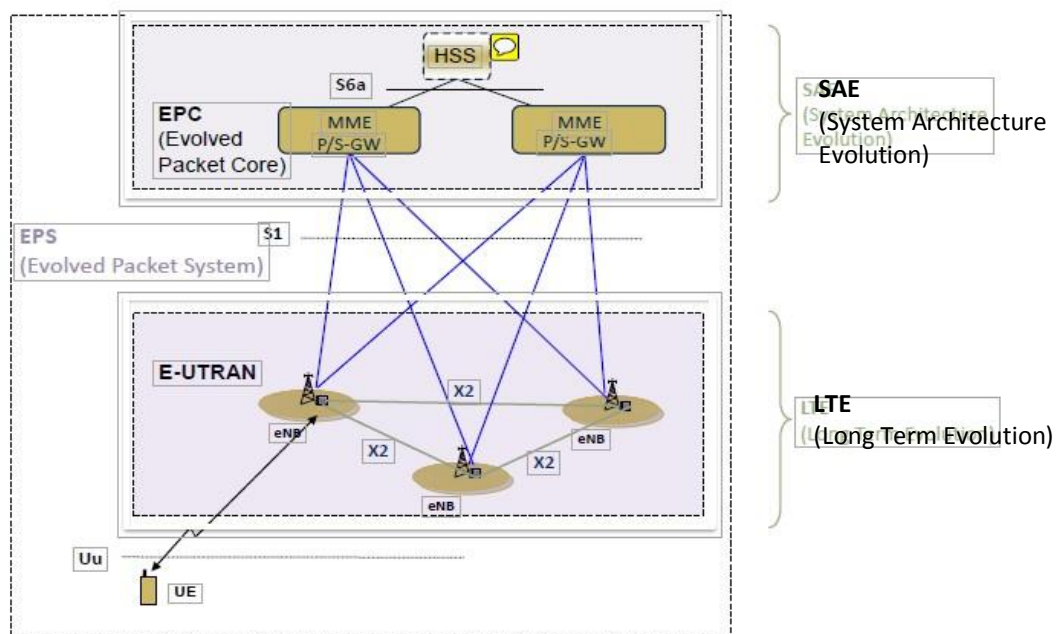
Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses ke U E jaringan *core*. Berbeda seperti teknologi sebelumnya yang memisahkan NodeB dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved Node B* (eNodeB) yang telah menggabungkan fungsi keduanya [10]. 5

b. *eNodeB*

Evolved NodeB (eNodeB) adalah antar muka jaringan LTE dengan pengguna. Pada jaringan GSM dikenal sebagai BTS dan pada jaringan UMTS dikenal sebagai NodeB. Perbedaan eNodeB dengan BTS maupun NodeB adalah kemampuannya untuk melakukan fungsi kontrol sambungan dan *handover*. Dengan demikian tidak ada lagi pengatur tambahan seperti BSC atau RNC pada sistem LTE [10]. 5

c. *EPC*

Evolved Packet Core (EPC) adalah sebuah sistem yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah sistem di mana pada bagian *core network* menggunakan *All-IP*. Arsitektur *Evolved Packet Core* (EPC) terdiri dari beberapa bagian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Arsitektur *Evolved Packet Core* [10]. 5

Evolved Packet Core pada LTE adalah arsitektur jaringan yang telah disederhanakan, dirancang untuk terintegrasi dengan komunikasi berbasis jaringan IP. Perbedaan EPC dengan sentral penyambungan generasi sebelumnya adalah bahwa EPC murni bekerja berdasarkan prinsip *Packet Switch* (PS), tidak ada lagi penyambungan *Circuit Switch* (CS) [10]. 5

d. *Serving Gateway* (S-GW)

Serving Gateway (S-GW) terdiri dari dua bagian, yaitu [10]: 5

1. S-GW

S-GW (*Serving Gateway*) bertugas mengatur jalan dan meneruskan data yang berupa paket dari setiap UE, S-GW bersama dengan SGSN juga berfungsi sebagai penghubung antara LTE dengan teknologi 3GPP lainnya seperti *GSM/EDGE Radio Access Network* (GERAN) dan *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN).

2. PDN-GW

PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*) bertugas mengatur hubungan jaringan data antara UE dengan jaringan paket data lain di luar 3GPP seperti WLAN, Wimax, CDMA 2000 1x, dan EVDO [10]. 5

e. *Mobility Management Entity* (MME)

Mobility Management Entity (MME) merupakan pengatur utama setiap bagian dari LTE/SAE. Pada saat UE tidak aktif, MME bertugas untuk senantiasa melacak keberadaan pelanggan dengan melakukan *tracking* dan *paging*. Saat UE aktif, MME bertugas untuk memilihkan S-GW yang tepat selama berlangsungnya komunikasi [10]. 5

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

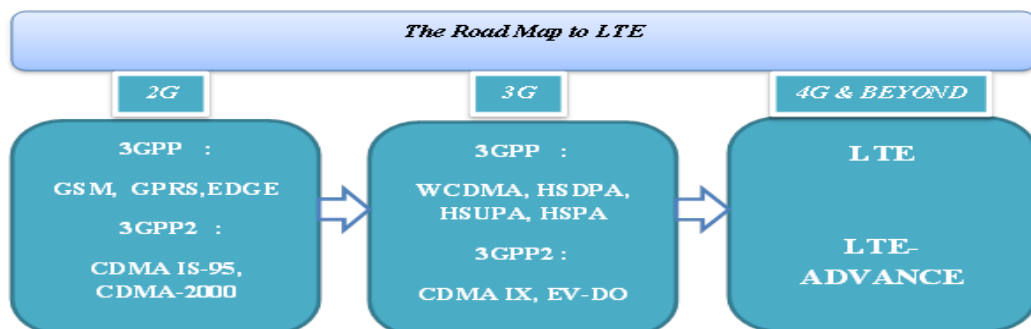
Policy and Charging Rules Function (PCRF), berfungsi menentukan *Quality of Service (QoS)* dan *charging* untuk masing-masing UE [10]. 5

g. *Home Subscription Service (HSS)*

Home Subscription Service (HSS) berupa sistem database yang bertugas untuk membantu MME dalam melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan. Penerimaan atau penolakan UE bergantung pada database HSS [10].

2.2.2 Teori dan Rumus LTE

LTE (Long Terms Evolution) merupakan standarisasi teknologi akses radio yang diperkenalkan oleh 3GPP yang mendukung throughput yang sangat tinggi dan latency yang sangat rendah. LTE yang merupakan evolusi dari GSM dan WCDMA dimulai pada tahun 2004 dengan alasan kebutuhan internet yang sangat cepat guna mendukung layanan mobile broadband yang kedepannya sangat diperlukan untuk mendukung segala aktivitas [11].



Gambar 2.3 Perkembangan 4G LTE [11]

Gambar 2.3 menjelaskan bahwa LTE hadir pada generasi ke-4 yang merupakan pengembangan dari teknologi HSPA (High Speed Packet Acces). LTE yang merupakan teknologi all-IP yang memfokuskan diri pada layanan Packet Switched (PS). Dengan kecepatan downlink hingga 300 Mbps dan uplink 75

Mbps, LTE dijadikan standar komunikasi nirkabel yang berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA untuk perangkat komunikasi bergerak [11].

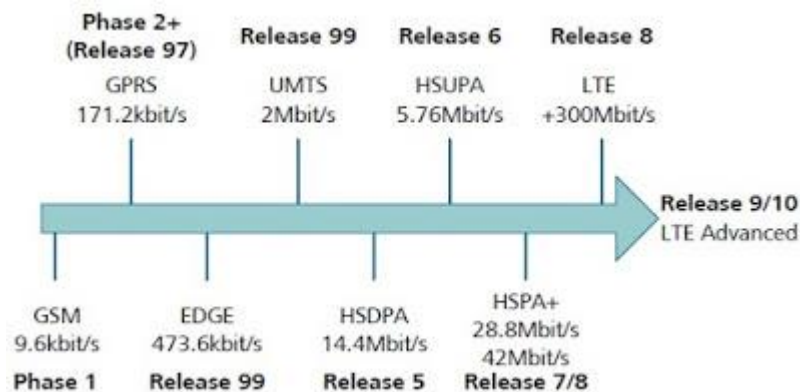
Selain itu, LTE mampu mendukung aplikasi yang secara umum terdiri dari voice, data, video dan termasuk juga IPTV. Karena jaringan antarmuka antara 2G dan 3G tidak cocok dengan LTE, LTE dioperasikan melalui spectrum nirkabel yang terpisah [11].

LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA yang diperkenalkan pertama kali oleh 3GPP (*third generation partnership project*) release 8. LTE menyediakan all-IP pada arsitektur jaringannya yang mana terletak perbedaan fungsi pada perangkat dari generasi sebelumnya. Dari sisi interface, LTE menggunakan OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) pada sisi downlink dan SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*) pada sisi uplink-nya. Teknologi LTE secara teoritis menawarkan kecepatan *downlink* up to 100 Mbps dan *Uplink* up to 50 Mbps. *Bandwidth* operasi fleksibel yaitu up to 20 Mhz. LTE mendukung pemakain *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) untuk meningkatkan performansi user dalam arah *uplink* dan *downlink*. Modulasi yang dapat digunakan yaitu QPSK (2 bit per simbol), 16QAM (4 bit per simbol), 64QAM (6 bit per simbol) [11].

Pada OFDM terdapat istilah *Resource Block* (RB). *Resource Block* adalah suatu blok transmisi pada OFDM yang disusun dari domain waktu dan frekuensi. Banyaknya jumlah *resource block* tergantung pada *bandwidth* yang digunakan. Semakin besar *bandwidth*, semakin besar pula *resource block* yang tersedia.

Dengan begitu, semakin besar sistem memiliki *resource block*, maka semakin besar pula maksimal *throughput* yang dihasilkan [11].

Berikut *peak data rate* yang dijanjikan oleh LTE dibandingkan dengan teknologi sebelumnya (2G dan 3G), yaitu [12]:13



Gambar 2.4 Peak Data Rate 2G, 3G dan 4G [12] 13

Dari gambar diatas terlihat bahwa LTE menjanjikan *peak data rate* sebesar 300 Mbps lebih, yang diperoleh dari LTE yang menggunakan beberapa parameter sebagai berikut [12] : 13

- Bandwidth 20 MHz,
- Modulasi 64QAM
- Antena MIMO 4x4
- Handset minimal Cat 5

Bandwidth 20 Mhz memiliki Resource Block (RB) sebesar 100 RB, seperti pada tabel berikut [13] :

Tabel 2.1 Bandwidth vs Resource Block (RB)

Channel bandwidth BW_{Channel} [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Transmission bandwidth configuration N_{RB}	6	15	25	50	75	100

Seperti yang telah kita ketahui, bahwa bagian terkecil suatu Resource Block (RB) adalah *Resource Element (RE)*. Dalam satu RB terdapat 84 RE pada periode 0,5 ms. Berarti dalam periode TTI (Time Transmission Interval) = 1 ms terdapat 168 RE atau 168 symbol OFDM, atau 168 bit/ms.

Maka, Peak Data Rate untuk 20 MHz adalah:

Peak Data Rate = Jumlah symbol OFDM (bit)/ms x jumlah RB (20 MHz) x MIMO (4x4) x 64QAM x Code Rate x efektivitas RB (75%) setelah dikurangi overhead signalling (25%).

Peak Data Rate = 168 bit/ms x 100 x 4 x 6 x 1 x 0.75 x 1000 ms/s = 302400000 bit/s = **302,4 Mbps**

Secara teori, *Peak Data Rate* yang diperoleh sebesar 302,4 Mbps, namun kondisi terkini jarang sekali menggunakan 20 MHz, karena implementasi yang dimungkinkan terutama untuk outdoor coverage adalah 10 Mhz. Sebagian site indoor menggunakan bandwidth 15 MHz. Begitu juga dengan antenna MIMO, yang terimplementasi saat ini adalah MIMO 2 x 2 saja [13].

Berikut perhitungan *Peak Data Rate* dengan *BW* sebesar 20 MHz, dan MIMO antenna 2 x 2 :

Peak Data rate = 168 bit/ms x 100 x 2 x 6 x 1 x 0.75 x 1000 ms/s = 151200000 bit/s = **151,2 Mbps**.

Berikut perhitungan *Peak Data Rate* dengan *BW* sebesar 15 MHz, dan MIMO antenna 2 x 2 :

Peak Data rate = 168 bit/ms x 75 x 2 x 6 x 1 x 0.75 x 1000 ms/s = 113400000 bit/s = **113,24 Mbps**.

Berikut perhitungan Peak Data Rate dengan BW sebesar 10 MHz, dan MIMO antenna 2 x 2 :

$$\text{Peak Data rate} = 168 \text{ bit/ms} \times 50 \times 2 \times 6 \times 1 \times 0.75 \times 1000 \text{ ms/s} = 75600000 \text{ bit/s} \\ = \mathbf{75,6 \text{ Mbps.}}$$

Berikut perhitungan Peak Data Rate dengan BW sebesar 5 MHz, dan MIMO antenna 2 x 2 :

$$\text{Peak Data rate} = 168 \text{ bit/ms} \times 15 \times 2 \times 6 \times 1 \times 0.75 \times 1000 \text{ ms/s} = 37800000 \text{ bit/s} \\ = \mathbf{37,8 \text{ Mbps.}}$$

Berikut perhitungan Peak Data Rate dengan BW sebesar 3 MHz, dan MIMO antenna 2 x 2 :

$$\text{Peak Data rate} = 168 \text{ bit/ms} \times 25 \times 2 \times 6 \times 1 \times 0.75 \times 1000 \text{ ms/s} = 37800000 \text{ bit/s} \\ = \mathbf{22,68 \text{ Mbps.}}$$

Berikut perhitungan Peak Data Rate dengan BW sebesar 1,4 MHz, dan MIMO antenna 2 x 2 :

$$\text{Peak Data rate} = 168 \text{ bit/ms} \times 25 \times 2 \times 6 \times 1 \times 0.75 \times 1000 \text{ ms/s} = 37800000 \text{ bit/s} \\ = \mathbf{9,07 \text{ Mbps.}}$$

Berdasarkan perhitungan diatas bahwa, faktor Bandwidth menjadi sangat menentukan karena terkait jumlah Resource Block. Berikut resume Peak Data Rate dengan berbagai faktor BW [13] :

Tabel 2.2 Peak Data Rate [13]

Channel Bandwidth (MHz)	1,4	3	5	10	15	20
Resource Block	6	15	25	50	75	100
Peak Data Rate (Mbps)	9,07	22,68	37,8	75,6	113,24	151,2

2.2.3 Teknologi Inti Pendukung LTE

Kemunculan teknologi komunikasi bergerak tidak dapat lepas dari peranan penemuan teknologi-teknologi penunjang mulai dari metode akses jamak OFDM, konsep multi antena MIMO, hingga arsitektur jaringan berdasarkan protokol internet secara keseluruhan (*All-IP*) [5].

2.2.2.1 FDD

Teknologi LTE menyediakan 2 jenis cara pengiriman untuk duplex, yaitu *FDD (Frequency Division Duplex)* dan *TDD (Time Division Duplex)*. Di Indonesia untuk LTE FDD menggunakan frekuensi pada 900 MHz dan 1800 MHz. LTE FDD mempunyai karakteristik yang seimbang antara downlink dan uplink [5].

Pada metode akses radio FDD melakukan transmisi dengan meletakkan uplink dan downlink pada frequency band yang terpisah. Dan FDD memiliki beberapa antara lain. Pertama jarak antara pasangan uplink dan downlink adalah 100 MHz. Kemudian pengelompokan dilakukan dengan memisahkan antara uplink dan downlink, dan jarak antara kelompok uplink dan downlink di pisahkan oleh guardband [5].

FDD (*Frequency Division Duplexing*) merupakan teknik pengiriman data dengan menggunakan dua buah kanal yang berbeda antara penerima dan pengirim. Metode ini digunakan oleh mayoritas operator penyelenggara 4G di Indonesia dan banyak negara Asia Tenggara. FDD mempunyai kemampuan untuk menyelenggarakan suatu komunikasi yang simultan antara *mobile station* dengan *base station*.

Untuk keperluan ini maka FDD menyediakan dua band frekuensi sebagai kanal yang terpisah untuk masing-masing pengguna. Satu band frekuensi digunakan untuk melayani trafik dari *base station* ke *mobile station* yang dikenal dengan sebutan transmisi *downlink*, satu band lagi digunakan untuk melayani trafik dari *mobile station* ke *base station*, yang biasa disebut dengan transmisi *uplink*. Cara kerja FDD sendiri diklasifikasikan sebagai sistem *full duplex*, di mana baik *upload* maupun *download* dapat dilakukan dalam satu waktu yang sama karena FDD menggunakan dua saluran yang berbeda untuk mengunduh dan mengunggah data [5].

2.2.2.2 OFDM

Akses jamak adalah metode untuk mengoptimalkan lebar spektrum (*bandwidth*) agar dapat digunakan oleh sebanyak mungkin pengguna namun dengan gangguan seminimal mungkin. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) bisa dikatakan merupakan gabungan konsep OFDM dengan FDMA. *Sub-carrier* yang saling orthogonal tidak hanya dipetakan berdasarkan waktu namun juga dapat dialokasikan secara terpisah. OFDMA dipakai untuk *downlink* pada LTE. *Multiplexing* trafik dilakukan dengan mengalokasikan setiap *user* pada slot frekuensi-waktu dan dipilah berdasarkan kecepatan datanya [5].

2.2.2.3 MIMO

Pada sistem komunikasi *wireless* digital, gelombang yang terpantul-pantul melalui berbagai jalur (*multipath*) akan mengakibatkan pudaran pada informasi bit (*fading*). Sinyal pantulan dan sinyal yang berjalan lurus bersifat saling menggagalkan saat diterjemahkan di sisi penerima. LTE menggunakan teknologi

multi antena yang terdapat baik pada pengirim (Tx) maupun penerima (Rx). Teknologi multi antena yang terdapat pada pengirim dan penerima ini dikenal sebagai MIMO (*Multiple In-Multiple Out*) [5].

2.2.2.4 Arsitektur All-IP

Arsitektur *All-IP* meniadakan layanan asli komunikasi suara dan SMS yang merupakan sumber penghasilan utama operator pada teknologi 2G dan 3G karena layanan-layanan tersebut berdasarkan *circuit switch* (CS). Pada fase awal layanan 4G maka layanan suara dan SMS untuk perangkat telepon genggam bisa diturunkan kembali (*fallback*) ke jaringan 2G dan 3G.

Solusi lain adalah dengan menggunakan standar *Voice over LTE via Global Access Network* (VoLGA) yang merupakan gerbang penghubung antara *Mobile Switching Center* (MSC) dengan *System Architecture Network* (SAE). Jika sistem *core* sudah menggunakan *IP Multimedia Subsystem* (IMS) maka translasi SMS dan suara ke *CS core* melalui VoLGA tidak diperlukan lagi. Trafik suara dan SMS akan diperlukan seperti halnya komunikasi data biasa menggunakan standar *Voice over LTE* (VoLTE) [5].

2.4 Perencanaan Jaringan LTE

Perencanaan jaringan secara umum bertujuan untuk membangun jaringan yang efektif dan efisien. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan membahas tentang perencanaan jaringan LTE berdasarkan kapasitas (*Capacity Planning*) dan perencanaan jaringan LTE berdasarkan cakupan (*Coverage Planning*) [3].

2.4.1 Capacity Planning LTE

Kapasitas suatu jaringan merupakan salah satu tolak ukur dalam perencanaan, sehingga operator dapat memprediksi berapa besar suatu *site* dapat menampung *user* dengan berbagai macam layanan [7]. Perencanaan berdasarkan kapasitas meliputi estimasi pertumbuhan pelanggan, perhitungan *Offered Bit Quantity* (OBQ), perhitungan kapasitas sel, perhitungan jari-jari dan luas cakupan sel, dan perhitungan jumlah sel berdasarkan kapasitas [10].

2.4.1.1 Estimasi Jumlah Pelanggan

Perhitungan *traffic forecasting* sebagai berikut [16] :

$$U_n = U_0 (1 + F_p)^n \quad (2.1)$$

Keterangan :

U_0 = Jumlah penduduk saat tahun perencanaan

F_p = Faktor pertumbuhan

n = Tahun perencanaan

Tahap selanjutnya yaitu menentukan jumlah total pelanggan dari operator X yang telah diprediksi [16].

$$C_f = U_n \times P_p \times M_s \times PNT \quad (2.2)$$

Keterangan :

C_f = Jumlah total pelanggan operator X

U_n = Jumlah penduduk saat tahun ke-n

P_p = Penetrasi pengguna seluler

M_s = Market share operator X

PNT = Penetrasi layanan pada operator X

2.4.1.2 Parameter *Service Model*

Service model parameter merupakan parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan *throughput* layanan pada daerah perencanaan. *Service model* parameter meliputi [4] :

- a. *Session time* yaitu Durasi per layanan
- b. *Session duty ratio* yaitu Rasio transmisi data per sesi
- c. *Bearer rate* yaitu *Bit rate* pada *layer* aplikasi
- d. *Penetration rate* yaitu seberapa besar suatu layanan yang digunakan oleh *user*
- e. BHCA yaitu *Busy Hour Service Attempt*

Berikut ini merupakan perhitungan *throughput* suatu layanan menggunakan parameter-parameter di atas [11].

$$\text{Throughput} = \text{Bearer Rate} \times \text{Session Time} \times \text{Session Duty Ratio} \times [1/(1 - \text{BLER})] \quad (2.3)$$

Service model merupakan suatu pemodelan yang digunakan untuk memperhitungkan *throughput uplink* dan *downlink* pada tiap-tiap layanan [14].

Service model pada teknologi LTE dapat dilihat pada lampiran 7.

2.4.1.3 *Single User Throughput*

Single user throughput merupakan kebutuhan *bandwidth* per *user* terhadap suatu layanan. Perhitungan *single user throughput* digunakan untuk mendapatkan

network throughput. Berikut ini rumus perhitungan dari *single user throughput* [11].

$$\mathbf{Throughput}_{su} = \frac{[(\mathbf{Throughput}) \times \mathbf{BHCA} \times \mathbf{PR} \times (\mathbf{1} + \mathbf{Peak\ to\ Average\ Ratio})]}{\mathbf{Session} \times \mathbf{3600\ s}} \quad (2.4)$$

Parameter *single user throughput* teknologi LTE dapat dilihat pada lampiran 8.

2.4.1.4 Network Throughput

Network throughput merupakan kebutuhan *throughput* yang diperlukan dalam suatu daeran perencanaan. Perhitungan *network throughput* digunakan untuk mendapatkan jumlah *site* pada daerah layanan. Berikut ini merupakan persamaan *network throughput* [11].

$$\mathbf{UL\ Network\ Throughput} = \mathbf{Total\ Pelanggan} \times \mathbf{Uplink\ Throughput}_{su} \quad (2.5)$$

$$\mathbf{DL\ Network\ Throughput} = \mathbf{Total\ Pelanggan} \times \mathbf{Downlink\ Throughput}_{su} \quad (2.6)$$

2.4.1.5 Cell Throughput

Cell throughput merupakan kemampuan maksimum suatu sel dalam membangkitkan *throughput*. Perhitungan *cell throughput* dan *network throughput* digunakan untuk menentukan jumlah *site* pada daerah perencanaan. Berikut ini persamaan *cell throughput* dari sisi *uplink* dan *downlink* [11].

$$\mathbf{UL\ Cell\ Throughput} = ((\mathbf{168} - \mathbf{24}) \times \mathbf{Code\ Bit} \times \mathbf{Code\ Rate} \times \mathbf{Nrb} \times \mathbf{C} \times \mathbf{1000}) - \mathbf{24} \quad (2.7)$$

$$\text{DL Cell Throughput} = ((168 - 36 - 12) \times \text{Code Bit} \times \text{Code Rate} \times \text{Nrb} \times \text{C} \times 1000) - 24 \quad (2.8)$$

Di mana :

- 168 = Jumlah *resource element* (RE) dalam 1 ms.
- 36 = Jumlah *control channel* RE dalam 1 ms.
- 12 = Jumlah *reference sinyal* RE dalam 1 ms.
- 24 = Jumlah *reference sinyal* RE dalam 1 ms.
- Code bits* = Efisiensi modulasi.
- Code rate* = *Channel coding rate*.
- Nrb = Jumlah *Resource Blocks* (RBs).
- C = Jenis antena *MIMO*
- CRC = 24 (1 *resource element*)

Berikut ini pada Tabel 2.3 merupakan tabel *resource block*.

Tabel 2.3 Resource Block [15].

<i>Bandwidth</i> (MHz)	Jumlah RB
1,4	6
3	15
5	25
10	50
15	75
20	100

2.4.1.6 Jumlah Sel

Perhitungan jumlah sel merupakan proses untuk menentukan jumlah jumlah sel dan jumlah site pada daerah perencanaan. Perhitungan jumlah sel berdasarkan capacity ditentukan oleh network throughput dengan cell capacity.

Berikut ini merupakan persamaan perhitungan jumlah sel [11].

$$\text{Jumlah Sel} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Cell Throughput}} \quad (2.9)$$

Adapun perhitungan jumlah *site* adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Site} = |\text{Jumlah Sel Downlink} - \text{Jumlah Sel Uplink}| \quad (2.10)$$

2.4.1.7 Jumlah User Per Site

Perhitungan jumlah *user per site* digunakan untuk menentukan seberapa banyak *user* yang dapat dilayani oleh satu *site*. Berikut ini merupakan persamaan perhitungan jumlah *user per site* [11].

$$\text{Jumlah User Per Site} = \frac{\text{Total Target user}}{\text{Jumlah site}} \quad (2.11)$$

2.4.1.8 Luas Cakupan dan Radius Sel

Luas cakupan dari suatu sel dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.12 berikut ini [3] :

$$\text{Luas Cakupan Sel} = \frac{\text{Luas Wilayah}}{\text{Jumlah Site}} \quad (2.12)$$

Radius sel untuk 3 sektor, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.13 berikut ini [3] :

$$\text{Radius Sel} = \sqrt{\frac{\text{Luas Cakupan Sel}}{1.95 \times 2.6}} \quad (2.13)$$

Jumlah sel yang dibutuhkan untuk mampu menangani trafik pada wilayah perencanaan yang ada dapat diperoleh persamaan rumus sebagai berikut [3]:

$$\text{Jumlah Sel} = \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Cakupan Sel Capacity}} \quad (2.14)$$

2.4.2 Coverage Planning LTE

Perhitungan *coverage planning* menghitung area di mana sinyal dapat diterima oleh UE atau *receiver*. Hal ini menunjukkan maksimum area yang dapat dicakup oleh suatu *site*. *Coverage planning* termasuk pengukuran radio frekuensi, *link budget* dan perhitungan model propagasi [3].

2.4.2.1 Radio Link Budget

Radio Link Budget merupakan suatu perhitungan kebutuhan daya sistem seluler sedemikian rupa, sehingga kualitas di penerima memenuhi standar yang diinginkan [12]. Persamaan-persamaan untuk mencari MAPL adalah sebagai berikut [11]:

1. MAPL arah *Uplink*

$$\text{EIRP}_{UL} = P_{\text{Max-Tx}} + G_{\text{Antenna-Tx}} - L_{\text{Body}} \quad (2.15)$$

Dari persamaan EIRP_{UL} di atas dapat digunakan untuk mendapatkan besaran nilai MAPL arah *uplink* LTE sebagai berikut :

$$\text{MAPL}_{UL-LTE} = \text{EIRP}_{UL} - S_{Rx} - IM - G_{\text{Antenna-Rx}} + L_{\text{Cable}} \quad (2.15a)$$

2. MAPL arah *Downlink*

$$\text{EIRP}_{DL} = P_{\text{Max-Tx}} + G_{\text{Antenna-Tx}} - L_{\text{Cable}}$$

(2.16)

Dari persamaan $EIRP_{DL}$ di atas dapat digunakan untuk mendapatkan besaran nilai MAPL arah *uplink* LTE sebagai berikut :

$$MAPL_{DL-LTE} = EIRP_{DL} - S_{Rx} - IM - G_{Antenna-Rx} + L_{Body} \quad (2.16a)$$

Keterangan :

$EIRP$: *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

P_{Max-Tx} : *Max. Tx Power* (dBm)

$G_{Antenna-Tx}$: *Tx Antenna Gain* (dBi)

L_{Body} : *Body Loss* (dB)

NF : *Noise Figure* (dB)

NF_{UE} : *Noise Figure User Equipment* (dB)

P_n : *Thermal Noise* (dBm)

Nf_{Rx} : *Receiver Noise Floor* (dBm)

S_{Rx} : *Receiver Sensitivity* (dBm)

$SINR$: *Signal to Interference Noise Ratio* (dBm)

IM : *Interference Margin* (dB)

$G_{Antenna-Rx}$: *Rx Antenna Gain* (dBi)

L_{Cable} : *Cable Loss* (dB)

FM : *Fading Margin* (dB)

Setelah didapatkan nilai MAPL, maka dapat ditentukan nilai MAPL untuk setiap *clutter* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada persamaan 2.17 berikut ini :

$$\mathbf{MAPL_{(C)} = MAPL (dB) - BPL (dB) - Shadowing Margin (dB)} \quad (2.17)$$

Building Penetration Loss (BPL) adalah *loss* yang diakibatkan oleh penghalang berupa gedung atau bangunan. *Building Penetration Loss* pada layanan seluler dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4 Penetration Loss [3].

<i>Clutter</i>	<i>Building Penetration Loss (dB)</i>	σ
Dense Urban	20 Sampai 25	9
Urban	15 Sampai 20	8
Suburban	10 Sampai 15	8
Rural	5 Sampai 10	7

Shadowing margin merupakan *variasi level* sinyal yang diakibatkan oleh seorang *subscriber* bergerak menuju bukit dan gedung. Sehingga *shadowing margin* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pada persamaan 2.18 berikut ini :

$$\mathbf{Shadowing Margin (dB) = \sigma (dB) \times F} \quad (2.18)$$

Di mana:

σ = deviasi standar untuk setiap *clutter*

F = *factor shadowing margin* dengan *cell edge probability* yang ditetapkan. Hubungan *Cell Edge Probability*, *Cell Area Probability* dan Faktor F dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5 Hubungan *Cell Edge Probability*, *Cell Area Probability*, Faktor F [3]

<i>Cell Edge Probability (%)</i>	<i>Cell Area Probability (%)</i>	F
50	75	0
75	90	0.67
84	94	1
90	97	1.28
95	99	1.65

2.4.2.2 *Cell Dimensioning* Berdasarkan Cakupan

Luas area cakupan sel untuk 3 sektor, dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.19 berikut ini :

$$\text{Luas Sel} = 2,6 \times 1,95 \times d^2 \quad (2.19)$$

Jumlah sel dapat dihitung dengan persamaan 2.20 berikut ini [3] :

$$\text{Jumlah Sel} = \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Cakupan Sel Coverage}} \quad (2.20)$$

2.4.2.3 Model Propagasi Cost-231 (*Walfisch-Ikegami*)

Untuk daerah urban model *Cost-231 Walfisch-Ikegami* merupakan model propagasi yang sesuai karena memperhitungkan beberapa *loss* sesuai karakteristik area urban dengan banyak gedung dan bangunan bertingkat [13].

Berikut ini merupakan persamaan model propagasi *Cost-231* [11] :

$$L_P = 46,3 + 33,9 \log(f) - 13,82 \log(h_{te}) - A(h_{re}) + [(44,9 - 6,55 \log(h_{te})) \log(d)] + C_M \quad (2.21)$$

Keterangan :

F = Frekuensi kerja (MHz)

$A(h_{re})$ = Faktor koreksi tinggi *antenna receiver*

$$A(h_{re}) = 3,2 (\log(11,75 h_{re}))^2 - 4,97$$

dB h_{te} = Tinggi *transmitter* (m)

h_{re} = Tinggi *receiver* (m)

0 dB untuk daerah kota sedang dan suburban

$$C_M = \begin{cases} 0 & \text{dB untuk daerah kota sedang dan suburban} \\ 3 & \text{dB untuk daerah pusat metropolitan} \end{cases}$$

2.5 Major Parameter pada Drive Test 4G LTE

1. RSRP

RSRP (*Reference Signal Received Power*), *power* dari sinyal *reference*.

Parameter ini adalah parameter yang spesifik pada *drive test* 4G LTE yang digunakan oleh perangkat untuk menentukan titik *handover*. Pada teknologi 2G, parameter ini bisa dianalogikan seperti RxLev, sedangkan 3G dianalogikan seperti RSCP [8].

2. SINR

SINR (*Signal-to-Noise Ratio*) adalah perbandingan kuat sinyal dibanding *noise background*. Pada teknologi 2G parameter ini bisa dianalogikan seperti RxQual, sedangkan pada 3G dianalogikan seperti Ec/No [8].

3. Throughput

Throughput merupakan jumlah data yang dikirim atau ditransfer dari sumber (*source*) ke tujuan (*destination*) persatuan waktu (*bits per second/bps*). *Throughput* maksimal yang diberikan pun akan berbeda karena jumlah *Resource Blok*-nya berbeda. Besar *throughput* sangat dipengaruhi oleh jumlah RB yang dapat diberikan kepada *user* [17].

2.6 Software Radio Planning Atoll

Atoll merupakan sebuah *software radio planning* yang menyediakan satu set alat dan fitur yang komprehensif dan terpadu yang memungkinkan *user* untuk membuat suatu proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu aplikasi. Secara umum proses tahapan perencanaan jaringan 4G LTE menggunakan *Atoll* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Proses Tahapan Simulasi pada *Atoll* Secara Umum [8]

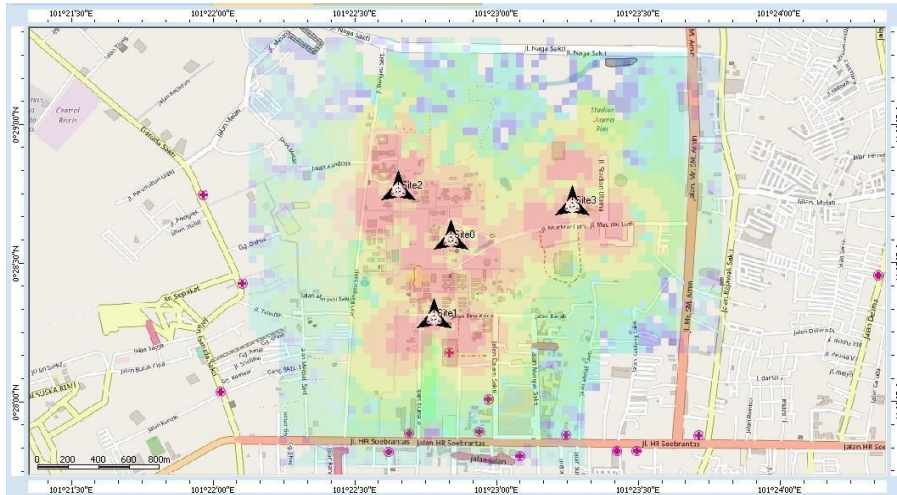
Proses Simulasi	
1.	Membuat proyek simulasi
2.	Memasukkan <i>map-set</i> sistem koordinat Input <i>digital map</i> area perencanaan.
3.	Memasukkan parameter- <i>parameter site</i> Koordinat <i>site</i> perencanaan.

- | | | |
|-----|--|---|
| 4. | Memasukkan atau <i>import</i> antena eNodeB dan terminal | Gain antena, pola horizontal dan vertikal, <i>beamwidth</i> , <i>Fmin</i> (frekuensi minimal), dan <i>Fmax</i> (frekuensi maksimal) yang digunakan untuk referensi dan tidak untuk kalkulasi. |
| 5. | Mengatur parameter jaringan | Pita frekuensi atau <i>frequency band</i> . |
| 6. | Mengatur tabel <i>transmitter</i> | Konfigurasi MIMO terminal (<i>Power</i> minimum dan maksimum), <i>noise figure</i> , <i>losses</i> , model antena MIMO, dan gain antena. |
| 7. | Mengatur parameter dari perangkat eNodeB | Mengatur peralatan <i>feeder</i> (rugirugi kabel <i>feeder</i>).

Mengatur perangkat eNodeB (tinggi eNodeB, <i>noise figure</i> dan koordinat dari site perencanaan).

Mengatur perangkat pengguna (tinggi UE, <i>line loss</i> , dan sebagainya). |
| 8. | Mengatur parameter clutter classes | <i>Standar deviation loss</i> , <i>shadowing margin</i> , dan <i>building penetration loss</i> . |
| 9. | Mengatur parameter model propagasi | |
| 10. | Mengatur parameter untuk simulasi yang diinginkan. | |
-

Adapun contoh simulasi dengan *Atoll* seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Contoh Simulasi Pada *Atoll* [3]