

SKRIPSI

**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz
DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD**

**COMPARISON ANALYSIS OF LTE FDD FREQUENCY 1800
MHz WITH LTE TDD FREQUENCY 2300 MHz PERFORMANCE
TELKOMSEL IN CLUSTER BSD**



Disusun oleh

**SERA INDRAS WARI
13101108**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2018

SKRIPSI

**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz
DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD**

**COMPARISON ANALYSIS OF LTE FDD FREQUENCY 1800
MHz WITH LTE TDD FREQUENCY 2300 MHz PERFORMANCE
TELKOMSEL IN CLUSTER BSD**



Disusun oleh

**SERA INDRAS WARI
13101108**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2018

**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz
DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD**

**COMPARISON ANALYSIS OF LTE FDD FREQUENCY 1800
MHz WITH LTE TDD FREQUENCY 2300 MHz PERFORMANCE
TELKOMSEL IN CLUSTER BSD**

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2018**

Disusun oleh
SERA INDRAS WARI
13101108

**DOSEN PEMBIMBING
ADE WAHYUDIN, S.T., M.T.
MUNTAQO ALFIN AMANAF, S.ST., M.T**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz
DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD**

**COMPARISON ANALYSIS OF LTE FDD FREQUENCY 1800
MHz WITH LTE TDD FREQUENCY 2300 MHz PERFORMANCE
TELKOMSEL IN CLUSTER BSD**

Disusun oleh
Sera Indras Wari
13101108

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 02 Oktober 2018

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : ADE WAHYUDIN, ST., M.T ()
NIDN. 0627128502

Pembimbing Pendamping : MUNTAQO ALFIN AMANAF, S.ST., M.T ()
NIDN. 0607129002

Penguji 1 : ACHMAD RIZAL DANISYA, ST., M.T ()
NIDN. 0631018902

Penguji 2 : SOLICHAH LARASATI, ST., M.T ()
NIDN. 16930036

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

NORMA AMALIA, S.T., M.Eng
NIDN.06310189902

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **Sera Indras Wari**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD**” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 02 Oktober 2018

Yang menyatakan,

(Sera Indras wari)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD”**.Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Keluarga tercinta terutama kedua orangtua beserta adik saya yang selalu memberikan doa motivasi dan dukungan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat selesai.
2. Bapak Ade Wahyudin, S.T., M.T.. selaku pembimbing I.
3. Bapak Muntaqo Alfin Amanaf, S.ST., M.T. selaku pembimbing II.
4. Ibu Norma Amalia., S.T., M.Eng. ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
5. Bapak Dr. Ali Rohman., M.Si. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
6. Bapak Kukuh Nugroho, S.T., M.T. Selaku dosen wali S1 Teknik Telekomunikasi 2013.
7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Program studi S1 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
8. Keluarga Wapala yang selalu memberi dukungan dan motivasi beserta arahan kepada penulis.
9. Almh.Della Kusuma Wardhani dan Gherry Ginting yang tidak henti-hentinya memotivasi penulis hingga skripsi ini selesai.

10. Keluarga KSOAK yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
11. Anak-anak Kosan Bumi Arca Indah yang sudah menemani penulis selama di Purwokerto.
12. Seseorang yang jauh disana yang selalu ada buat penulis dalam memberikan pesan moral beserta pembelajaran terimakasih dengan sangat sudah selalu menemani.

Purwokerto, Oktober 2018

(Sera Indras Wari)

ABSTRAK

Long Term Evolution merupakan suatu teknologi infrastruktur telekomunikasi seluler yang di kenal sebagai teknologi 4G LTE. *LTE* mempunyai dua macam teknologi yaitu *FDD* (*Frequency Division Duplex*) dan *TDD* (*Time Division Duplex*). *FDD* yang digunakan untuk simulasi ini berjalan pada frekuensi 1800MHz sedangkan *TDD* yang digunakan untuk simulasi ini berjalan pada frekuensi 2.300MHz. Perencanaan ini akan dilakukan untuk mengetahui performansi analisa perbedaan apa saja pada *LTE FDD* dengan *LTE TDD* di Wilayah Tangerang Selatan dengan menggunakan *site existing* pada simulator *Atoll 3.3* dalam perencanaan ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu perencanaan berdasarkan cakupan dan perencanaan berdasarkan kapasitas, berdasarkan cakupan *coverage* perhitungan jumlah *site* yang yang didapatkan melalui *enode-B* sebanyak 6 *site FDD* maupun *TDD*. Dari hasil simulasi menunjukan bahwa nilai *RSRP* rata-rata pada *FDD* adalah Urban sebesar -118,92 dBm sedangkan nilai rata-rata *RSRP* untuk *TDD* Urban sebesar -108,95 dBm. Nilai *SINR FDD* sebesar 4,6 dB dan Nilai *SINR TDD* sama yaitu 4,6 dB. Nilai *throughput downlink FDD* terbaik untuk layanan *Video Phone* sebesar 287,6 Mbps sedangkan *downlink TDD* terbaik untuk layanan *VoIP* adalah 78,36 Mbps. Nilai *throughput uplink FDD* terbaik untuk layanan *Video Phone* sebesar 591,4 Mbps sedangkan nilai *throughput uplink TDD* terbaik untuk layanan *VoIP* adalah 65,21 Mbps.

Kata kunci : *LTE FDD* (*Frequency Division Duplex*), *LTE TDD* (*Time Diviosion Duplex*), *Atoll*, *Coverage*, *Capacity*.

ABSTRACT

Long Term Evolution telecommunications infrastructure technology as 4G LTE technology. *LTE* has two types of technology, *FDD* (Frequency Division Duplex) and *TDD* (Time Division Duplex). *FDD* used simulation frequency of 1800 MHz and *TDD* used for simulation 2300 MHz frequency. Planning performance analysis differences *LTE FDD* with *LTE TDD* in South Tangerang by using site existing in the *Atoll* simulator 3.3 planning two stages, planning on *coverage* and planning on *capacity*, *coverage* calculation the number of sites enode-B is 6 *FDD* and *TDD* sites. Simulation results show that the average RSRP value on *FDD* is Urban at -118,92 dBm while the average RSRP value for Urban *TDD* is -108,95 dB. SINR *FDD* value is 4.6 dB and the SINR *TDD* value is 4.6 dB. *FDD* downlink throughput for Video Phone services is 287.6 Mbps while *TDD* downlink for VoIP services is 78.36 Mbps. *FDD* uplink throughput value for Video Phone services is 591.4 Mbps, *TDD* uplink throughput value for VoIP services is 65.21 Mbps.

Keywords : *LTE FDD (Frequency Division Duplex)*, *LTE TDD (Time Division Duplex)*, *Atoll*, *Coverage*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	III
HALAMAN PENGESAHAN	IV
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	V
PRAKATA.....	VI
ABSTRAK.....	VIII
ABSTRACT	IX
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	XIII
DAFTAR TABEL	XIV
AB I PENDAHULUAN	15
1.1 LATAR BELAKANG.....	15
1.2 RUMUSAN MASALAH	16
1.3 BATASAN MASALAH	17
1.4 TUJUAN PENELITIAN	17
1.5 MANFAAT PENELITIAN	18
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	18
BAB II DASAR TEORI	20
2.1 LTE.....	20
2.2 ARSITEKTUR LTE.....	22
2.2.1 <i>Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)</i>	22
2.2.2 <i>Evolved Packet Core (EPC)</i>	22
2.3 TEKNOLOGI TRANSMISI LTE	23
2.3.1 <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access (OFDMA)</i>	24
2.3.2 <i>Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)</i>	25
2.3.3 <i>Multiple Input Multiple Output (MIMO)</i>	25
2.4 PROPAGASI GELOMBANG RADIO	27

2.4.1	<i>Okumura-Hata</i>	27
2.4.2	<i>Cost – 231</i>	28
2.4.3	Stanford University Intern (SUI).....	29
2.5	<i>Multiplexing</i>	31
2.5.1	<i>Frequency Division Multiplexing (FDM)</i>	31
2.5.2	<i>Time Division Multiplexing (TDM)</i>	32
2.5.3	<i>Adaptive Modulation and Coding (AMC)</i>	32
2.6	<i>CODE RATE</i>	35
2.7	PERENCANAAN JARINGAN.....	37
2.8	LTE FDD (<i>Frequency Divison Duplexing</i>).....	42
2.9	LTE TDD (<i>Time Division Duplexing</i>).....	43
2.10	SKEMA DUPLEX.....	44
2.10.1	<i>Time Division Duplexing (TDD)</i>	44
2.10.2	<i>Frequency Division Duplexsing (FDD)</i>	45
2.11	SPEKTRUM FREKUENSI	46
2.11.1	<i>Penataan Spektrum Frekuensi LTE</i>	46
2.12	PARAMETER PERFORMASI PADA JARINGAN LTE	48
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....		53
3.1	ALAT YANG DIGUNAKAN	53
3.2	ALUR PENELITIAN.....	53
3.2.1	<i>Wilayah Perencanaan</i>	53
3.2.2	<i>Flowchart Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE)</i>	56
3.2.3	<i>Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE)</i>	57
3.3	PERANCANGAN SIMULASI DENGAN ATOLL	63
3.3.1	<i>RSRP (Reference Signal Received Power)</i>	63
3.3.2	<i>SINR (Signal to Interference Noise Ratio)</i>	64
3.3.3	<i>Pengaturan Map</i>	64

3.3.4	<i>Pengaturan Transmitter</i>	65
3.3.5	<i>Pengaturan Resource</i>	66
3.3.6	<i>Pengaturan trafik parameter</i>	66
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL DATA		67
4.1	TINJAUAN UMUM	67
4.4.1	Perhitungan <i>Link Budget</i>	75
a.	<i>Perhitungan MAPL Downlink FDD 1800Mhz</i>	75
b.	<i>Perhitungan MAPL Uplink FDD 1800Mhz</i>	77
c.	<i>Perhitungan MAPL downlink TDD 2300Mhz</i>	79
d.	<i>Perhitungan MAPL Uplink TDD 2300Mhz</i>	81
4.3	JUMLAH <i>ENODE-B</i>	86
4.4	SIMULASI MENGGUNAKAN ATOLL.....	86
4.5	ANALISA HASIL PERENCANAAN DAN SIMULASI	88
4.5.1	<i>Perencanaan Berdasarkan Coverage Cluster BSD</i>	88
4.5.2	<i>Throughput TDD 2300 MHz</i>	97
BAB V PENUTUP		99
5.1	KESIMPULAN.....	99
5.2	SARAN	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur LTE[3].	22
Gambar 2.2 OFDMA dan SC-FDMA[4].	24
Gambar 2.3 Perbedaan OFDM dan OFDMA[4].	24
Gambar 2.4 Struktur simbol subcarrier OFDMA[4].	25
Gambar 2.5 Konsep antena MIMO[4].	26
Gambar 2.6 Frequency Division Multiplexing (FDM) [7].	31
Gambar 2.7 Time Division Multiplexing (TDM) [7].	32
Gambar 2.8 Modulasi QPSK [8].	33
Gambar 2.9 Modulasi 16 QAM [8].	34
Gambar 2.10 Modulasi 64 QAM[8].	34
Gambar 2.11 Perbandingan FDD dengan TDD[12].	44
Gambar 2.12 Skema Pengiriman pada TDD[12].	45
Gambar 2.13 Skema Pengiriman Pada FDD[13].	46
Gambar 2.14 Alokasi Spektrum Frekuensi.[15].	47
Gambar 3.1 Peta kota tangerang selatan[18].	54
Gambar 3.2 Flowchart Perencanaan.	56
Gambar 3.3 Blok Diagram Perencanaan Kapasitas.	59
Gambar 3.4 Market Share Operator Telekomunikasi Tahun 2016.	59
Gambar 3.5 Blok Diagram Perencanaan Cakupan.	61
Gambar 3.6 Input Peta Digital Pada Atoll.	65
Gambar 4.1 Simulasi User Connected Pada Jaringan LTE FDD 1800 MHz.	71
Gambar 4.2 Simulasi User Connected Pada Jaringan LTE TDD 2300 MHz.	73
Gambar 4.3 Peletakan Site FDD.	87
Gambar 4.4 Peletakan Site TDD.	88
Gambar 4.5 Simulasi RSRP FDD.	89
Gambar 4.6 Grafik Simulasi RSRP FDD.	89
Gambar 4.7 Simulasi SINR FDD.	91
Gambar 4.8 Grafik Simulasi SINR FDD.	92
Gambar 4.9 Simulasi RSRP TDD.	93
Gambar 4.10 Grafik Simulasi RSRP TDD.	94
Gambar 4.11 hasil simulasi SINR TDD.	95
Gambar 4.12 Grafik Simulasi SINR TDD.	95
Gambar 4.13 hasil simulasi Throughput FDD.	96
Gambar 4.14 Grafik Nilai Throughput FDD.	97
Gambar 4.15 hasil simulasi Throughput TDD.	98
Gambar 4.16 Grafik Nilai Throughput TDD.	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Alokasi Spektrum Frekuensi[2].....	21
Tabel 2.2 Parameter Terrain [5].....	31
Tabel 2.3 Minimum AWGN (Additive White Gaussian Noise) [9]	35
Tabel 2.4 Subcarrier Bandwidth [9].....	41
Tabel 2.5 Rasio Kemungkinan Antara Uplink dan Downlink [18].....	45
Tabel 2.6 Deskripsi tiap – tiap nilai CQI[7].	50
Tabel 3.1 Data Penduduk Kota Tangerang Selatan Tahun 2016 [18].....	55
Tabel 3.2 Parameter Perencanaan.....	57
Tabel 3.3 Data Penduduk Berdasarkan Kelompok Umur 2016 [12]	60
Tabel 3.4 Rentang Nilai RSRP(19).....	64
Tabel 3.5 Rentang Nilai SINR(19).....	64
Tabel 4.1 Faktor Pertumbuhan Jumlah Penduduk Tangerang Selatan.....	69
Tabel 4.2 Service Traffic.....	70
Tabel 4.3 Nilai Throughput Peak per layanan LTE FDD 1800 MHz	72
Tabel 4.4 Nilai Throughput effective per layanan LTE FDD 1800 MHz	72
Tabel 4.5 Nilai Throughput cummulated per layanan LTE FDD 1800 MHz.....	72
Tabel 4.6 Nilai Throughput peak per layanan LTE TDD 2300 MHz	73
Tabel 4.7 Nilai Throughput effective per layanan LTE TDD 2300 MHz	74
Tabel 4.8 Nilai Throughput comulated per layanan LTE TDD 2300 MHz.....	74
Tabel 4.9 Jumlah User Connect dan Non Connect	74
Tabel 4.10 perhitungan link budget pada sisi downlink untuk FDD 1800Mhz dan TDD 2300Mhz.....	83
Tabel 4.11 perhitungan link budget pada sisi uplink untuk FDD 1800Mhz dan TDD 2300Mhz.....	84
Tabel 4.12 Jumlah eNodeB bedasarkan coverage.....	86
Tabel 4.13 Hasil Simulasi RSRP FDD.....	90
Tabel 4.14 Hasil simulasi SINR FDD 1800 Mhz	92
Tabel 4.15 Hasil Simulasi RSRP FDD.....	94
Tabel 4.16 Hasil Simulasi SINR TDD.....	96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penggunaan layanan data seluler yang terus meningkat sampai saat ini menyebabkan persaingan yang ketat diantara penyedia jaringan terutama provider-provider, dalam menanggapi kebutuhan pelanggan akan layanan data yang cepat dan murah maka para penyelenggara layanan data menghadirkan suatu teknologi yang merupakan evolusi dari jaringan seluler yang digunakan saat ini yang disebut dengan LTE (*Long Term Evolution*).

LTE merupakan suatu teknologi yang akan menyempurnakan infrastruktur telekomunikasi seluler saat ini yang sedang dikembangkan oleh suatu badan yang dinamakan 3GPP (*Third Generation Partnership*) Project LTE (*Long Term Evolution*), yang kita kenal sebagai teknologi 4G LTE, salah satunya memiliki dua cara pengantaran yang dikenal dengan istilah FDD (*Frequency Division Duplex*) dan TDD (*Time Division Duplex*).

Teknologi FDD sendiri berjalan pada dua frekuensi yang berbeda, yakni pada frekuensi 800MHz dan 1800MHz teknologi ini memiliki keseimbangan antara *upload* dan *download* karena masing-masing berjalan pada frekuensi yang berbeda. Cara kerja FDD sendiri diklasifikasikan sebagai sistem full duplex, ini berarti baik *upload* dan *download* selalu tersedia karena FDD menggunakan dua saluran yang berbeda untuk mengunduh dan mengunggah data sedangkan teknologi TDD sendiri diklasifikasikan sebagai sistem setengah duplex dan berada pada frekuensi 2.300MHz yang memiliki karakteristik sangat cepat ketika memberi akses unduh namun untuk kecepatan akses unggah cenderung lemah atau lambat. Hal ini disebabkan karena proses mengirim dan menerima data terjadi pada frekuensi yang sama, tetapi masing-masing hanya berlangsung *sepersekian* detik bergantian antara keduanya. Teknologi TDD sendiri sangat

cocok untuk data yang dikirimkan secara asimetris, misalnya untuk browsing internet, video surveillance atau broadcast. TDD dapat mengalokasikan lebih banyak waktu untuk bagian yang membutuhkan lebih banyak bandwidth, sehingga menyeimbangkan beban data[1]

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan perencanaan jaringan LTE yaitu studi perencanaan jaringan LTE area Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi. Pada penelitian tersebut menggunakan metode perencanaan cakupan dan perencanaan kapasitas. Sehingga diketahui jumlah eNodeB yang dibutuhkan dalam menyediakan layanan LTE FDD frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. Studi yang lain yaitu perencanaan jaringan LTE frekuensi 1800 MHz di jembatan Suramadu dengan Physical Cell Identity (PCI). Studi ini menitikberatkan pada pengaruh PCI terhadap kinerja jaringan. Studi yang lain yaitu perencanaan jaringan LTE FDD 1800 Mhz di Kota Semarang menggunakan software Atoll[3]. Studi ini menggunakan metode cakupan dan melakukan optimasi pada peningkatan power antenna eNodeB.

Dalam tulisan ini penulis akan membahas lebih lanjut mengenai LTE FDD dan TDD sehingga para pembaca dapat mengetahui secara lebih mendalam dan dapat membandingkan jaringan LTE TDD dengan LTE FDD. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengambil topik skripsi mengenai **“ANALISA PERBANDINGAN PERFORMASI LTE FDD-1800 MHz DENGAN LTE TDD-2300 MHz TELKOMSEL DI CLUSTER BSD”**. dengan tujuan membuat sebuah perbedaan perbandingan performa jaringan kecepatan antara LTE FDD dengan LTE TDD.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas dapat diketahui permasalahan yang perlu dikaji lebih lanjut yaitu :

- 1) Bagaimana merancang jaringan LTE FDD dan LTE TDD dengan simulasi software Atoll.
- 2) Bagaimana membandingkan parameter –parameter performa jaringan LTE FDD dengan LTE TDD.

1.3 BATASAN MASALAH

Pembatasan masalah ini berfungsi untuk membatasi persoalan yang dihadapi agar tidak menyimpang dari apa yang diinginkan. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Hanya menganalisa perbandingan parameter performasi LTE FDD dengan LTE TDD.
- 2) Tidak membahas mengenai simulasi perbedaan frekuensi yang sudah ditetapkan.
- 3) Tidak membahas *backhaul*, hanya jaringan akses LTE.
- 4) Frekuensi yang diambil dalam analisa perbandingan ini adalah FDD 1800 Mhz dan TDD 2300 Mhz.
- 5) Hanya melakukan parameter pengukuran frekuensi yang sudah dicantumkan.
- 6) Hanya membahas jaringan LTE untuk AREA CLUSTER.
- 7) Menggunakan hasil perancangan *coverage* dan *capacity* dari site existing.
- 8) Site yang di amati adalah site Telkomsel di kota Tangerang Selatan.
- 9) Software yang digunakan untuk pengerjaan skripsi ini adalah software Atoll 3.3.
- 10) Perencanaan dilakukan hanya perencanaan *coverage* dan *capacity*.
- 11) Model propagasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah model propagasi cost 231.
- 12) Parameter yang diamati dalam perencanaan ini adalah RSRP dan SINR dan Throughput.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Adapun maksud tujuan dan manfaat dari penulisan Skripsi ini, yaitu :

- 1) Untuk mengetahui performasi analisa perbedaan apa saja pada LTE FDD dengan LTE TDD.

- 2) Untuk menganalisa parameter-parameter performasi jaringan operator tertentu dengan membandingkan kelebihan dari masing-masing jenis jaringan LTE FDD dengan LTE TDD.
- 3) Mengetahui perencanaan berdasarkan *coverage* dan *capacity* disuatu cluster.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Menambah wawasan untuk perencanaan atau planning sebuah jaringan dalam teknologi LTE dapat menjadi bahan referensi bagi pihak-pihak yang akan melakukan perencanaan tentang jaringan LTE.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam Skripsi ini akan dibagi lima bab bahasan dengan lampiran data dan istilah-istilah yang dipergunakan dalam analisa perbandingan LTE FDD-1800 MHz dan LTE TDD-2300 MHz telkomsel di cluster BSD.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai dasar teori dari jaringan LTE FDD dan LTE TDD, penjelasan mengenai asterisk serta materi – materi pendukung lainnya yang digunakan sebagai acuan dalam analisa perbandingan LTE FDD dengan LTE TDD.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi tentang tahapan – tahapan yang dilakukan dalam menganalisa perbandingan LTE FDD dan LTE TDD dengan frekuensi jaringan yang berbeda-beda.

BAB IV : PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL SIMULASI

Bab ini berisi tentang hasil analisa mengenai kualitas jaringan yang dihasilkan LTE FDD dengan LTE TDD dari frekuensi jaringan yang

berbeda-beda sehingga dapat diketahui kekurangan dan kelebihan yang dibuat.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisa dan hasil pengamatan yang diperoleh dari perencanaan yang telah dilakukan, serta berisi tentang saran untuk penelitian selanjutnya

BAB II

DASAR TEORI

2.1 LTE

LTE sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA teknologi ini mampu mendownload sampai dengan tingkat 300 Mbps dan mengupload 75 Mbps, layanan LTE pertama kali dibuka oleh perusahaan TeliaSonera di Stockholm dan Oslo pada tanggal 14 desember 2009. LTE dikenal dengan nama 4G LTE adalah standard komunikasi nirkabel berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSDPA untuk akses data kecepatan tinggi menggunakan telepon seluler maupun perangkat mobile lainnya.

LTE dirancang untuk memenuhi kebutuhan operator akan akses data yang berkecepatan tinggi, selain itu LTE diperkirakan dapat membawa komunikasi pada tahap yang lebih tinggi. LTE memiliki dua cara pengantaran yang dikenal dengan istilah FDD dan TDD.

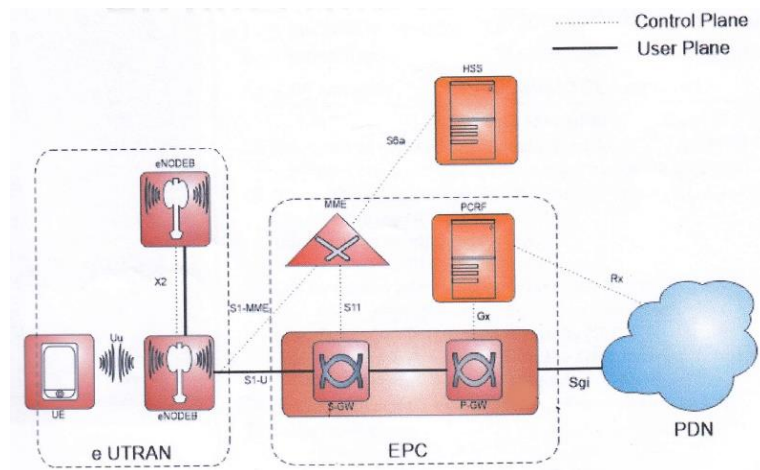
Pada dasarnya LTE berjalan di seluruh frekuensi namun penyelenggaraan jaringan LTE di setiap Negara berada di spektrum frekuensi yang berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh ketersediaan spektrum frekuensi yang diatur oleh pemerintah dan operator seluler yang mendapatkan lisensi LTE.

Di Indonesia frekuensi 700MHz digunakan oleh siaran TV analog dan frekuensi 2600MHz dipakai untuk layanan televisi satelit berlangganan, di Asia frekuensi 1800MHz dan 2600 MHz menjadi frekuensi yang umum digunakan untuk penyelenggaraan LTE seperti Singapura, Hong Kong, Korea Selatan dan beberapa negara Eropa. Di Jepang dan Amerika Serikat LTE berjalan di frekuensi 700MHz atau 2.100MHz, di beberapa negara juga menggunakan frekuensi 800MHz dan 850MHz untuk LTE. Harga berlangganan layanan LTE saat ini memang relatif lebih mahal dikarenakan LTE memberi kecepatan akses data yang lebih cepat ketimbang 3G[2].

Tabel 2.1 Alokasi Spektrum Frekuensi[2]

No	PERUSAHAAN	TEKNOLOGI	FREKUENSI UPLINK (MHZ)	FREKUENSI DOWNLINK (MHZ)	BANDWIDTH
1	Indosat	GSM	890 – 900	935 – 945	20
		GSM	1717.5 - 1722.5	1812.5–1817.5	10
		GSM	1750 – 1765	1845 – 1860	30
2	Telkomsel	GSM	900 - 907.5	945 - 952.5	15
		GSM	1722.5 - 1730	1817.5 - 1825	15
		GSM	1745 – 1750	1840 – 1845	10
		GSM	1765 – 1775	1860 – 1870	20
3	Excelkomindo Pratama	GSM	907.5 – 915	952.5 – 960	15
		GSM	1710 - 1717.5	1805 - 1812.5	15
4	Natrindo Telepon Selular / Lippo Telecom	GSM	1730 – 1745	1825 – 1840	30
		UMTS	1935 – 1945	2125 – 2135	10
		TDD	2010 – 2015		5
5	Cyber Access Communications (CAC)	GSM	1775 – 1785	1870 – 1880	20
		WCDMA	1920 – 1935	2110 - 2125	5
		TDD	2015 – 2020		10

2.2 ARSITEKTUR LTE



Gambar 2.1 Arsitektur LTE[3].

Pada Jaringan LTE secara garis besar dibagi menjadi 2 jaringan besar, yaitu Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) dan Evolved Packet Core (EPC). Arsitektur jaringan LTE dapat dilihat dari Gambar 2.1. Bagian-bagian arsitektur LTE antara lain adalah :

2.2.1 *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*

Pada bagian E-UTRAN terdiri dari 2 bagian utama yaitu *User Equipment* (UE) dan *evolved eNode B*. UE adalah suatu perangkat yang terdapat pada *end user* atau pelanggan yang digunakan untuk mengirim dan menerima informasi atau berkomunikasi. UE dapat berupa laptop, telepon genggam, *smart phone* maupun perangkat yang dapat terhubung dengan internet. *eNode B* berfungsi sebagai antarmuka jaringan LTE dengan UE, dapat diartikan juga sebagai jembatan atau penghubung antara UE dan EPC yang digunakan untuk mengkonversi aliran data[3].

2.2.2 *Evolved Packet Core (EPC)*

Evolved Packet Core (EPC) terdiri dari beberapa komponen, antara lain :

a. *Mobility Management Entity (MME)*

Mobility Management Entity atau yang disebut MME, merupakan pengontrol setiap *node* pada jaringan akses LTE. Pada saat UE bersifat *idle*

maka MME akan bertanggung jawab dalam melakukan prosedur *tracking* dan *paging* yang di dalamnya mencakup *retransmission* [3].

b. *Home Subscriber Server (HSS)*

HSS merupakan sebuah sistem *database* yang berfungsi untuk membantu MME dalam melakukan manajemen dan pengamanan bagi pelanggan. HSS merupakan penggabungan atau kombinasi dari *Authentication Center (AuC)* dan *Home Location Register (HLR)* yang digunakan untuk autentikasi[3].

c. *Serving Gateway (S-GW)*

Berfungsi untuk mengatur jalur dan meneruskan data dalam bentuk paket dari masing-masing *pengguna (UE)*.^[5] *Serving Gateway* juga berfungsi sebagai penghubung antara teknologi LTE dengan teknologi 3GPP lainnya seperti 2G (GSM/EDGE) dan 3G (UMTS) [3].

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

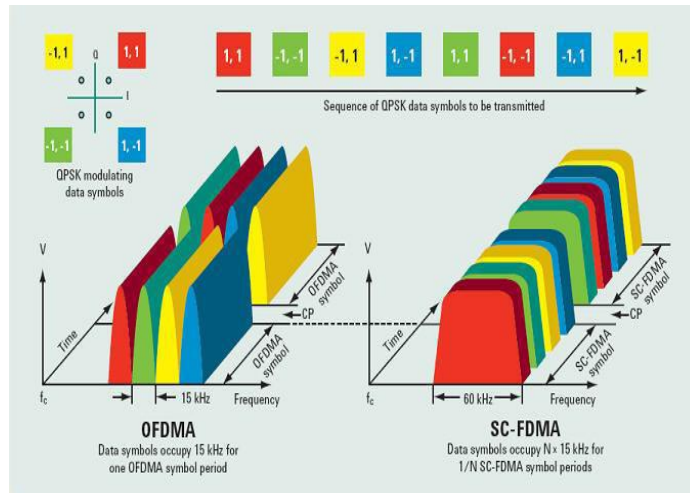
P-GW berfungsi sebagai penyedia hubungan atau konektivitas antara *user (UE)* dengan jaringan paket, serta berfungsi sebagai penghubung antara teknologi LTE dengan teknologi non 3GPP (WiMAX) dan 3GPP2 (CDMA2000 1x dan EVDO)[3].

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

Policy And Charging Rules Function atau yang disingkat dengan PCRF, memiliki fungsi untuk menangani QoS serta mengontrol *rating*, *charging* dan *billing* [3].

2.3 TEKNOLOGI TRANSMISI LTE

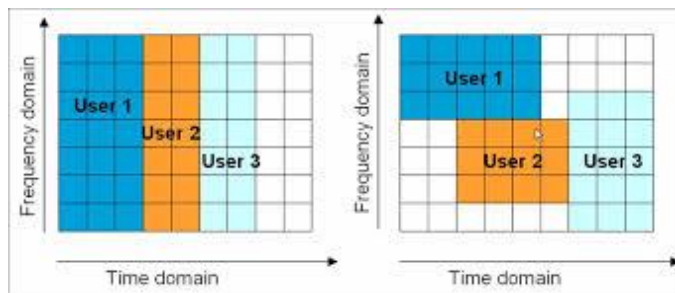
Pada teknologi LTE transmisi yang digunakan adalah menggunakan teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)* untuk *downlink*, sedangkan untuk *uplink* menggunakan teknologi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)*. Antena yang digunakan LTE merupakan antena dengan konsep *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*.



Gambar 2.2 OFDMA dan SC-FDMA[4].

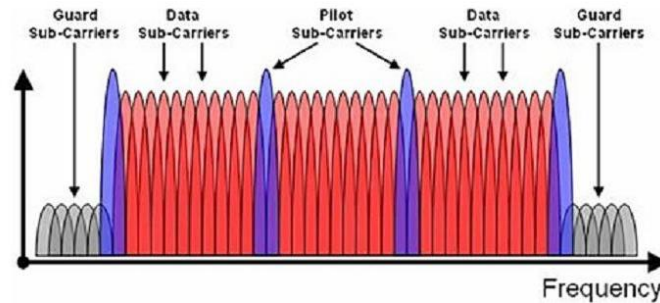
2.3.1 Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access (OFDMA)

OFDMA merupakan suatu teknik *multiple* akses yang berbasis pada skema transmisi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). OFDM adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (*multicarrier*) yang akan dilewatkan kedalam beberapa *subcarrier* sempit yang saling tegak lurus atau *orthogonal* [4].



Gambar 2.3 Perbedaan OFDM dan OFDMA[4].

Pada gambar 2.3 dapat diartikan, OFDM membagi *user* dengan penjadwalan yang sedemikian rupa dan selalu kedalam domain waktu secara utuh, sedangkan OFDMA membagi *user* dengan penjadwalan dalam domain waktu dan frekuensi secara bersamaan. Sehingga pada OFDMA dimungkinkan adanya penggunaan *bandwidth* secara bersamaan [4].



Gambar 2.4 Struktur simbol subcarrier OFDMA[4]

Dari gambar 2.4 terdapat 3 jenis *subcarrier* pada OFDMA, yaitu :

- Data subcarrier* berfungsi untuk transmisi data dan mengurangi interferensi.
- Pilot subcarrier* berfungsi untuk estimasi atau referensi selama transmisi dan mengurangi interferensi. Selain untuk hal tersebut *pilot subcarrier* juga digunakan untuk sinkronisasi.
- Null Subcarrier* atau disebut dengan *guard subcarrier*, tidak untuk ditransmisikan.

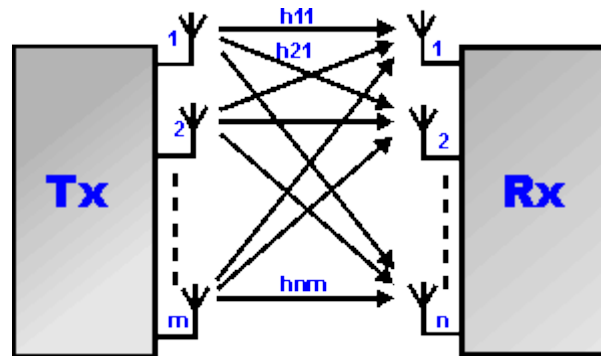
2.3.2 *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)*

SC-FDMA merupakan teknologi *multiple access* yang digunakan pada sisi *uplink*. SC-FDMA memiliki nilai *Peak-to-Average Power Ratio (PAPR)* yang lebih rendah dari OFDM. Nilai PAPR pada SC-FDMA lebih kecil dibanding OFDM disebabkan oleh sistem transmisi yang ada pada SC-FDMA mempunyai durasi waktu yang lebih singkat dengan lebar *subcarrier* yang lebih besar, dibandingkan dengan OFDM. PAPR adalah tingkat perbandingan daya rata-rata dengan daya puncak. PAPR yang lebih rendah dapat meningkatkan cakupan dan kinerja *cell-edge* serta dapat menghemat daya [4].

2.3.3 *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*

LTE menggunakan teknologi multi antena yang terdapat baik pada pengirim (*transmitter*) maupun penerima (*receiver*). Teknologi multi antena ini dikenal dengan *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*. MIMO memungkinkan antena untuk melewati data yang berukuran besar setelah sebelumnya dipecah dan dikirim secara terpisah. MIMO digunakan untuk meningkatkan keandalan link

dengan cara mengurangi *multipath fading*. MIMO dapat meningkatkan kapasitas pengiriman data tanpa menambah *bandwidth*[4].



Gambar 2.5 Konsep antenna MIMO[4]

MIMO adalah salah satu contoh teknologi dengan kualitas yang baik dari LTE pada kecenderungan teknologi yang berkembang saat ini. Saat ini fokus adalah untuk menciptakan frekuensi yang dapat lebih efisien. Teknologi seperti MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar terpisah kepada sejumlah penerima, sehingga mengurangi informasi yang hilang dibanding bila menggunakan system transmisi tunggal. Pendekatan lain yang akan dicapai pada system MIMO adalah teknologi *beam forming* yaitu mengurangi gangguan interferensi dengan cara mengarahkan radio *link* pada penggunaan secara spesifik [4].

LTE mendukung teknik MIMO untuk mengirimkan data pada sinyal *path* secara terpisah yang menduduki *bandwidth* RF yang sama pada waktu yang sama, sehingga dapat mendorong pada peningkatan data *rate* dan *Throughput*. Sistem antenna MIMO merupakan metode pada suatu layanan *broadband* sistem *wireless* memiliki kapasitas lebih tinggi serta memiliki performa dan keandalan yang lebih baik. MIMO digunakan untuk meningkatkan keandalan link dengan cara mengurangi *multipath fading*. MIMO dapat meningkatkan kapasitas pengiriman data tanpa menambah *bandwidth* [4].

2.4 PROPAGASI GELOMBANG RADIO

Propagasi gelombang radio merupakan turunan dari persamaan matematika yang ditemukan oleh Maxwell, namun persamaan matematika ini tidak bisa dipakai dalam lingkungan radio pada saat ini dengan banyaknya hambatan yang dapat menimbulkan *difraksi* dan *refleksi*. Namun dari model propagasi yang digunakan mampu memberikan informasi mengenai level daya sinyal yang merambat dari pemancar dan penerima. Ada beberapa jenis-jenis propagasi gelombang radio, diantaranya adalah :[4]

1. Model *Empiris*

Model *empiris* ini diturunkan dari pengukuran yang dilakukan di lapangan, Okumura Hata dan model ITU merupakan kelompok yang termasuk kedalam model empiris. Model ini termasuk model yang sederhana dan mudah untuk ditangani namun model ini dirasa agak kurang tepat karena hanya terbatas pada lingkungan yang serupa dengan salah satu tempat yang dimana dilakukan pengukuran [4].

2. Model *Deterministik*

Untuk model deterministik didasarkan pada asumsi dan penyederhanaan, model ini merupakan pendekatan matematis seperti *finite difference*. Model ini dapat mencapai presisi yang sangat tinggi namun metode ini mempunyai kesulitan karena kompleksitas yang tinggi[4].

3. Model *Semi Empirical*

Model ini merupakan perpaduan dari model *empirical* dengan model *deterministic* ditujukan untuk keadaan khusus seperti model *knife edge* [4].

2.4.1 Okumura-Hata

Model propagasi Okumura Hata umumnya digunakan pada daerah yang menggunakan frekuensi dari 150 Mhz – 1500 Mhz. Model ini merupakan sebuah persamaan empirik dari kurva redaman lintasan yang dibuat oleh Okumura, oleh karenanya sering disebut dengan model Okumura Hata. Hata membuat standar persamaan untuk menghitung redaman lintasan pada daerah Urban sedangkan

untuk wilayah *Open Area* dan Sub Urban Hata membuat persamaan koreksinya untuk menghitung redaman lintasan didaerah ini [4].

Persamaan prediksi Hata untuk daerah Urban dimana daerah ini merupakan daerah gedung tinggi dan perumahan padat [4].

$$PL(urban) = 69,55 + 26,16 \log_{10}(fc) - 13,82 \log_{10} hte - a(hre) + (44,9 - 6,55 \log_{10} hte) \log_{10} d \dots (2.1)$$

Keterangan :

Fc = Frekuensi kerja antara 150MHz – 1500MHz

Hte = Tinggi efektif antena pemancar BTS 30m – 200m

Hre = Tinggi efektif antena penerima MS 1m – 10m

d = Jarak antara Tx – Rx (km)

a(hre) = Faktor koreksi untuk tinggi efektif antena penerima sebagai fungsi dari luas daerah yang dilayani.

Untuk kota kecil sampai kota sedang (*small to medium sized city*), faktor koreksi *a(hre)* adalah :

$$a(hre) = (1,1 \log_{10} fc - 0,7) hre - (1,56 \log_{10} fc - 0,8) \text{ dB} \dots (2.2)$$

Dan untuk kota besar (*large city*), faktor koreksi *a(hre)* diberikan oleh :

$$a(hre) = 8,29 (\log_{10} 1,54 hre)^2 - 1,1 \text{ dB untuk } fc \leq 300 \text{ MHz} \dots (2.3)$$

$$a(hre) = 3,2 (\log_{10} 11,75 hre)^2 - 4,97 \text{ dB untuk } fc \geq 300 \text{ MHz} \dots (2.4)$$

Persamaan prediksi Hata untuk daerah Sub Urban dimana daerah ini merupakan daerah pedesaan dengan beberapa penghalang seperti pohon dan kontur tanah yang tidak rata [6].

$$PL(dB) = PL(urban) - 2[\log_{10}(fc/28)]^2 - 5,4 \dots (2.5)$$

Persamaan prediksi Hata untuk daerah *open rural* dimana daerah ini merupakan daerah dengan kontur tanah yang rata tidak memiliki penghalang yang tinggi dan memiliki jarak pandang bebas [5].

$$PL(dB) = PL(urban) - 4,78(\log_{10} fc)^2 - 18,33 \log_{10} fc - 40,98 \dots (2.6)$$

2.4.2 Cost – 231

COST-231 merupakan sebuah persamaan yang dibentuk untuk membuat model Hata yang disempurnakan atau diperluas oleh *European Co-operative for Scientific and Technical Research* (EURO-COST). COST-231 dipakai pada

rentang frekuensi 1500 Mhz sampai 2000 Mhz.COST-231 ini memiliki bentuk persamaan [4].

$$L = 46,3 + 33,9 \log(fc) - 13,82 \log(hte) - a(hre) + (44,9 - 6,55 \log(hte)) \log d + CM \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

CM = 0 dB untuk ukuran medium kota dan daerah Sub Urban

CM = 3 dB untuk daerah pusat kota (metropolitan)

f = 1500 MHz sampai 2000 MHz

hte = 30 m sampai 200 m

hre = 1 m sampai 10 m

d = 1 km sampai 20 km

2.4.3 *Standford University Interm (SUI)*

Model propagasi ini merupakan model propagasi yang direkomendasikan untuk standar IEEE 802.16a, SUI dapat juga diterapkan di Indonesia yang mempunyai tipe demografi Urban dan Sub Urban. SUI dibuat dari hasil uji coba yang dilakukan di Amerika Serikat dengan cara mengambil sampling ada 95 makrosel menggunakan frekuensi kerja 1,9 Ghz. Model ini dikenalkan oleh AT&T *wireless service*, model *pathloss* ini digunakan pada daerah Sub Urban dan Urban dengan ketinggian *base station* berkisar antara 10-80 meter dengan jarak *cell* 0,1 -10 Km [5].

Standford University Interm dibagi menjadi tiga kategori, yaitu :

a. Kategori A-Hilly/*moderate to heavy tree density* (Urban)

Kategori ini berasosiasi dengan *pathloss* terbesar yaitu perbukitan dengan densitas pepohonan tinggi.

b. Kategori B-Hilly/*light tree density or flat/moderate to heavy tree density/intermediate* (Sub Urban) kategori ini berasosiasi dengan *pathloss* pertengahan yaitu *terrain* dan densitas pepohonan antara A dan C.

c. Kategori C-Flat/*light tree density* (rural)

Kategori ini berasosiasi dengan *pathloss* terkecil yaitu *terrain* data dengan pepohonan yang jarang.

Persamaan model SUI adalah:[6]

$$P_L = A + 10\gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_{hCFE} + s \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana nilai :

A = Free space loss di d0

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right)$$

λ = panjang gelombang

d0 = 100m (jarak referensi)

γ = pathloss exponent

$$\gamma = a - b \cdot h_b + \left(\frac{c}{h_b} \right)$$

a, b, c = konstanta yang menunjukkan kategori *terrain*

hb = tinggi *base station*

d = jarak antara base station dan subscriber station (m)

Xf = Faktor koreksi frekuensi

$$X_f = 6 \log \left(\frac{f}{1900} \right) \text{ (f dalam MHz)}$$

XhCFE = Faktor koreksi tinggi antena penerima

$$X_{hCFE} = -10,8 \log \left(\frac{h_{CFE}}{2} \right) \text{ terrain a dan b}$$

$$X_{hCFE} = -20 \log \left(\frac{h_{CFE}}{2} \right) \text{ terrain c}$$

Dimana :

hCFE = tinggi antena penerima

s = pengubah acak yang terdistribusi secara lognormal sebagai representasi *shadowing* oleh pohon atau bangunan yang harganya antara 8,2 dB-10,6 dB tergantung tipe *terrain*.

Nilai a, b, c adalah daerah yang akan dilayani berdasarkan tipe pepohonan/bangunan yang ada di daerah tersebut. Adapun nilai a, b, c dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter Terrain [5].

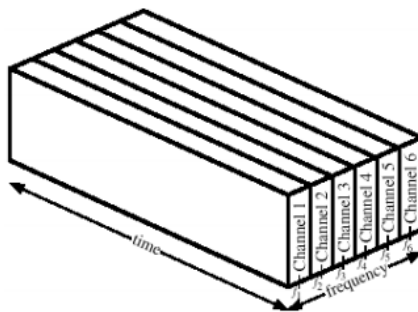
Model Parameter	Type A (<i>Heavy Multipath</i>)	Type B (<i>Intermediate Multipath</i>)	Type C (<i>Few Multipath</i>)
A	4,6	4	3,6
B	0,0075	0,0065	0,005
C	12,6	17,1	20

2.5 Multiplexing

Multiplexing berguna untuk menggabungkan saluran telekomunikasi menjadi efisien, *multiplexing* memungkinkan sumber transmisi membagi kapasitas transmisi menjadi lebih besar. Model dari *multiplexing* yang sering digunakan adalah *Frequency Division Multiplexing* (FDM) dan *Time Division Multiplexing* (TDM) [7].

2.5.1 Frequency Division Multiplexing (FDM)

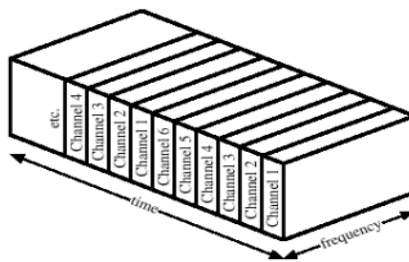
FDM dipergunakan bersama-sama dengan sinyal-sinyal analog. Sejumlah sinyal secara simultan dibawa menuju media yang sama dengan cara mengalokasikan band frekuensi yang berlainan ke masing- masing sinyal. Diperlukan peralatan modulasi untuk memindah setiap sinyal ke band frekuensi yang diperlukan, sedangkan peralatan *multiplexing* diperlukan untuk mengkombinasikan sinyal-sinyal yang dimodulasikan [7].



Gambar 2.6 Frequency Division Multiplexing (FDM) [7].

2.5.2 Time Division Multiplexing (TDM)

Synchronous time-division multiplexing bisa dipergunakan bersama-sama dengan sinyal digital atau sinyal-sinyal analog yang membawa data digital. Pada bentuk *multiplexing* yang seperti ini, data dari berbagai sumber dibawa dalam *frame* secara berulang-ulang. Setiap *frame* terdiri dari susunan jatah waktu, dan setiap sumber ditetapkan bahwa setiap *frame* nya terdiri dari satu atau lebih jatah waktu. Efeknya akan tampak pada *bit interleave* dari data pada berbagai sumber.



Gambar 2.7 Time Division Multiplexing TDM) [7].

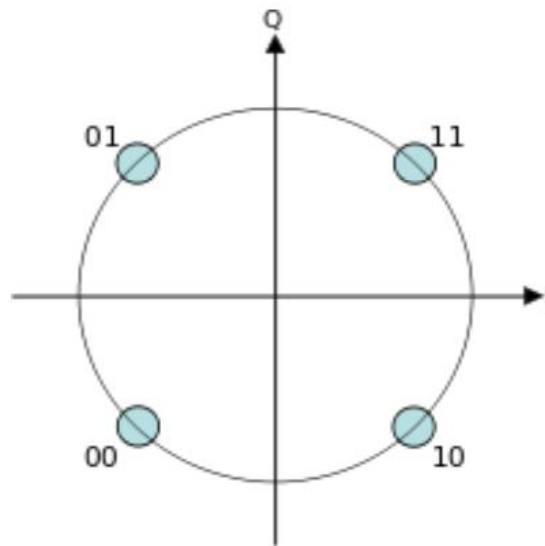
2.5.3 Adaptive Modulation and Coding (AMC)

AMC adalah teknologi pendukung pada jaringan LTE yang dimana AMC tersebut berfungsi sebagai skema *coding* dan modulasi yang digunakan berdasarkan *channel quality indicator* (CQI). CQI dapat digunakan untuk mengukur *bandwidth* dan kualitas sambungan atau *link quality* atau biasanya diukur dengan *signal to noise ratio* (SNR) .

Jika kualitas *channel* semakin baik maka *user* bisa menggunakan orde modulasi dan *coding rate* yang lebih tinggi pula untuk dapat memberikan kapasitas *bit rate* yang lebih besar. Apabila kondisi *channel* kurang baik maka akan digunakan orde modulasi dan *coding rate* yang lebih rendah pula untuk menjaga jaringan supaya lebih stabil. Skema modulasi yang mendukung jaringan LTE adalah 64 QAM, 16 QAM dan QPSK, dimana pada *Adaptive Modulation* dan *coding* mempunyai 2 komponen penting yaitu skema modulasi dan *coding*. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing skema modulasi [8].

a. *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)*

Skema modulasi ini termasuk dalam kategori *low order* modulasi karena terdiri dari 4 simbol dan setiap simbol terdiri dari 2 bit. Pada saat kondisi kanal antara pengirim dan penerima dalam keadaan buruk atau nilai SINR nya rendah maka modulasi QPSK ini cocok untuk digunakan. Salah satu kelebihan dari modulasi QPSK ini adalah tahan terhadap *interferensi* [8] .

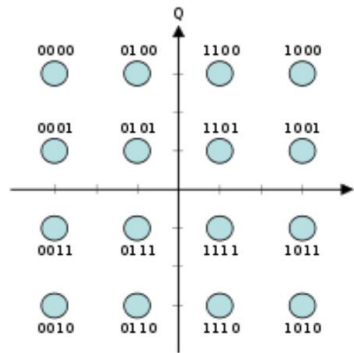


Gambar 2.8 Modulasi QPSK [8].

b. *16 Quadrature Amplitude Modulation (16 QAM)*

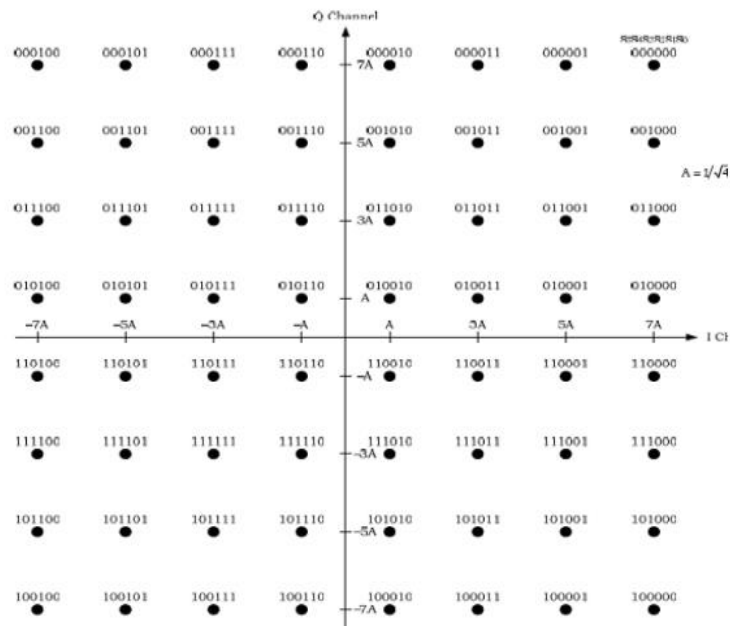
Pada modulasi ini terdiri dari 16 simbol dimana setiap simbol terdiri dari 4 bit.

Berikut merupakan gambaran ilustrasi dari modulasi 16 QAM :



Gambar 2.9 Modulasi 16 QAM [8].

c. 64 Quadrature Amplitude Modulation (64 QAM)



Gambar 2.10 Modulasi 64 QAM[8]

Jika dilihat dari nilai SINR yang tinggi maka kondisi antara kanal pengirim dan penerima dikategorikan cukup baik, maka modulasi 64 QAM cocok untuk digunakan. Modulasi 64 QAM terdiri dari 64 simbol yang mana setiap simbolnya terdiri dari 6 bit. Kelebihan dari modulasi ini adalah dapat memberikan laju data yang tinggi, namun kekurangannya adalah sangat rentan terhadap *interferensi*, *noise* dan kesalahan estimasi kanal [8]

2.6 CODE RATE

Code rate menentukan besar kecilnya *bit redundancy* pada bit informasi, misalkan QPSK $\frac{1}{2}$ maka setiap bit informasi mempunyai 1 *bit redundancy*. Pemilihan *code rate* didasarkan pada kondisi kanal, sewaktu kondisi kanal jelek dapat digunakan *code rate* yang lebih kecil dan sebaliknya sewaktu kondisi kanal dalam keadaan baik dapat digunakan *code rate* yang besar. Pada tabel 2.2 menunjukkan skema *code rate*, modulasi dan nilai SINR yang digunakan pada jaringan LTE [9].

Tabel 2.3 Minimum AWGN (Additive White Gaussian Noise) [9]

MCS Index	Downlink			Uplink		
	Modulation	Coding Rate	SNR, dB	Modulation	Coding Rate	SNR, dB
0	QPSK	0.1172	-6.475	QPSK	0.1000	-7.231
1	QPSK	0.1533	-5.182	QPSK	0.1250	-6.164
2	QPSK	0.1885	-4.131	QPSK	0.1550	-5.113
3	QPSK	0.2452	-2.774	QPSK	0.2050	-3.701
4	QPSK	0.3008	-1.649	QPSK	0.2500	-2.658
5	QPSK	0.3701	-0.469	QPSK	0.3100	-1.480
6	QPSK	0.4385	0.561	QPSK	0.3650	-0.544
7	QPSK	0.5137	1.564	QPSK	0.4300	0.440
8	QPSK	0.5879	2.479	QPSK	0.4900	1.263
	Downlink			Uplink		

MCS Index	Modulation	Coding Rate	SNR, dB	Modulation	Coding Rate	SNR, dB
9	QPSK	0.6631	3.335	QPSK	0.5550	2.085
10	16QAM	0.3320	3.335	16QAM	0.6150	2.794
11	16QAM	0.3691	4.140	16QAM	0.3075	2.794
12	16QAM	0.4238	5.243	16QAM	0.3525	3.789
13	16QAM	0,4785	6.285	16QAM	0.4000	4.711
14	16QAM	0,5400	7.403	16QAM	0.4500	5.748
15	16QAM	0,6016	8.478	16QAM	0.5025	6.727
16	16QAM	0.6426	9.168	16QAM	0.5350	7.313
17	64QAM	0.4277	9.168	16QAM	0.5700	7.931
18	64QAM	0.4511	9.846	16QAM	0.6300	8.963
19	64QAM	0.5049	11.060	16QAM	0.6925	10.010
20	64QAM	0.5537	12.250	16QAM	0.7525	10.994
21	64QAM	0.6016	13.398	64QAM	0.5017	10.994
22	64QAM	0.6504	14.534	64QAM	0.5417	11.961
23	64QAM	0.7021	15.738	64QAM	0.5850	12.995
	<i>Downlink</i>			<i>Uplink</i>		

MCS Index	Modulation	Coding Rate	SNR, dB	Modulation	Coding Rate	SNR, dB
24	64QAM	0.7539	16.934	64QAM	0.6283	14.017
25	64QAM	0.8027	18.067	64QAM	0.6700	14.991
26	64QAM	0.8525	19.196	64QAM	0.7100	15.920
27	64QAM	0.8887	20.032	64QAM	0.7417	16.652
28	64QAM	0.9258	20.866	64QAM	0.7717	17.343

2.7 PERENCANAAN JARINGAN

Untuk melakukan perencanaan jaringan seluler perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu :

a. Kondisi Geografis

Pada tahap ini ada beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu penentuan tinggi antena, jenis antena yang digunakan, penentuan tinggi eNodeB, penentuan *power supply* serta *link* transmisi yang digunakan. Dari hal-hal tersebut kondisi geografis dari wilayah yang akan dibangun sebuah jaringan harus diperhatikan supaya perencanaan yang dilakukan akan efisien.

b. Data Penduduk

Dalam menentukan jumlah eNodeB yang diperlukan sangat bergantung pada kepadatan penduduk yang ada di wilayah tersebut. Kapasitas eNodeB dan penempatannya akan menentukan jumlah *site* yang dibutuhkan untuk melayani *user* atau pelanggan berdasarkan kepadatan trafik dimana wilayah yang kepadatan penduduknya banyak akan memerlukan *site* yang lebih banyak dibandingkan wilayah dengan kepadatan penduduk yang sedikit [6].

2.7.1 Planning by Capacity

Kapasitas merupakan salah satu tolak ukur dalam perencanaan suatu jaringan. Hal ini dilakukan guna memperkirakan seberapa besar *user* atau pelanggan dapat dilayani dalam suatu jaringan atau trafik. Adapun parameter yang dapat diamati dalam perencanaan berdasarkan kapasitas antara lain adalah [6].

a. Estimasi Jumlah Pelanggan

Dalam perencanaan suatu jaringan, harus memperhatikan kebutuhan *user* atau pelanggan dimasa yang akan datang. Untuk mengetahui hal tersebut, maka diperlukan estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan. Adapun perhitungan untuk mencari estimasi jumlah pelanggan atau yang disebut *forecasting Number of user* adalah sebagai berikut [6].

$$U_n = U_o \times (1 + F_p)^n \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- U_n = Jumlah pelanggan pada tahun ke-n
- U_o = Jumlah pelanggan pada tahun acuan
- F_p = Faktor pertumbuhan pelanggan
- n = Tahun yang akan diprediksi

b. Kepadatan Trafik

Kepadatan trafik pada LTE dapat dihitung menggunakan *Throughput*.

Throughput dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Thp = \text{Bearer rate} \times \text{Session time} \times \text{Session duty ratio} \times \left[\frac{1}{(1-BLER)} \right] \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

- Session time* = durasi per layanan
- Session duty ratio* = data transmission ratio per session
- BLER* = toleransi block error rate
- Bearer rate* = application layer bit rate

Selanjutnya adalah perhitungan *single user Throughput* yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini,

$$\text{Single user throughput} = \frac{[\Sigma(\frac{\text{throughput}}{\text{session time}}) \times \text{BHSA} \times \text{penetration ratio} \times (1 + \text{Peak Average Ratio})]}{3600} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

BHSA = *Busy Hour Service Attempt*

Penetration ratio = Seberapa bagus layanan dapat melayani pelanggan

Peak average ratio = digunakan untuk mengasumsikan prosentase kelebihan beban tertinggi pada jaringan untuk mengantisipasi lonjakan trafik di suatu area.

Perhitungan *Network Throughput* yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$UL\ Network\ Throughput = total\ user\ number \times UL\ single\ user\ throughput \dots\dots\dots(2.12)$$

$$DL\ Network\ Throughput = total\ user\ number \times DL\ single\ user\ throughput \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan,

Total *user number* = jumlah *user*

UL single user Throughput = total *Throughput uplink* dari satu *user* pada area layanan

DL single user Throughput = total *user Throughput downlink* dari satu *user* pada area layanan [6].

c. Kapasitas Sel

Untuk menghitung *capacity uplink* dan *downlink* digunakan rumus berikut ini:

$$DL\ cell\ capacity + CRC = (168-36-12) \times (Cb) \times (Cr) \times Nrb \times C \times 1000 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$UL\ cell\ capacity + CRC = (168-24) \times (Cb) \times (Cr) \times Nrb \times C \times 1000 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan,

CRC = 24

Cb = *Code bit*

Cr = *Code Rate*

Nrb = *Number of Resource Block*

C = Model antena MIMO

Sedangkan menghitung jumlah *cell* digunakan rumus berikut ini :

$$Jumlah\ cell = \frac{Network\ throughput}{cell\ capacity} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan,

Network Throughput = *Throughput* jaringan

Cell capacity = kapasitas sel

Jumlah eNodeB dihitung dari hasil jumlah *cell* dibagi 3, karena tiap satu eNodeB terdiri dari 3 *cell* atau 3 sektor [6].

2.7.2 Planning by Coverage

a. Radio Link Budget

Perhitungan *radio link budget* dilakukan pada dua sisi *downlink* dan *uplink*. MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) terbagi menjadi dua, yaitu MAPL arah *downlink* dan MAPL arah *uplink*. MAPL merupakan nilai maksimum dari pelemahan sinyal [6].

b. MAPL Downlink

Effective Radiated Power (EIRP) ditentukan dengan mengkurangkan *loss* dan menjumlahkan *gain* diantara *power amplifier* dengan antena ke dalam bentuk daya keluaran sebenarnya dari *transmitter*.

Persamaan dari EIRP arah *downlink* adalah sebagai berikut:[6]

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan :

P_{TX} = Transmit RF Power (dBm)

G_{TX} = Transmit antenna Gain (dB)

L_{TX} = Transmit RF Line Loss (dB)

Berikutnya adalah menentukan persamaan *Sensitivity Receiver* (SR), SR ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise*, *Noise figure*, dan SNR. Pada persamaan 2.2 berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung *Sensitivity Receiver* [6].

$$SR = kTB + NF + SNR \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan :

k = Konstanta Boltzman (1.38×10^{-20} mWs/K)

T = Temperature (K)

B = System Bandwidth (MHz)

NF = Noise Figure (dB)

SNR = Signal to Noise Ratio (dB)

Dengan,

$$B = \text{Subcarrier Bandwidth} \times \text{Subcarrier per resource block} \times N_{RB}$$

Keterangan :

N_{RB} = jumlah *resource* blok (RB)

Tabel 2.4 Subcarrier Bandwidth [9]

<i>Channel Bandwidth, MHz</i>	1.4	3	5	10	15	20
<i>Subcarrier Bandwidth, kHz</i>	15	15	15	15	15	15
<i>Subcarrier per Resource Block</i>	12	12	12	12	12	12
<i>Number of Resource Block</i>	6	15	25	50	75	100

Setelah menentukan EIRP maka persamaan MAPL arah *downlink* adalah sebagai berikut :

$$MAPL = EIRP - SR - L_{BV} - M_{interference} - M_{SF} \dots \dots \dots (2.19)$$

Keterangan:

EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

SR = *Sensitivity Receiver* (dBm)

L_{BV} = *Loss Body, Vehicle, Building* (dB)

$M_{interference}$ = *Interference Margin* (dB)

M_{SF} = *Log Normal Margin* (dB)

c. MAPL Uplink

Effective Radiated Power (EIRP) ditentukan dengan mengurangi *loss* dan menjumlahkan *gain* diantara *power amplifier* dengan antena ke dalam bentuk daya keluaran sebenarnya dari *transmitter*.

Persamaan dari EIRP arah *uplink* adalah sebagai berikut [6].

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan :

P_{TX} = *Transmit RF Power* (dBm)

G_{TX} = *Transmit antenna Gain* (dB)

L_{TX} = *Transmit RF Line Loss* (dB)

Berikutnya adalah menentukan persamaan *Sensitivity Receiver* (SR), SR ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise*, *Noise figure*, dan SNR. Pada persamaan 2.5 berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung *Sensitivity Receiver* [7].

$$SR = kTB + NF + SNR \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

- k = Konstanta Boltzman (1.38×10^{-20} mWs/K)
- T = *Temperature* (K)
- B = *System Bandwidth* (MHz)
- NF = *Noise Figure* (dB)
- SNR = *Signal to Noise Ratio* (dB)

Dengan,

$$B = \text{Subcarrier Bandwidth} \times \text{Subcarrier per resource block} \times N_{RB} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

- N_{RB} = jumlah *resource* blok (RB)

Setelah menentukan EIRP maka persamaan MAPL arah *downlink* adalah sebagai berikut :

$$MAPL = EIRP - SR - L_{BV} - M_{interference} - M_{SF} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

- EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)
- SR = *Sensitivity Receiver* (dBm)
- L_{BV} = *Loss Body, Vehicle, Building* (dB)
- $M_{interference}$ = *Interference Margin* (dB)
- M_{SF} = *Log Normal Margin* (dB)

2.8 LTE FDD (*Frequency Divison Duplexing*)

FDD kependekan dari Frequency Division Duplexing, cara pengantaran data menggunakan dua buah channel yang berbeda antara transmit dan receive. Metode ini juga yang dipakai sekarang di Indonesia (kecuali Bolt) dan banyak

negara Asia Tenggara. Memiliki keunggulan lebih jarang terkena gangguan interferensi dan resepsi penerimaan yang baik.

Kebanyakan operator seluler GSM seperti Telkomsel, XL Axiata, dan Indosat saat ini masih menggunakan teknologi LTE FDD. Teknologi FDD sendiri berjalan pada dua frekuensi yang berbeda, yakni pada frekuensi 800MHz dan 1800MHz. Menggunakan teknologi ini memiliki kelebihan pada keseimbangan antara upload dan download, karena masing-masing berjalan pada frekuensi yang berbeda.

Cara kerja FDD sendiri diklasifikasikan sebagai sistem full duplex. Ini berarti bahwa baik upload dan download selalu tersedia. Karena FDD menggunakan dua saluran yang berbeda untuk mengunduh dan mengunggah data[10].

2.9 LTE TDD (*Time Division Duplexing*)

TDD dimana data diantarkan dan diterima dalam satu channel frekuensi yang sama hanya dengan pemisahan jeda waktu yang singkat karena pengiriman dan penerimaan data hanya menggunakan satu channel maka kapasitas yang tersedia bisa menjadi lebih besar dibanding FDD sangat cocok untuk data yang dikirimkan secara asimetris, misalnya untuk browsing internet, video surveillance atau broadcast [10].

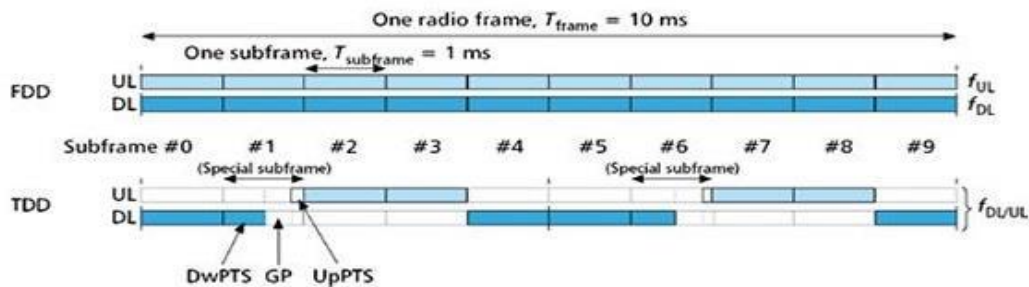
LTE TDD dikembangkan khusus dengan ide migrasi ke 4G dari generasi ketiga jaringan 3G TD-SCDMA dalam pikiran. Ada dua perbedaan utama antara LTE FDD dan LTE TDD. LTE TDD menggunakan satu frekuensi bergantian antara upload dan download data melalui rasio time. Diantara upload dan download pada jaringan LTE TDD dapat diubah secara dinamis tergantung pada apakah lebih banyak data perlu dikirim atau diterima. LTE TDD bekerja lebih baik pada frekuensi yang lebih tinggi, spektrum LTE TDD umumnya lebih murah untuk mengakses.

Teknologi TDD sendiri diklasifikasikan sebagai sistem setengah duplex dan berada pada frekuensi 2.300MHz yang memiliki karakteristik sangat cepat ketika memberi akses unduh (download). Namun untuk kecepatan akses unggah

(upload) cenderung lemah atau lambat. Hal ini disebabkan karena proses mengirim dan menerima data terjadi pada frekuensi yang sama, tetapi masing-masing hanya berlangsung sepersekian detik bergantian antara keduanya dan tidak begitu terasa[10].

2.10 SKEMA DUPLEX

Istilah *duplexing* merupakan suatu proses yang wajib. *Duplexing* sendiri adalah suatu proses komunikasi dua arah pada suatu kanal komunikasi. Terdapat dua jenis *duplex*, yaitu *half duplex* dan *full duplex*. Pada *half duplex*, pada kedua sisinya berkomunikasi saling bergantian dalam mengirimkan sinyal informasi di satu kanal. Sedangkan pada *full duplex* terjadi dua komunikasi dua arah secara simulta atau saling bersamaan. Terdapat dua bentuk utama *full duplex*, yaitu *frequency division duplex* (FDD) dan *time division duplex* (TDD). Berikut merupakan perbandingan skema dalam system FDD dan TDD.

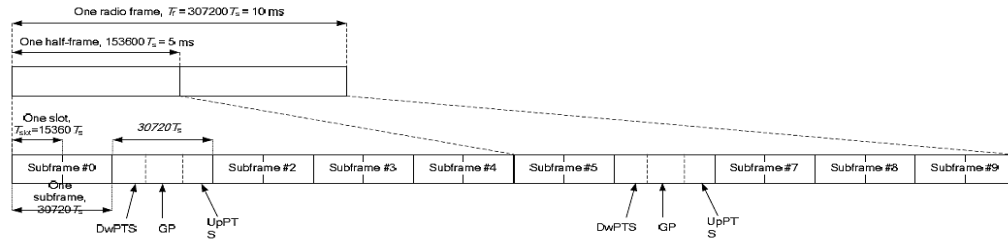


Gambar 2.11 Perbandingan FDD dengan TDD[12]

2.10.1 Time Division Duplexing (TDD)

Sistem TDD merupakan system yang menggunakan satu *band* frekuensi untuk *uplink* dan *downlink*, dimana dalam setiap kanal terdiri dari *subframe uplink* dan *subframe downlink*. System TDD menggunakan TGG (*Transmit guard gap*) dan RTG (*Receive transition gap*) *guard interval* ini transisi yang terjadi pada sisi *downlink* ke *uplink*. *Guard interval* dibutuhkan antar *subframe* untuk mencegah terjadinya *overlapping* antar *subframe*. *Interval* ini biasanya berbanding lurus dengan *send-receive turn around time* (waktu *switching*

transmit-receive) dan *delay* transmisi lain. Semakin jauh jarak transmisi dan semakin lama waktu propagasi yang terjadi maka dibutuhkan *guard interval* yang lebih besar.



Gambar 2.12 Skema Pengiriman pada TDD[12]

Struktur *frame* pada mode TDD terdapat 7 kemungkinan rasio perbandingan antara *uplink* dan *downlink* seperti yang terlihat pada *table* berikut.

Tabel 2.5 Rasio Kemungkinan Antara Uplink dan Downlink [18]

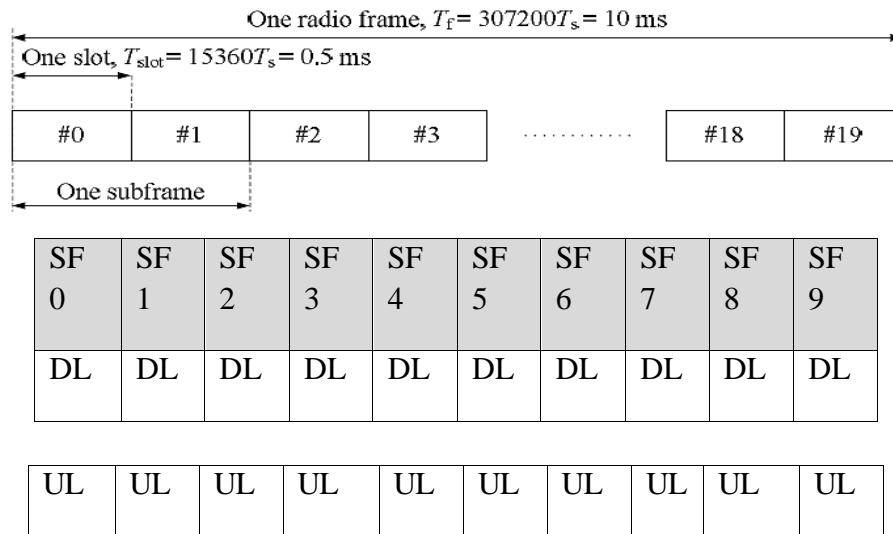
DL:UL	SF 0	SF 1	SF 2	SF 3	SF 4	SF 5	SF 6	SF 7	SF 8	SF 9
1:3	DL	S	UL	UL	UL	DL	S	UL	UL	UL
2:2	DL	S	UL	UL	DL	DL	S	UL	UL	DL
3:1	DL	S	UL	DL	DL	DL	S	UL	DL	DL
6:3	DL	S	UL	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL
7:2	DL	S	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
8:1	DL	S	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
3:5	DL	S	UL	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL

*S : *Subframe* untuk fungsi *switching*

**Subframe* 0 dan 5 selalu digunakan untuk DL

2.10.2 Frequency Division Duplexing (FDD)

Pada system FDD menggunakan 2 frekuensi berbeda pada masing-masing transmisi *uplink* dan *downlink*. Metode FDD memiliki nilai *throughput* jaringan yang sama besar di sisi *uplink* dan sisi *downlink*. Hal tersebut dikarenakan *resource* yang digunakan pada sisi *uplink* dan *downlink* sama[12].



*SF : Subframe

Gambar 2.13 Skema Pengiriman Pada FDD[13].

2.11 SPEKTRUM FREKUENSI

Pemerintahan di suatu negara juga punya cara yang berbeda mengatur pengalokasian rentang pita frekuensi, Di Indonesia misalnya frekuensi 700MHz digunakan untuk siaran TV analog, dan frekuensi 2.600MHz dipakai untuk layanan televisi satelit berlangganan. Ini menjadi salah satu alasan, mengapa frekuensi LTE di setiap negara bisa jadi tidak sama. Sehingga, negara dan operator seluler memilih untuk menyelenggarakan LTE di frekuensi yang tersedia. Di Asia, frekuensi 1.800 MHz dan 2.600 MHz menjadi frekuensi yang umum digunakan untuk penyelenggaraan LTE. Frekuensi ini digunakan oleh Singapura, Hong Kong, Korea Selatan dan beberapa negara Eropa. Di Jepang dan Amerika Serikat, LTE berjalan di frekuensi 700MHz atau 2.100MHz. Beberapa negara juga menggunakan frekuensi 800MHz dan 850MHz untuk LTE [14].

2.11.1 Penataan Spektrum Frekuensi LTE

a. Frekuensi 1800 Mhz

Menteri Komunikasi dan Informatika (Menkominfo), mengungkapkan empat operator telekomunikasi telah sepakat untuk tata

ulang (*refarming*) alokasi teknologi 4G Long Term Evolution (LTE) pada frekuensi 1.800 MHz. Keempat operator tersebut yaitu XL Axiata, Telkomsel, Indosat, dan Hutchinson 3 (Tri). frekuensi 1.800 MHz ini memiliki total lebar pita dua kali 75 Mhz. Untuk Telkomsel dan XL Axiata memiliki total frekuensi 22,5 MHz, Indosat 20 MHz, dan Tri 10 MHz.

Refarming perlu dilaksanakan, sebab sebelumnya, blok frekuensi operator di spektrum 1.800 MHz terpisah-pisah alias tak berdampingan. Untuk itu, perlu ditata ulang sebelum menggelar layanan 4G LTE[16].

Eksisting:



Hasil penataan :



Gambar 2.14 Alokasi Spektrum Frekuensi.[15]

b. Frekuensi 2300Mhz

Berdasarkan Penjelasan Pasal 32 Undang-Undang No.36 Tahun 1999, Lampiran Undang-Undang No.17 Tahun 2007, dan Lampiran Peraturan Presiden Republik Indonesia No.5 Tahun 2010, Pemerintah menetapkan kebijakan atas penggunaan pita frekuensi 2.3 GHz berbasis netral teknologi sebagai berikut: Pemerintah memberikan keleluasaan bagi penyelenggara wireless broadband 2.3 GHz untuk memilih teknologi wireless broadband yang memenuhi ketentuan teknis dalam menyelenggarakan layanannya berdasarkan jenis izin penyelenggaraan di wilayah yang telah dimenangkannya, dengan tetap mewajibkan penggunaan perangkat yang memenuhi ketentuan Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN). Pemerintah akan membuka peluang usaha

layanan wireless broadband pita frekuensi 2.3 GHz untuk sisa spektrum frekuensi radio pada rentang 2300-2360 MHz dengan moda penggunaan frekuensi TDD teknologi 4G LTE yang digunakan Smartfren menggabungkan teknologi FDD (frequency Division Duplex) yang berjalan di frekuensi 850 MHz dan berjalan di frekuensi 850 MHz dan teknologi TDD (Time Division Duplex) di frekuensi 2300 MHz. Penggunaan dua teknologi ini memberikan keunggulan layanan 4G LTE Smartfren. Teknologi FDD memberikan jangkauan Smartfren 4G LTE menjadi lebih luas, sementara TDD menghasilkan kapasitas download/akses internet menjadi sangat cepat. Penggabungan dua teknologi 4G LTE ini menjadikan Smartfren sebagai operator 4G LTE pertama di dunia yang menggabungkan FDD dan TDD secara bersamaan. Sementara operator 4G lainnya di Indonesia hanya mengaplikasikan satu platform teknologi 4G LTE saja.[16].

2.12 PARAMETER PERFORMASI PADA JARINGAN LTE

4G LTE merupakan jaringan yang sedang berkembang saat ini sebagai penerus dari jaringan 3G WCDMA dan EVDO. Jaringan LTE ini mampu menawarkan speed hingga 100Mbps dengan menggunakan teknik modulasi OFDM.

Untuk mengukur kualitas dari jaringan 4G LTE ada beberapa parameter yang paling utama yaitu :

a. RSSI (*Received Signal Strength Indicator*)

RSSI Merupakan power sinyal yang diterima user dalam rentang frekuensi Tertentu termasuk noise dan interferensi (disebut juga wideband power) .

RSSI dapat dihitung dengan formula berikut :

$$RSSI = P1 + P2 + P3 \text{ atau } RSSI = 12N * RSRP$$

Dimana:

RSSI = Received Signal Strength Indicator , merupakan sinyal yang diterima ditambah dengan noise dan interferensi.

N = Number of resource Block pada modulasi OFDMA yang digunakan.

RSRP = Reference Signal Received Power, merupakan sinyal LTE power yang diterima user dalam rentang frekuensi tertentu.

P1 = Power noise

P2 = Power Sinyal, P3 = Power interferensi

b. RSRP (Reference Signal Received Power)

RSRP merupakan sinyal LTE power yang diterima oleh user dalam frekuensi tertentu. semakin jauh jarak antara site dan user, maka semakin kecil pula RSRP yang diterima oleh user. RS merupakan Reference Signal atau RSRP di tiap titik jangkauan coverage. user yang berada di luar jangkauan maka tidak akan mendapatkan layanan LTE.

RSRP bisa dihitung dengan formula berikut :

RSRP= $RSSI - 10 \log (12 * N)$, dengan penjelasan sebagai berikut :

RSRP = Reference Signal Received Power (dBm)

RSSI = (*Received Signal Strength Indicator*) merupakan power sinyal yang diterima user dalam rentang frekuensi tertentu termasuk noise dan interferensi (dBm)

N = merupakan Number of resource block yang digunakan oleh OFDMA.

c. RSRQ (*Reference Signal Received Quality*)

RSRQ merupakan parameter yang menentukan kualitas dari sinyal yang diterima. RSRQ dapat dihitung dengan formula berikut :

RSRQ = $(RSRP * N) / RSSI$

RSRQ = Reference Signal Received Quality (dB)

RSRP = Reference Signal Received Power (dBm) merupakan level sinyal yang diterima user.

N = Number of Resource block yang digunakan oleh OFDMA.

RSSI Received Signal Strength Indicator merupakan power sinyal yang diterima user dalam rentang frekuensi tertentu termasuk noise dan interferensi (dBm) berdasarkan formula diatas, semakin besar nilai RSSI

maka semakin kecil nilai RSRQ. selain itu, semakin besar nilai RSRP maka semakin besar pula nilai RSRQ .

d. SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*)

SINR merupakan rasio perbandingan antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dan noise yang timbul (tercampur dengan sinyal utama) .formula dalam menghitung SINR adalah sebagai berikut :

$$SINR = P / I + N$$

SINR = Signal to Noise Ratio (dB)

P = Power yang diterima pada jarak tertentu.

I = Interferensi yang diterima P akibat site lain yang bekerja pada frekuensi yang sama

N = Noise yang diterima P

e. CQI (*Channel Quality Index*)

Merupakan kualitas dari sebuah channel downlink (dari site ke user) dengan kondisi dedicated mode (pada LTE, user melakukan download data). CQI dapat diperoleh dari user yang melakukan pemberian informasi terhadap site berupa modulasi yang digunakan, code rate, dan efficiency.

Tabel 2.6 Deskripsi tiap – tiap nilai CQI[7].

CQI Index	Modulation	Code rate x 1024	efficiency
0	Out of range		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.3770
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.8770
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766

CQI Index	Modulation	Code rate x 1024	efficiency
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547

f. PCI (*Physical Cell Id*)

Merupakan kode identitas fisik tiap cell. pada dasarnya, setiap cell akan melakukan broadcast informasi mengenai cell id yang dimilikinya agar user mengenali site tersebut. PCI memiliki beberapa aturan dalam perancangannya yaitu :

1. Kode PCI tiap cell dalam suatu area harus unik. kondisi ini terjadi ketika dua site tetangga memiliki kode PCI yang berbeda / tidak sama.
2. Sebuah kode PCI tidak boleh sama atau berdekatan diantara 2 site atau lebih. sehingga jarak pun perlu dipertimbangkan apabila kita ingin memberikan kode PCI yang serupa.
3. Jika kode PCI sama antara site yang berdekatan, maka bisa terjadi failure HandOver (perpindahan serving cell) mengenai cell id bisa diidentifikasi sebagai berikut :

$$PCI = PSS + 3 * SSS$$

dengan,

$$PCI = \text{Physical Cell identity}$$

PSS = Primary Synchronization Signal (bernilai 0 – 2)

SSS = Secondary Synchronization Signal (bernilai 0 – 167)

g. BLER (*Block Error Rate*)

Merupakan rasio perbandingan antara total error block dengan total block dari sebuah transmisi data digital. BLER digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari demodulasi sinyal dengan menggunakan metode CRC.

Formula dari BLER adalah:

$$\text{BLER} = (\text{Total error Block} / \text{total block}) * 100\%$$

BLER masih dianggap baik apabila bernilai $< 10\%$. semakin besar nilai BLER mengakibatkan gagal demodulasi data digital menjadi informasi[17].

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN

Pada penelitian ini akan dilakukan suatu perencanaan perbandingan frekuensi pada jaringan LTE dengan menggunakan FDD 1800 Mhz dan TDD 2300 Mhz di Kota Tangerang Selatan menggunakan model propagasi Cost 231. Kota Tangerang Selatan di klasifikasi kedalam wilayah Urban oleh karena itu akan dilakukan penelitian perbedaan performasi apa saja yang ada pada dua frekuensi yang berbeda tersebut dengan menggunakan jaringan *site existing* operator telkomsel pada jaringan LTE. Perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan *Network Simulator* yaitu *Atoll 3.3*.

3.2 ALUR PENELITIAN

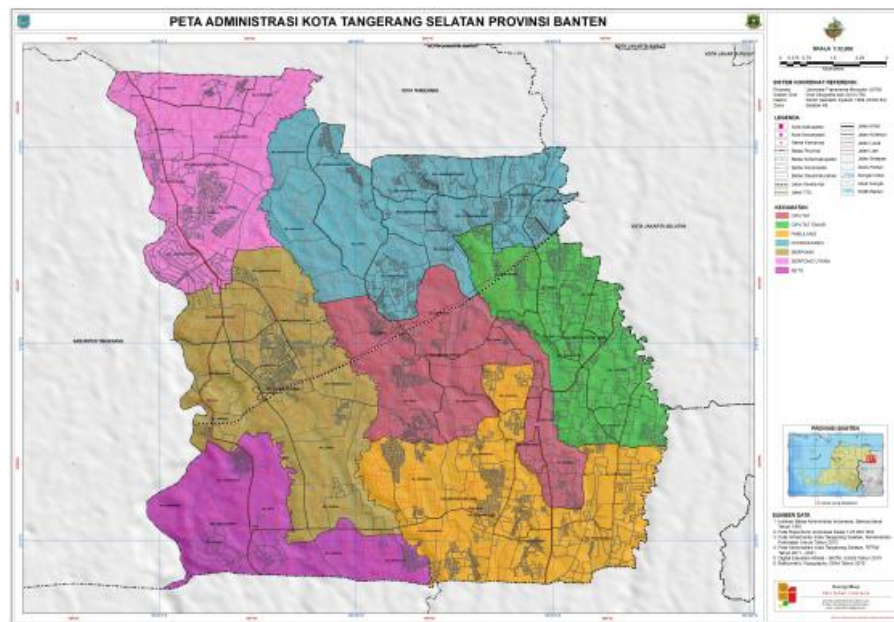
Dalam merencanakan sebuah jaringan maka ada beberapa hal yang harus dilakukan dan dipersiapkan, diantaranya sebagai berikut :

3.2.1 Wilayah Perencanaan

Perencanaan untuk LTE dengan perbandingan frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz di Kota Tangerang Selatan dengan menggunakan *site existing*, pemilihan Kota Tangerang Selatan sebagai daerah perencanaan perbandingan frekuensi tersebut dikarenakan Kota Tangerang Selatan merupakan salah satu kota besar di Indonesia, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan mempunyai kepadatan penduduk yang cukup padat.

Kota Tangerang Selatan adalah sebuah kota yang terletak di Tatar Pasundan Provinsi Banten, Indonesia. Kota ini terletak 30 km sebelah barat Jakarta dan 90 km sebelah tenggara Serang, ibu kota Provinsi Banten. Kota Tangerang Selatan berbatasan dengan Kota Tangerang di sebelah utara, Kabupaten Bogor (Provinsi Jawa Barat) di sebelah selatan, Kabupaten Tangerang di sebelah barat, serta Daerah Khusus Ibukota Jakarta di sebelah timur.

Seperti yang diketahui bahwa Kota Tangerang Selatan ada beberapa tempat yang menjadi tujuan wisata oleh karena itu komunikasi menjadi hal yang sangat penting karena dengan banyaknya wisatawan yang berkunjung maka akan semakin padat pula trafik yang harus ditangani. Kota Tangerang Selatan juga sudah mulai menerapkan teknologi LTE untuk kelancaran dan kenyamanan para pelanggan atau *user* yang ada. Dalam wacana penghapusan jaringan 3G yang dilakukan pemerintah, maka dalam hal ini Kota Tangerang Selatan layak untuk dijadikan wilayah penelitian mengingat bahwa Kota Tangerang Selatan merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang mempunyai jumlah penduduk yang cukup banyak berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan, oleh sebab itu pada penelitian ini akan dibahas mengenai perencanaan *coverage* daerah Urban dengan menggunakan frekuensi yang berbeda yaitu 1800 Mhz dan 2300 Mhz, agar diketahui apa saja perbedaan perbandingan kualitas dari frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz jika digunakan untuk jaringan LTE[18].



Gambar 3.1 Peta kota tangerang selatan[18]

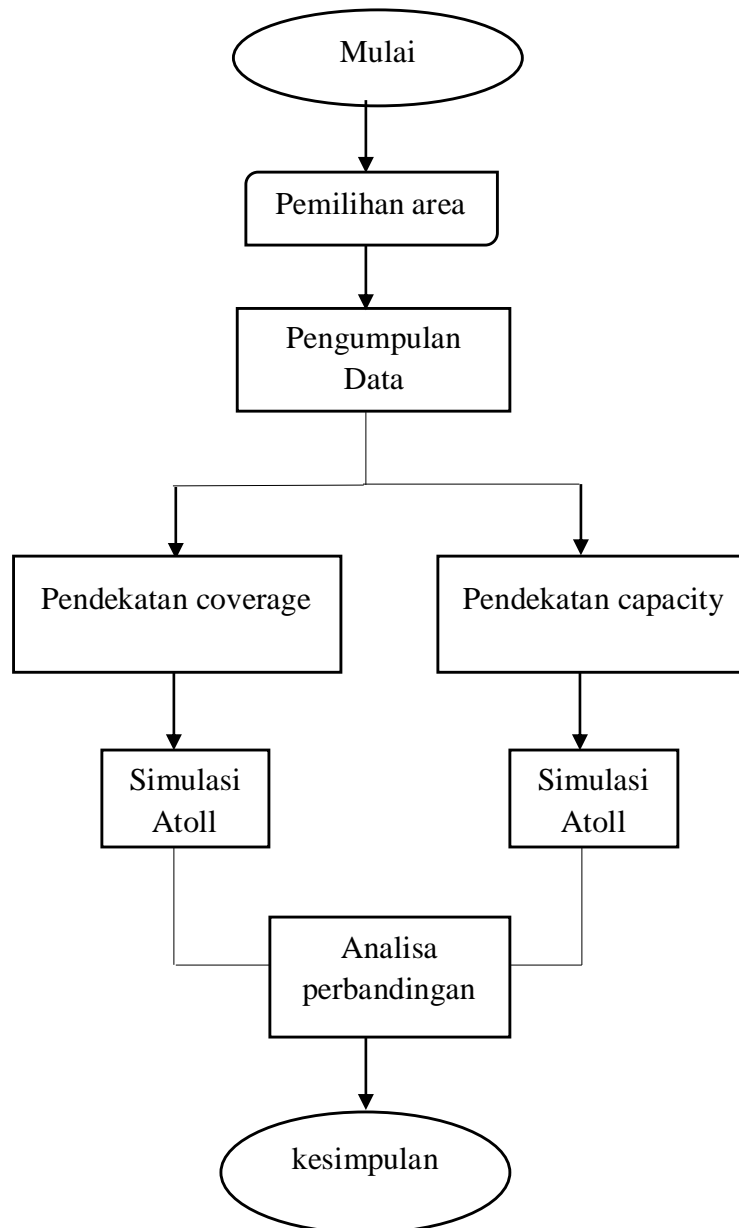
Secara astronomis Tangerang Selatan terletak di bagian timur Provinsi Banten yaitu pada titik koordinat 106'38' - 106'47' Bujur Timur dan 06'13'30' - 06'22'30' Lintang Selatan. Tangerang Selatan terdiri atas 7 kecamatan, yang dibagi lagi atas 54 kelurahan dan 5 desa. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 51 Tahun 2008, Tangerang Selatan terdiri atas 7 (tujuh) kecamatan: Serpong dengan luas 2.404 Ha, Serpong Utara dengan luas 1.784 Ha, Ciputat dengan luas 1.838 Ha, Ciputat Timur dengan luas 1.543 Ha, Pondok Aren dengan luas 2.988 Ha, Pamulang dengan luas 2.682 Ha, Setu dengan luas 1.480 Ha. Kota Tangerang Selatan mempunyai luas wilayah 147.19 Km² dengan jumlah penduduk sebanyak 3.187.624 jiwa pada tahun 2016. Penyebaran penduduk tiap kecamatan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data Penduduk Kota Tangerang Selatan Tahun 2016 [18].

No	Kecamatan	Luas Wilayah(km2)	Jumlah Penduduk
1	Setu	1.480 Ha	83.777
2	Serpong	2.404 Ha	177.677
3	Pamulang	2.682 Ha	341.967
4	Ciputat	1.838 Ha	232.559
5	Ciputat Timur	1.543 Ha	206.729
6	Pondok Aren	2.988 Ha	379.354
7	Serpong Utara	1.784 Ha	171.749
8	Kota Tangerang Selatan	147.19 Km2	1.593.812

3.2.2 Flowchart Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* (LTE)

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perencanaan *coverage* jaringan *Long Term Evolution* yang akan di amati dengan site existing di Kota Kota Tangerang Selatan. Adapun diagram alir perencanaan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.2 Flowchart Perencanaan

Pada gambar 3.2 langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan pemilihan area atau wilayah, pada tahap ini akan dilakukan supaya wilayah perancangan jaringan yang akan dilakukan jelas dan terstruktur. Setelah menentukan pemilihan wilayah perencanaan kemudian dilakukan pengumpulan data. Pada tahap ini data yang diambil atau dibutuhkan meliputi luas wilayah yang akan diamati pada site existing, setelah dilakukan pengambilan data yang diperlukan maka dilakukan *planning by coverage* atau perencanaan berdasarkan luas cakupan. *Planning by capacity* atau perencanaan jaringan dengan memperhatikan parameter input jaringan dan spesifikasi alat. Perhitungan cakupan meliputi MAPL arah *downlink*, MAPL arah *uplink*, model propagasi yang digunakan, dan perhitungan jari-jari sel. Pada wilayah perencanaan jaringan LTE ini dibagi berdasarkan kecamatan supaya dapat diketahui kepadatan penduduk yang ada dan dapat diklasifikasikan apakah wilayah yang akan diamati ini termasuk wilayah Urban, Sub Urban atau wilayah Rural.

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan cakupan maka hasil perhitungan tersebut akan dimasukkan kedalam simulasi, dalam penelitian ini menggunakan Atoll 3.3. Dari simulasi yang dibuat dalam *software Atoll 3.3*. dapat diketahui bagaimana nilai dari RSRP, SINR. Dari parameter pendukung tersebut maka akan diamati dan dianalisa hasilnya.

3.2.3 Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* (LTE)

Dalam perencanaan perbandingan frekuensi jaringan *Long term Evolution* (LTE) akan dilakukan tahapan, tahapan perencanaan berdasarkan berdasarkan kapasitas. Dalam merencanakan jaringan LTE diperlukan beberapa parameter untuk memaksimalkan hasil perencanaan, parameter-parameter yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Parameter Perencanaan

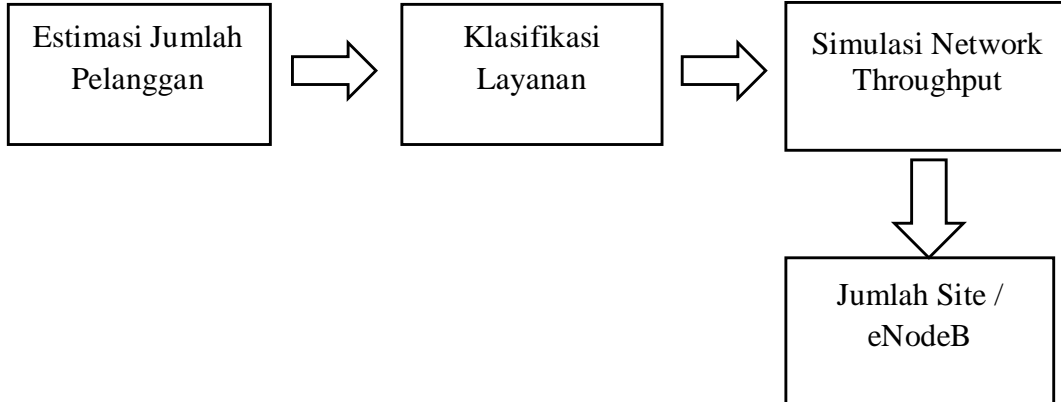
Parameter	Nilai FDD	Nilai TDD
Frekuensi	1800 Mhz	2300 Mhz
<i>Bandwidth</i>	15 Mhz	15 Mhz

Parameter	Nilai FDD	Nilai TDD
<i>Noise Figure eNodeB</i>	7 dB	7 dB
<i>Antenna Height (Tx)</i>	50 m	50 m
<i>Mobile Station Height (Rx)</i>	1,5 m	1,5 m

Antenna transmitter mempunyai batas atau *range* tertentu mulai dari 20 meter sampai 100 meter, ketinggian antena ini sangat tergantung pada kondisi wilayah, keadaan geografis dan letak dari wilayah yang akan dirancang. Pada penelitian ini penulis menggunakan asumsi bahwa ketinggian antena yang digunakan adalah 50 meter. Sedangkan untuk *mobile station* atau *antenna receiver* mempunyai batas atau *range* mulai dari 1 meter samapai 10 meter, maka pada penelitian ini penulis mengasumsiakan bahwa ketinggian *antenna receiver* atau ketinggian *mobile station* adalah 2 meter.

3.2.4 Planning By Capcity

Planning By Capacity merupakan perencanaan yang dilakukan untuk menentukan kapasitas dari suatu *site* atau eNodeB, sebelum menentukan jumlah *site* atau eNodeB yang dibutuhkan terlebih dahulu harus diketahui kapasistas yang dapat ditampung oleh satu *site* atau eNodeB. Dalam perencanaan kapasitas ini ada beberapa tahapan yang dilakukan, tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3 blok diagram dibawah ini :

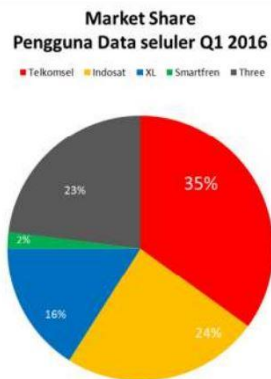


Gambar 3.3 Blok Diagram Perencanaan Kapasitas

Untuk melakukan perencanaan kapasitas hal yang harus dilakukan pertama kali adalah melakukan perhitungan jumlah pelanggan, menghitung kepadatan trafik, kemudian kapasitas tiap sel nya.

a. Estimasi Jumlah Pelanggan

Untuk menghitung jumlah pelanggan LTE ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu jumlah penduduk dari wilayah yang akan dibangun dalam penelitian ini maka yang diperhatikan adalah jumlah penduduk Kota Tangerang Selatan, kemudian *market share* dari operator yang digunakan dalam penelitian ini penulis menggunakan salah satu *provider* operator telekomunikasi yang ada di Indonesia dengan nilai *market share* sebesar 35% dan yang terakhir adalah penetrasi jumlah pelanggan.



Gambar 3.4 Market Share Operator Telekomunikasi Tahun 2016.

Perhitungan estimasi jumlah pelanggan dihitung berdasarkan data penduduk yang ada di wilayah Kota Tangerang Selatan kemudian data penduduk ini dikelompokkan berdasarkan umur. Dari hasil estimasi pelanggan juga dapat mengetahui jumlah pemakaian layanan seluler.

Dimana:

$$\begin{aligned} & \text{Jumlah penduduk tahun acuan} \times \text{pemakaian operator} \times \text{hasil penetrasi seluler} \\ &= 1.593.812 \times 35\% \times 0,37 \\ &= 210.000 : 18 \text{ (sektor)} : 4 \text{ (layanan)} \\ &= 2.916 \end{aligned}$$

Data penduduk berdasarkan kelompok umur tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Data Penduduk Berdasarkan Kelompok Umur 2016 [12]

Kelompok Umur	Jumlah
15-24 Th	96482
25-54 Th	495539
Total	545.021

b. Klasifikasi Layanan

Setelah melakukan perhitungan estimasi pelanggan tahap yang dilakukan berikutnya adalah klasifikasi jenis layanan yang akan diberikan. Klasifikasi layanan merupakan patokan atau tolak ukur dari pengguna layanan telekomunikasi, jenis layanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *VoIP, Video Phone, Video Conference, Email*.

c. Perhitungan *Network Throughput*

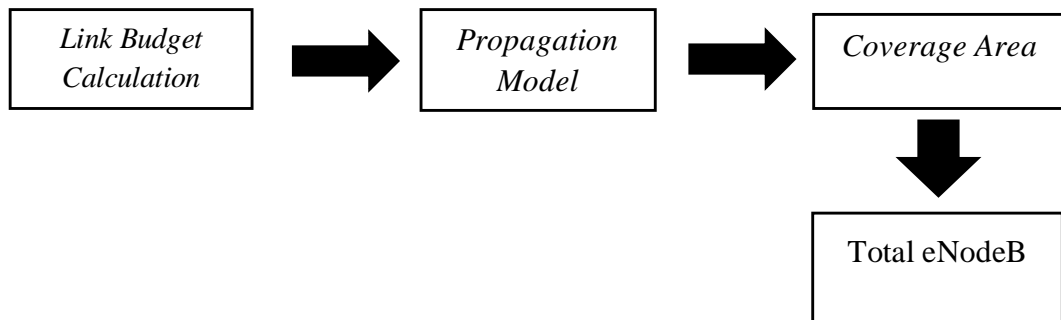
Simulasi *network throughput* merupakan hasil nilai konsumsi atau *throughput* yang dibutuhkan oleh suatu wilayah. Nilai *network throughput* ini dilihat dari arah *uplink* dan *downlink*. Pada simulasi *network throughput* ini akan diketahui nilai berapa nilai *throughput* untuk estimasi perencanaan 5 tahun kedepan.

$$UL \text{ Network Throughput} = \text{total user number} \times UL \text{ single user throughput} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$DL \text{ Network Throughput} = \text{total user number} \times DL \text{ single user throughput} \dots\dots\dots(2.13)$$

3.2.5 Planning By Coverage

Planning By Coverage merupakan perhitungan jumlah eNode yang dilakukan pada sisi *coverage* atau cakupan. Selain menggunakan *Planning by capacity* atau perhitungan berdasarkan kapasitas jumlah eNodeB yang dibutuhkan juga dapat dicari dengan melakukan *planning by coverage* atau perhitungan berdasarkan *coverage* atau cakupan. *Planning by coverage* merupakan perancangan yang dilakukan untuk mengetahui jumlah eNodeB yang diperlukan untuk meng-cover wilayah yang akan dirancang berdasarkan *coverage area*. Dalam penelitian ini dilakukan perencanaan untuk wilayah Kota Tangerang Selatan, maka dalam perancangan secara *coverage* adalah diketahui berapa banyak jumlah eNodeB yang diperlukan untuk meng-cover seluruh wilayah Kota Tangerang Selatan. Untuk melakukan *planning by coverage* diperlukan beberapa langkah yang harus dilakukan, nantinya perhitungan ini akan sangat mempengaruhi pada penentuan luas cakupan dan jumlah eNodeB. Perhitungan yang harus dilakukan dari sisi *coverage* antara lain adalah *Radio Link Budget*, Propagasi, perhitungan jari-jari sel yang menghasilkan luas cakupan sel dan jumlah eNodeB secara *coverage*. Pada Gambar 3.3 Blok Diagram Perencanaan Cakupan akan dijelaskan bagaimana alur perencanaan dari sisi *coverage* :



Gambar 3.5 Blok Diagram Perencanaan Cakupan

a. Link Budget Calculation

Pada bagian *Link Budget Calculation* merupakan langkah yang bertujuan untuk memperkirakan atau mengestimasi pelemahan sinyal yang diperbolehkan terjadi antara eNodeB dan *mobile station*. Nilai maksimum pelemahan sinyal dikenal dengan istilah MAPL atau *Maximum Allowable Path Loss*. Dalam menghitung MAPL dibagi menjadi dua langkah yaitu MAPL *Uplink* dan MAPL *Downlink*. Dalam menghitung nilai MAPL ada beberapa parameter yang sangat berpengaruh yaitu *transmit power*, *gain antenna*, *fading margin* dan sensitivitas.

b. Propagation Model

Model propagasi bertujuan untuk memodelkan kanal propagasi supaya mendapatkan konfigurasi *planning* berdasarkan cakupan atau *coverage*. Dalam penelitian ini penulis menggunakan Cost 231 untuk menghitung nilai propagasinya.

Cost 231 merupakan pengembangan dari model propagasi Okkumura Hatta, dimana Cost 231 mempunyai frekuensi kerja dari 1500 Mhz sampai 2000 Mhz. Pada penelitian ini frekuensi yang digunakan adalah 1800 Mhz dan 2300 Mhz dimana akan dicoba menggunakan model propagasi Cost 231, berdasarkan jurnal penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Pada penelitian ini digunakan frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz dengan model propagasi menggunakan Cost 231, untuk menghitung model propagasi Cost 231 dapat digunakan persamaan :

$$L_{urban} = 46,3 - 33,9 \log f - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log_{10} d + CM \dots (2.14)$$

Keterangan:

f = frekuensi kerja (1800 MHz)

h_{te} = tinggi antenna *transmitter* (50m)

h_{re} = tinggi antenna *receiver* (2 m)

a (h_{re}) = faktor koreksi untuk tinggi efektif antenna UE

d = jarak antara eNodeB dengan UE

CM = 0 (untuk daerah Urban dan daerah Sub Urban)

c. Coverage Area

Coverage area merupakan luas cakupan dari suatu sel, dalam penelitian ini dibuat perencanaan jaringan LTE di wilayah Kota Tangerang Selatan yang memiliki luas wilayah sebesar 147.19 Km² maka dari luas wilayah tersebut akan digunakan untuk menentukan banyaknya eNodeB yang diperlukan untuk meng-cover seluruh wilayah Kota Tangerang Selatan.

d. Total eNodeB

Untuk menghitung total kebutuhan eNodeB maka ditentukan dengan luas wilayah dan estimasi jumlah pelanggan pada wilayah tersebut. Untuk menghitung total eNodeB diperlukan beberapa parameter diantaranya adalah luas daerah perencanaan, jarak antar eNodeB, dan luas hexagonal wilayah

3.3 PERANCANGAN SIMULASI DENGAN ATOLL

Atoll adalah sebuah *network simulator* yang digunakan untuk membuat suatu perencanaan jaringan *wireless*. Dengan *software* Atoll perancangan dapat dilakukan dengan mengatur parameter-parameter yang ditentukan dalam perencanaan jaringan, dengan Atoll dapat juga digunakan untuk mensimulasikan jaringan yang sudah dibuat untuk diketahui kualitas dari jaringan tersebut. Jadi *software* Atoll merupakan sebuah simulasi sebelum dilakukan pembangunan eNodeB secara fisik disebuah wilayah untuk mengetahui apakah kualitas dari jaringan yang sudah dibuat bagus atau tidak serta dapat meng-cover keseluruhan wilayah atau belum supaya tidak ada kesalahan dalam pembangunan eNodeB disebuah wilayah secara fisik. Pada jaringan LTE ada beberapa parameter yang dapat diukur untuk menentukan key performance indicator seperti RSRP, SINR, dan Throughput.

3.3.1 RSRP (*Reference Signal Received Power*)

Kuat sinyal yang diterima user equipment(UE) pada teknologi LTE disebut dengan Reference Signal Received Power (RSRP). Nilai Reference Signal Received power (RSRP) yang merupakan sinyal reference yang digunakan untuk

menunjukkan bagus tidaknya coverage jaringan pada suatu daerah. Berikut rentang nilai RSRP yang digunakan oleh suatu operator.

Tabel 3.4 Rentang Nilai RSRP(19).

Nilai	Keterangan
$\geq - 71$ dBm	Very Good
$< - 71$ dBm to $\leq - 81$ dBm	Good
$< - 81$ dBm to $\leq - 91$ dBm	Normal
$< - 91$ dBm to $\leq - 101$ dBm	Bad
$< - 101$ dBm	Worst

3.3.2 SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

Signal to Interface Noise Ratio merupakan perbandingan kuat sinyal dibanding dengan sinyal interferensi dari cell yang lain. Parameter ini menunjukkan level daya minimum dimana user masih bisa melakukan suatu panggilan. Dimana pada teknologi 2G dianalogikan seperti RxQual dan pada teknologi 3G dianalogikan sebagai EcNo, sedangkan pada teknologi 4G dikenal dengan SINR. Berikut contoh range SINR yang digunakan oleh suatu operator.

Tabel 3.5 Rentang Nilai SINR(19).

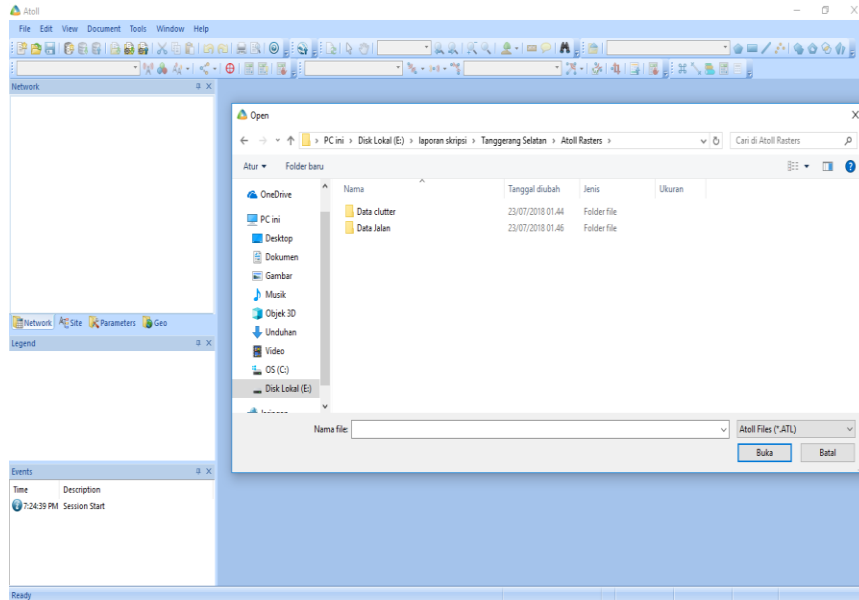
Nilai	Keterangan
16 dB s/d 30 dB	Good
1 dB s/d 15 dB	Normal
-10 dB s/d 0 dBm	Bad

Untuk menjalankan simulasi Atoll ada beberapa pengaturan utama, diantaranya adalah sebagai berikut :

3.3.3 Pengaturan Map

Pada *software* Atoll digunakan peta digital, peta ini menampilkan bentuk permukaan bumi dalam bentuk kenampakan alam yang dibedakan dengan warna seperti hijau, kuning, biru beserta titik atau letak koordinat dan tinggi setiap permukaannya. Pada peta digital ini mempunyai dua jenis peta digital yaitu *raster* dan *vector*. Peta *vector* merupakan peta digital berupa garis dan titik yang dari area yang berbentuk polygon. Sedangkan peta *raster* merupakan peta spasial atau

keruangan permukaan bumi yang didapatkan dari foto atau radar satelit, peta *raster* ini berbentuk gambaran permukaan bumi dalam bentuk kenampakan warna alam.



Gambar 3.6 Input Peta Digital Pada Atoll

Untuk perencanaan jaringan akan digunakan peta raster yang pada dasarnya adalah peta *cluster* dan peta elevasi. Peta *cluster* sendiri dibagi menjadi beberapa kelas yang berbeda berdasarkan daerah morfologinya seperti daerah Sub Urban, Urban, *Sea*, *Open*, *Village* dan lain sebagainya. Selanjutnya untuk peta elevasi merupakan peta yang menunjukkan ketinggian suatu tempat atau wilayah yang tergolong sebagai dataran rendah, dataran tinggi, bukit, gunung dan lain sebagainya.

3.3.4 Pengaturan *Transmitter*

Pengaturan *transmitter* dalam Atoll dapat dilakukan dengan cara pilih *network* → *transmitter* → klik kanan *view* → kemudian masukan data *transmitter* yang diperlukan. Pada pengaturan *transmitter* ini berisi informasi mengenai ketinggian antenna, arah *azimuth* antenna, elektrik dan mekanikal *tilting* antenna dan juga jenis propagasi yang digunakan.

3.3.5 Pengaturan *Resource*

Pada pengaturan *resource* berisi mengenai informasi detail dari *transmitter* yang aktif seperti *bandwidth* dan frekuensi yang dipakai, *trafik load* yang diijinkan, maksimum jumlah *neighbour*, nilai minimum RSRP yang diijinkan dan sebagainya.

3.3.6 Pengaturan trafik parameter

Parameter trafik yang digunakan adalah *service* parameter, parameter ini berisikan jenis layanan yang ditawarkan dari jaringan LTE seperti *web browsing*, *file transfer*, *real time gaming*, *signaling*, *email*, *media streaming*, *video phone*. Kemudian untuk tipe mobilitas dari *user* seperti *pedestrian*, *fix* dan *mobile*. Untuk *user profile* seperti *bussines user*, *residensial user* dan *mobile user*.

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL DATA

4.1 TINJAUAN UMUM

Pada penulisan ini akan dibahas mengenai bagaimana cara melakukan sebuah perbandingan frekuensi jaringan disebuah wilayah. Pada penelitian ini diambil wilayah Kota Tangerang Selatan untuk dibahas mengenai perbandingan jaringan long term evolution dengan menggunakan frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz, dimana dalam melakukan perbandingan frekuensi ini dilakukan dengan perhitungan secara cakupan. Untuk pendekatan berdasarkan *capacity* dan *coverage* merupakan perencanaan yang dilakukan dengan memperhatikan parameter input jaringan yang diambil dari perhitungan link budget dan juga luas wilayah yang akan dicakup oleh eNodeB serta hasil throughput yang di hasilkan.

Analisis yang akan dilakukan berdasarkan hasil simulasi dengan software Atoll untuk jaringan Long Term Evolution (LTE) mencakup

1. Analisis perencanaan berdasarkan cakupan atau *coverage* pada frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz.
2. Analisa perencanaan berdasarkan kapasitas atau *capacity* pada frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz

4.2 PERHITUNGAN BERDASARKAN KAPASITAS

4.2.1 Estimasi Jumlah Pelanggan

Untuk menghitung jumlah proyeksi penduduk hal yang harus dilakukan adalah mencari data jumlah penduduk pada wilayah yang akan dirancang dalam penelitian ini data jumlah penduduk yang dibutuhkan adalah data jumlah penduduk di wilayah Denpasar. Data jumlah penduduk yang dikumpulkan merupakan data jumlah penduduk dari tahun-tahun sebelumnya untuk melihat faktor pertumbuhan penduduk, setelah itu mengelompokan penduduk berdasarkan usia produktif untuk mencari jumlah pengguna jaringan LTE. Data jumlah penduduk ini didapatkan dari Badan Pusat Statistik wilayah setempat.

Perhitungan berdasarkan kapasitas merupakan metode perancangan untuk mempertimbangkan kebutuhan sejumlah trafik pada suatu daerah. Trafik memiliki acuan pada waktu *busy hour* agar dapat memprediksi kebutuhan trafik maksimum. Dalam menentukan jumlah sel berdasarkan *capacity planning* harus memperhatikan *throughput demand* dan *throughput per cell*. *Throughput demand* adalah trafik permintaan yang dibutuhkan di suatu daerah dan *throughput per cell* adalah besarnya *throughput* yang dapat dilayani oleh suatu sel atau sering juga disebut sebagai kapasitas sel.

Dalam mengestimasi jumlah pelanggan, perlu dilakukan *forecasting* untuk beberapa tahun ke depan. Pada Skripsi ini penulis akan melakukan *forecasting* 5 tahun kedepan dari tahun 2016. Hal ini dilakukan untuk menjamin kapasitas akan mencukupi jumlah pelanggan yang tumbuh dalam lima tahun yang akan datang. Untuk memprediksi jumlah penduduk hingga tahun 2021 dilakukan perhitungan sensus penduduk tahun 2016, untuk perhitungannya faktor pertumbuhan dapat dilihat berdasarkan tabel 4.1. Dalam menghitung estimasi jumlah pelanggan digunakan persamaan seperti berikut :

$$Pt = P_0(1 + r)^n$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Pt &= P_0 \times (1 + r)^n \\ &= 1.593.812 \times (1 + r)^5 \\ &= 1.593.812 \times (1 + 0,032)^5 \\ &= 1.865.673 \text{ Jumlah penduduk pada tahun 2021} \end{aligned}$$

Keterangan:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun yang dicari / 2021

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun yang sekarang / 2016

r = Laju pertumbuhan penduduk

Perhitungan Trafik berdasarkan model layanan bertujuan untuk memperkirakan besarnya *throughput demand* pada suatu daerah. Untuk menghitung *throughput demand* langkah pertama adalah menentukan *throughput per session* berdasarkan data *maximum throughput per user*, dan kemudian

menghitung total *throughput* dari seluruh *user* yaitu *uplink* dan *downlink network throughput*.

Tabel 4.1 Faktor Pertumbuhan Jumlah Penduduk Tangerang Selatan

Jumlah Penduduk Pada Tahun 2016	Jumlah Penduduk Pada Tahun 2021
1.593.812	1.865.673

Untuk perhitungan kapasitas eNodeB dibuat berdasarkan distribusi SINR MCS yang dipakai, jika skema modulasi semakin tinggi maka power yang dibutuhkan juga semakin besar sehingga luas cakupan dari eNodeB akan semakin dekat dengan eNodeB. Dalam perancangan ini digunakan MCS index 28 dengan modulasi 64 QAM.

Network Throughput dan *Cell Throughput* merupakan parameter dalam menghitung jumlah *eNodeB*, untuk menghitung jumlah *cell* dapat dihitung dengan nilai dari *Network Throughput* kemudian dibagi dengan *Cell Throughput*. Jika sudah didapatkan nilai dari jumlah *cell* maka nilai total dari jumlah *cell* dibagi 3 karena dari satu *eNodeB* terdiri dari 3 *cell*. Berikut ini merupakan hasil prediksi *eNodeB* selama 5 tahun kedepan berdasarkan *capacity*, jumlah penduduk produktif diasumsikan mulai umur 15 tahun sampai 54 tahun. Dalam penelitian ini wilayah perencanaan yaitu untuk wilayah Urban, oleh karena itu akan dijabarkan perhitungan *link budget* pada kedua wilayah tersebut. Persentase jumlah penduduk produktif pada wilayah Urban adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 \text{Penetrasi Seluler} &= \frac{\text{jumlah pengguna ponsel aktif}}{\text{jumlah penduduk}} \\
 &= \frac{592021}{1593812} \\
 &= 0.37\%
 \end{aligned}$$

4.2.2 Klasifikasi Layanan

Dalam perencanaan jaringan klasifikasi layanan merupakan layanan yang disediakan oleh jaringan, hal ini merupakan tolak ukur dari penggunaan layanan telekomunikasi. Jenis layanan yang ditawarkan diantaranya adalah *VoIP*, *Video*

Phone, Video Conference, Real Time Gaming, Streaming Media, IMS Signalling, Web Browsing, File Transfer, Email dan P2p File Sharing. Pada Tabel 4.5 dijelaskan jenis klasifikasi yang ditawarkan dengan masing-masing model trafiknya.

Tabel 4.2 Service Traffic

<i>Traffic Paramater</i>	<i>Uplink</i>				<i>Downlink</i>			
	<i>Bearer Rate (Kbps)</i>	<i>PPP Sesion Time (s)</i>	<i>PPP Session Duty Ratio</i>	<i>BLER</i>	<i>Bearer Rate (Kbps)</i>	<i>PPP Sesion Time (s)</i>	<i>PPP Session Duty Ratio</i>	<i>BLER</i>
<i>VoIP</i>	26.90	80	0.4	1%	26.90	80	0.4	1%
<i>Video Phone</i>	62.53	70	1	1%	62.53	70	1	1%
<i>Video Conference</i>	62.53	1800	1	1%	62.53	1800	1	1%
<i>Real Time Gaming</i>	31.26	1800	0.2	1%	125.06	1800	0.4	1%
<i>Streaming Media</i>	31.26	3600	0.05	1%	250.11	3600	0.95	1%
<i>IMS Signalling</i>	15.63	7	0.2	1%	15.63	7	0.2	1%
<i>Web Browsing</i>	62.53	1800	0.05	1%	250.11	1800	0.05	1%
<i>File Transfer</i>	140.69	600	1	1%	750.34	600	1	1%
<i>Email</i>	140.69	50	1	1%	750.34	15	1	1%
<i>P2P File Sharing</i>	250.11	1200	1	1%	750.34	1200	1	1%

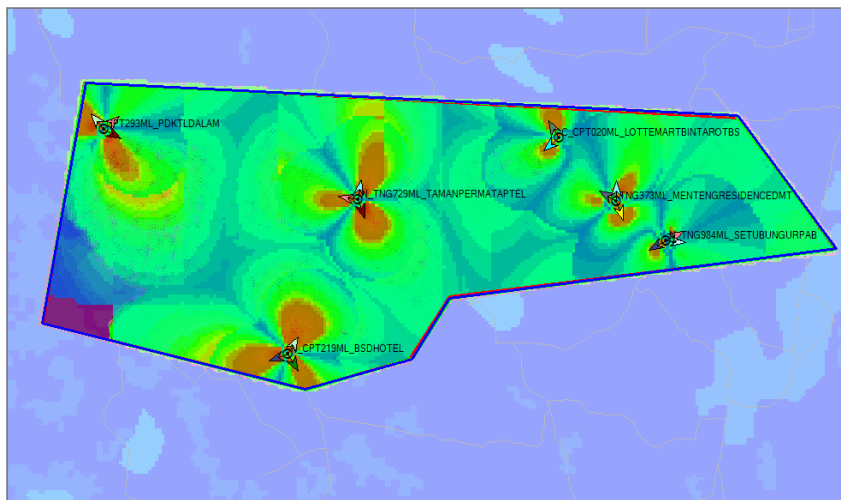
Untuk menghitung nilai *Throughput* digunakan persamaan sebagai berikut;

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

Nilai *Throughput* dipengaruhi durasi per layanan dengan perbandingan data *transmission per sesion* dan *block error rate*.

4.2.3 Simulasi User Connected Dan Throughput Jaringan LTE FDD 1800 MHz

Hasil Simulasi *user connected* pada jaringan LTE FDD 1800 MHz di Cluster BSD Kota Tangerang Selatan dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut ini :



Gambar 4.1 Simulasi User Connected Pada Jaringan LTE FDD 1800 MHz

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa mayoritas *user* dalam kondisi *connected* atau terhubung yang ditandai dengan warna hijau dan user yang tidak terhubung ditandai dengan warna merah yang tersebar pada area tinjauan perancangan. *User* yang mengalami saturasi dapat disebabkan akibat keterbatasan kanal dalam perangkat eNodeB.

4.2.3.1 Hasil nilai Throughput pelayanan pada jaringan LTE FDD 1800 MHz

Perhitungan nilai *Throughput* ini kemudian akan menjadi dasar dalam perhitungan kapasitas jaringan yang diperlukan dalam perancangan jaringan di wilayah Kota Tangerang Selatan. Nilai *Throughput* per layanan dijelaskan pada berikut ini :

Tabel 4.3 Nilai Throughput Peak per layanan LTE FDD 1800 MHz

<i>Traffic Paramater</i>	<i>Througput (Mbps)</i>	
	UL	DL
<i>VoIP</i>	296,73	21,47
<i>Video Phone</i>	591,4	287,6
<i>Video Conference</i>	1,31	15,63
<i>Email</i>	0	0

Tabel 4.4 Nilai Throughput Effective per layanan LTE FDD 1800 MHz

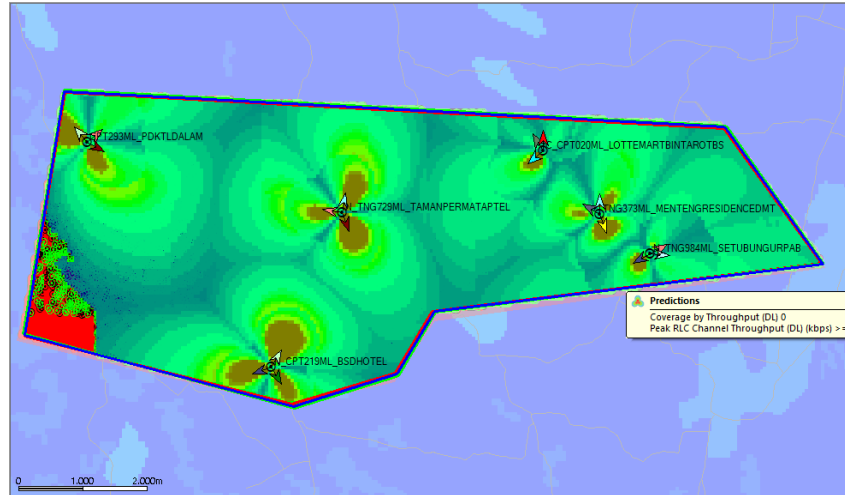
<i>Traffic Paramater</i>	<i>Througput (Mbps)</i>	
	UL	DL
<i>VoIP</i>	291,56	20,9
<i>Video Phone</i>	580,22	280,44
<i>Video Conference</i>	1,28	15,45
<i>Email</i>	0	0

Tabel 4.5 Nilai Throughput Cummulated per layanan LTE FDD 1800 MHz

<i>Traffic Paramater</i>	<i>Througput (Mbps)</i>	
	UL	DL
<i>VoIP</i>	276,98	19,85
<i>Video Phone</i>	551,2	266,45
<i>Video Conference</i>	1,22	14,68
<i>Email</i>	0	0

4.2.4 Simulasi User Connected Dan Throughput Jaringan LTE TDD 2300 MHz

Hasil Simulasi *user connected* pada jaringan LTE FDD 1800 MHz di Cluster BSD Kota Tangerang Selatan dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut ini:



Gambar 4.2 Simulasi User Connected Pada Jaringan LTE TDD 2300 MHz

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa mayoritas *user* dalam kondisi *re-connected* user yang tidak terhubung ditandai dengan warna merah yang tersebar pada area tinjauan perancangan. *User* yang mengalami saturasi dapat disebabkan akibat keterbatasan kanal dalam perangkat eNodeB.

4.2.4.1 Hasil nilai Throughput pelayanan pada jaringan LTE TDD 2300 MHz

Perhitungan nilai Throughput ini kemudian akan menjadi dasar dalam perhitungan kapasitas jaringan yang diperlukan dalam perancaan jaringan di wilayah Kota Tangerang Selatan. Nilai *Throughput* per layanan dijelaskan pada Tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6 Nilai Throughput Peak per layanan LTE TDD 2300 MHz

<i>Traffic Paramater</i>	<i>Througput (Kbit)</i>	
	UL	DL
<i>VoIP</i>	65,21	78,36
<i>Video Phone</i>	19,57	36,5
<i>Video Conference</i>	21,98	32,57
<i>Email</i>	7,23	9,27

Tabel 4.7 Nilai Throughput Effective per layanan LTE TDD 2300 MHz

<i>Traffic Paramater</i>	<i>Througput (Mbps)</i>	
	UL	DL
<i>VoIP</i>	63,51	74,96
<i>Video Phone</i>	19,15	34,63
<i>Video Conference</i>	21,6	31,15
<i>Email</i>	7,1	8,94

Tabel 4.8 Nilai Throughput Comulated per layanan LTE TDD 2300 MHz

<i>Traffic Paramater</i>	<i>Througput (Mbps)</i>	
	UL	DL
<i>VoIP</i>	60,32	71,19
<i>Video Phone</i>	18,19	32,9
<i>Video Conference</i>	20,52	29,6
<i>Email</i>	6,75	8,5

4.3 HASIL SIMULASI USER CONNECTED DAN NON-CONNENTED PADA FDD DAN TDD

Pada hasil simulasi throughput user LTE fdd dan LTE tdd dapat dilihat pada tabel dibawah yang menunjukkan jumlah user yang connect maupun tidak connect.

Tabel 4.9 Jumlah User Connect dan Non Connect

FDD		TDD	
Not connect	64,1%	Not connect	29,7%
Connect	35,9%	Connect	70,3%

4.4 PERHITUNGAN BERDASARKAN CAKUPAN

Perencanaan berdasarkan cakupan adalah perencana yang didasarkan pada luas wilayah, tahapan dari perencanaan berdasarkan cakupan antara lain *radio*

link budget, propagasi dan perhitungan jari-jari sel yang menghasilkan luas cakupan sel dan jumlah *eNodeB*.

4.4.1 Perhitungan *Link Budget*

Perhitungan ini merupakan perhitungan yang didasarkan pada daya pancar baik dari sisi pelanggan atau user maupun dari sisi *eNodeB* atau pemancar. Perhitungan *link budget* berfungsi untuk menentukan nilai daya yang efisien berdasarkan perbandingan *gain* dan *loss* dalam sebuah sistem jaringan. Nilai maksimum pelemahan sinyal disebut juga *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL). Perhitungan ini dilakukan dari dua sisi yaitu dari sisi *eNodeB* atau *downlink* sedangkan dari sisi *user equipment* atau pelanggan disebut *uplink*.

a. Perhitungan MAPL Downlink FDD 1800Mhz

Perhitungan pada sisi *downlink* membutuhkan nilai EIRP. Untuk mencari nilai EIRP dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX}$$

Keterangan :

P_{TX} = Transmit RF Power (43 dBm)

G_{TX} = Transmit antenna Gain (18 dBi)

L_{TX} = Transmit RF Line Loss (2 dB)

Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \\ &= 43 + 18 - 2 \\ &= 59 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Mencari nilai MAPL dibutuhkan beberapa parameter pendukung antara lain *sensitivity receiver* (SR), nilai *sensitivity receiver* dipengaruhi oleh *noise figure* yang mana *noise figure* merupakan perbandingan antara *noise* yang dihasilkan oleh perangkat secara nyata dibandingkan *noise* pada perangkat ideal. Perhitungan nilai SR dapat dicari menggunakan persamaan 2.18 seperti berikut :

$$SR = kTB + NF + SNR$$

Keterangan:

k = konstanta *Boltzman* ($1,38 \times 10^{-20}$ mWs/K)

T = *Temperature* (290K)

B = *System Bandwidth*

NF = *Noise Figure* (7 dB)

SNR = *Signal to Noise Ratio* (20.855 dB)

Nilai B didapatkan dari perhitungan *Subcarrier Bandwidth* dikalikan dengan *subcarrier per resource blok* dikali dengan *number of resource block*, dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} B &= \textit{Subcarrier Bandwidth} \times \textit{Subcarrier per resource block} \times N_{RB} \\ &= 15 \times 12 \times 75 \\ &= 13500 \text{ KHz} \\ &= 13500000 \text{ Hz} \\ &= 10\log 13500000 \\ &= 71,30 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sedangkan menghitung nilai *sensitivity receiver* membutuhkan nilai SINR. Nilai SINR dipengaruhi oleh MCS indeks dan jenis modulasi yang dipakai, pada perancangan ini diasumsikan bahwa modulasi yang dipakai adalah 64QAM dengan nilai MCS indeks 28. Nilai SINR pada sisi downlink adalah sebesar 20.866. Menghitung *sensitivity receiver* membutuhkan nilai *thermal noise*, nilai ini didapatkan dari perkalian antara konstanta boltzman dengan temperatur, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Thermal Noise} &= kTB \\ &= (1,38 \times 10^{-20}) \times 290 \times 15 \\ &= 4,002 \times 10^{-17} \end{aligned}$$

Dalam dBm

$$10\log(4,002 \times 10^{-18}) = -173,977 \text{ dBm}$$

Maka,

$$\begin{aligned} SR &= kTB + NF + SINR \\ &= (-173,977 + 71,30) + 7 + 20.866 \\ &= -74,811 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai MAPL dari sisi *downlink* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MAPL = EIRP - SR - M_{interference} - Control\ Channel\ Overhead + G_{Rx} - L_B$$

Keterangan:

$EIRP$ = *Effective Isotropic Radiated Power* (62 dBm)

SR = *Sensitivity Receiver* (-74,811 dBm)

$M_{interference}$ = *Interference Margin* (4 dB)

Control Channel Overhead (1 dB)

G_{Rx} = Receiver Antenna Gain (0 dBi)

L_B = *Loss Body* (0 dB)

Dari data diatas maka nilai MAPL yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned} MAPL &= 59 - (-74,811) - 4 - 1 + 0 - 0 \\ &= 128,807 \text{ Db} \end{aligned}$$

b. Perhitungan MAPL Uplink FDD 1800Mhz

Pada sisi sebaliknya yaitu sisi uplink membutuhkan perhitungan EIRP, perhitungan ini dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} EIRP &= PTX + GTX - LTX \\ &= 23 + 0 - 0 \\ &= 23 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Mencari nilai MAPL dibutuhkan beberapa parameter pendukung antara lain *sensitivity receiver* (SR), nilai *sensitivity receiver* dipengaruhi oleh *noise figure* yang mana *noise figure* merupakan perbandingan antara *noise* yang dihasilkan oleh perangkat secara nyata dibandingkan *noise* pada perangkat ideal. Perhitungan nilai SR seperti berikut :

$$SR = kTB + NF + SNR$$

Keterangan:

K = konstanta *Boltzman* ($1,38 \times 10^{-20}$ mWs/K)

T = *Temperature* (290K)

B = *System Bandwidth*

NF = *Noise Figure* (2 dB)

SNR = *Signal to Noise Ratio* (17,343 dB)

Nilai B didapatkan dari perhitungan *Subcarrier Bandwidth* dikalikan dengan *subcarrier per resource blok* dikali dengan *number of resource block*, dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} B &= \textit{Subcarrier Bandwidth} \times \textit{Subcarrier per resource block} \times N_{RB} \\ &= 15 \times 12 \times 75 \\ &= 13500 \text{ KHz} = 13500000 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Diubah dalam satuan dB

$$\begin{aligned} &= 10 \log 13500000 \\ &= 71,30 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sedangkan menghitung nilai *sensitivity receiver* membutuhkan nilai SINR yang dipengaruhi oleh MCS indeks dan jenis modulasi yang dipakai, pada perancangan ini diasumsikan bahwa modulasi yang dipakai adalah 64QAM dengan nilai MCS indeks 28. Nilai SINR pada sisi *uplink* adalah sebesar 17,343. Menghitung *sensitivity receiver* membutuhkan nilai *thermal noise*, nilai ini didapatkan dari perkalian antara konstanta boltzman dengan temperatur, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Thermal Noise} &= kTB \\ &= (1,38 \times 10^{-20}) \times 290 \times 20 \\ &= 4,002 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

Dalam dBm

$$10 \log(4,002 \times 10^{-18}) = -173,977 \text{ dBm}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{SR} &= kTB + NF + \text{SINR} \\ &= (-173,977 + 71,30) + 2 + 17,343 \\ &= -83,334 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai MAPL dari sisi uplink, mencari nilai MAPL dari sisi *uplink* dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\text{MAPL} = \text{EIRP} - \text{SR} - \textit{Interference margin} - \textit{Cable Loss} + \text{Rx Antena gain} - \textit{Fast Fading margin}$$

$$\begin{aligned} \text{MAPL} &= 23 - (-83,334) - 1 - 0 + 18 - 0 \\ &= 123,330 \text{ dB} \end{aligned}$$

c. Perhitungan MAPL downlink TDD 2300Mhz

Perhitungan pada sisi *downlink* membutuhkan nilai EIRP. Untuk mencari nilai EIRP dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX}$$

Keterangan :

P_{TX} = Transmit RF Power (43 dBm)

G_{TX} = Transmit antenna Gain (18 dBi)

L_{TX} = Transmit RF Line Loss (2 dB)

Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \\ &= 43 + 18 - 2 \\ &= 59 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Mencari nilai MAPL dibutuhkan beberapa parameter pendukung antara lain *sensitivity receiver* (SR), nilai *sensitivity receiver* dipengaruhi oleh *noise figure* yang mana *noise figure* merupakan perbandingan antara *noise* yang dihasilkan oleh perangkat secara nyata dibandingkan *noise* pada perangkat ideal. Perhitungan nilai SR dapat dicari seperti berikut :

$$SR = kTB + NF + SNR$$

Keterangan:

K = konstanta *Boltzman* ($1,38 \times 10^{-20}$ mWs/K)

T = *Temperature* (290K)

B = *System Bandwidth*

NF = *Noise Figure* (7 dB)

SNR = *Signal to Noise Ratio* (20.855 dB)

Nilai B didapatkan dari perhitungan *Subcarrier Bandwidth* dikalikan dengan *subcarrier per resource blok* dikali dengan *number of resource block*, dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$B = \text{Subcarrier Bandwidth} \times \text{Subcarrier per resource block} \times N_{RB}$$

$$\begin{aligned}
&= 20 \times 12 \times 75 \\
&= 18000 \text{ KHz} \\
&= 18000000 \text{ Hz} \\
&= 10\log 18000000 = 72,55 \text{ dB}
\end{aligned}$$

Sedangkan menghitung nilai *sensitivity receiver* membutuhkan nilai SINR yang dapat dilihat pada tabel 2.2. Nilai SINR dipengaruhi oleh MCS indeks dan jenis modulasi yang dipakai, pada perancangan ini diasumsikan bahwa modulasi yang dipakai adalah 64QAM dengan nilai MCS indeks 28. Berdasarkan pada sisi downlink adalah sebesar 20.866. Menghitung *sensitivity receiver* membutuhkan nilai *thermal noise*, nilai ini didapatkan dari perkalian antara konstanta boltzman dengan temperatur, sehingga :

$$\begin{aligned}
\text{Thermal Noise} &= kTB \\
&= (1,38 \times 10^{-20}) \times 290 \times 15 \\
&= 4,002 \times 10^{-18}
\end{aligned}$$

Dalam dBm

$$10\log(4,002 \times 10^{-18}) = -173,977 \text{ dBm}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
SR &= kTB + NF + SINR \\
&= (-173,977 + 72,55) + 7 + 20.866 \\
&= -73,561 \text{ dBm}
\end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai MAPL dari sisi *downlink* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MAPL = EIRP - SR - M_{interference} - \text{Control Channel Overhead} + G_{Rx} - L_B$$

Keterangan:

$$EIRP = \text{Effective Isotropic Radiated Power (62 dBm)}$$

$$SR = \text{Sensitivity Receiver (-74,811 dBm)}$$

$$M_{interference} = \text{Interference Margin (4 dB)}$$

$$\text{Control Channel Overhead (1 dB)}$$

$$G_{Rx} = \text{Receiver Antenna Gain (0 dBi)}$$

$$L_B = \text{Loss Body (0 dB)}$$

Dari data diatas maka nilai MAPL yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{MAPL} &= 59 - (-73,561) - 4 - 1 + 0 - 0 \\ &= 127,561 \text{ dB} \end{aligned}$$

d. Perhitungan MAPL Uplink TDD 2300Mhz

Pada sisi sebaliknya yaitu sisi uplink membutuhkan perhitungan EIRP, perhitungan ini dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{EIRP} &= \text{PTX} + \text{GTX} - \text{LTX} \\ &= 23 + 0 - 0 \\ &= 23 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Mencari nilai MAPL dibutuhkan beberapa parameter pendukung antara lain *sensitivity receiver* (SR), nilai *sensitivity receiver* dipengaruhi oleh *noise figure* yang mana *noise figure* merupakan perbandingan antara *noise* yang dihasilkan oleh perangkat secara nyata dibandingkan *noise* pada perangkat ideal. Perhitungan nilai SR dapat dicari seperti berikut :

$$\text{SR} = kTB + \text{NF} + \text{SNR}$$

Keterangan:

$$K = \text{konstanta Boltzman (1,38 x 10}^{-20} \text{ mWs/K)}$$

$$T = \text{Temperature (290K)}$$

$$B = \text{System Bandwidth}$$

$$\text{NF} = \text{Noise Figure (2 dB)}$$

$$\text{SNR} = \text{Signal to Noise Ratio (17,343 dB)}$$

Nilai B didapatkan dari perhitungan *Subcarrier Bandwidth* dikalikan dengan *subcarrier per resource blok* dikali dengan *number of resource block*, dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} B &= \text{Subcarrier Bandwidth} \times \text{Subcarrier per resource block} \times N_{RB} \\ &= 20 \times 12 \times 75 \\ &= 180000 \text{ KHz} = 18000000 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Diubah dalam satuan dB

$$= 10\log 18000000 = 72,55 \text{ dB}$$

Sedangkan menghitung nilai *sensitivity receiver* membutuhkan nilai SINR. Nilai SINR dipengaruhi oleh MCS indeks dan jenis modulasi yang dipakai, pada perancangan ini diasumsikan bahwa modulasi yang dipakai adalah 64QAM dengan nilai MCS indeks 28. Nilai nilai SINR pada sisi *uplink* adalah sebesar 17,343. Menghitung *sensitivity receiver* membutuhkan nilai *thermal noise*, nilai ini didapatkan dari perkalian antara konstanta boltzman dengan temperatur, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Thermal Noise} &= kTB \\ &= (1,38 \times 10^{-20}) \times 290 \\ &= 4,002 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

Dalam dBm

$$10\log(4,002 \times 10^{-18}) = -173,977 \text{ dBm}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{SR} &= kTB + NF + \text{SINR} \\ &= (-173,977 + 72,55) + 2 + 17,343 \\ &= -82,084 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai MAPL dari sisi uplink, mencari nilai MAPL dari sisi *uplink* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MAPL} &= \text{EIRP} - \text{SR} - \text{Interference margin} - \text{Cable Loss} + \text{Rx Antena} \\ &\quad \text{gain} - \text{Fast Fading margin} \\ \text{MAPL} &= 23 - (-83,334) - 1 - 0 + 18 - 0 \\ &= 122,081 \text{ Db} \end{aligned}$$

Tabel 4.10 perhitungan link budget pada sisi downlink untuk FDD 1800Mhz dan TDD 2300Mhz

Transmitter-UE		FDD	TDD	Kalkulasi	Satuan
		Nilai	Nilai		
A	<i>Tx Power Frekuensi 1800 Mhz (15 MHz)</i>	43	43	a	dBm
B	<i>Tx Power Frekuensi 2300 Mhz (15 Mhz)</i>	43	43	a	dBm
C	<i>Tx Antena Gain</i>	18	18	b	dB <i>i</i>
D	<i>Body Loss</i>	2	2	c	dB
E	<i>EIRP</i>	59	59	d = a+b-c	dBm
Receiver-eNodeB					
Transmitter-eNodeB		Nilai	Nilai		
F	<i>UE Noise Figure</i>	7	7	e	dB
G	<i>Thermal Noise</i>	-173.977	-173.977	f = kT	dBm
H	<i>SINR</i>	20,866	21	g	dB
I	<i>Bandwidth System</i>	71,30	72,55	h=15*12*50 *1000	dB
	<i>Bandwidth system</i>	71,30	72,55	h=20*12*50 *1000	
J	<i>Sencitivity Receiver</i>	-74,811	-73,561		dBm
K	<i>Interference Margin</i>	1	1	j	dB
L	<i>Control Channel Overhead</i>	0	0	k	dB
M	<i>Rx Antenna Gain</i>	18	18	l	dB <i>i</i>
N	<i>Body Loss</i>	0	0	m	dB

O	MAPL	128,807	127,558	$n = d-i-j-k+l-m$	dB
---	------	---------	---------	-------------------	----

Tabel 4.11 perhitungan link budget pada sisi uplink untuk FDD 1800Mhz dan TDD 2300Mhz

Transmitter-UE		FDD	TDD	Kalkulasi	Satuan
		Nilai	Nilai		
A	<i>Tx Power Frekuensi 1800 Mhz (15 MHz)</i>	23	23	a	dBm
B	<i>Tx Power Frekuensi 2300 Mhz (15 Mhz)</i>	23	23		
C	<i>Tx Antena Gain</i>	0	0	b	dBi
D	<i>Body Loss</i>	0	0	c	dB
E	<i>EIRP</i>	23	23	$d = a+b-c$	dBm
Receiver-eNodeB					
Transmitter-eNodeB		Nilai	Nilai	Nilai	
F	<i>Noise Figure</i>	2	2	e	dB
G	<i>Thermal Noise</i>	-173.977	-173.977	$f = kT$	dBm
H	<i>SINR</i>	17.343	17.343	g	dB
I	<i>Bandwidth System</i>	71,30	72,55	$h=15*12*50*1000$	dB
J	<i>Sencitivity Receiver</i>	-83,334	-83,334	$i=e+f+g+h$	dBm
K	<i>Interference Margin</i>	1	1	j	dB
L	<i>Cable Loss</i>	0	0	k	dB
M	<i>Rx Antenna Gain</i>	18	18	l	dBi
N	<i>Fast Fading Margin</i>	0	0	m	dB
O	MAPL	123,330	122,081	$n = d-i-j-k+l-m$	dB

Dari hasil perhitungan *link budget uplink* dan *downlink* untuk wilayah urban FDD 1800Mhz dan TDD 2300Mhz berbeda karena menggunakan bandwidth yang berbeda.

4.2.1 Propagasi

Model propagasi yang akan digunakan untuk perancangan ini adalah Cost 231 untuk menghitung frekuensi FDD 1800 MHz dan TDD 2300 MHz.

a. Perhitungan Propagasi Arah *Downlink*

Perhitungan propagasi pada sisi downlink untuk FDD 1800 adalah sebagai berikut :

$$L_{urban} = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d + CM$$

$$146,33 = 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log 35 - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log 35) \log d + CM$$

$$= 46,3 + 110,35 - 21,33 - a(h_{re}) + 34,7 \log d + CM$$

$$= 46,3 + 110,35 - 21,33 - 1,48 + 34,7 \log d + 3$$

$$146,33 = 133,8 + 34,7 \log d$$

$$146,33 - 133,8 = 34,7 \log d$$

$$12,53 : 34,7 = \log d$$

$$0,36 = \log d$$

$$10^{0,36} / 10 = d$$

$$\text{Log } d = 1,086 \text{ km}$$

Perhitungan propagasi pada sisi downlink untuk TDD 2300 adalah sebagai berikut :

$$L_{urban} = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log_{10} d + CM$$

$$146,33 = 46,3 + 33,9 \log 2300 - 13,82 \log 35 - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log 35) \log d + CM$$

$$= 46,3 + 113,96 - 21,33 - a(h_{re}) + 34,7 \log d + CM$$

$$= 46,3 + 113,96 - 21,33 - 1,55 + 34,7 \log d + 3$$

$$146,33 = 137,38 + 34,7 \log d$$

$$146,33 - 137,38 = 34,7 \log d$$

$$8,95 : 34,7 = \log d$$

$$0,25 = \log d$$

$$0,25^{0,36} / 10 = d$$

$$\text{Log } d = 0,951 \text{ km}$$

4.3 JUMLAH ENODE-B

Tabel 4.12 Jumlah eNodeB berdasarkan coverage

Wilayah	Jumlah EnodeB Uplink	Jumlah EnodeB Downlink
FDD 1800 Mhz	4	6
TDD 2300 Mhz	5	6

Dari perhitungan link budget yang dilakukan maka diperoleh jumlah eNodeB sebanyak 4 eNodeB pada sisi *uplink* dan *downlink* 6 pada FDD 1800 Mhz sedangkan pada TDD 2300 Mhz diperoleh sebanyak 5 eNodeB pada sisi *uplink* dan 6 eNodeB pada sisi *downlink*.

Nilai parameter *link budget* yang berbeda menyebabkan perbedaan jumlah *eNodeB* pada sisi *uplink* dan *downlink*. Jika nilai hexagonal radius makin besar maka akan semakin sedikit pula jumlah eNodeB.

4.4 SIMULASI MENGGUNAKAN ATOLL

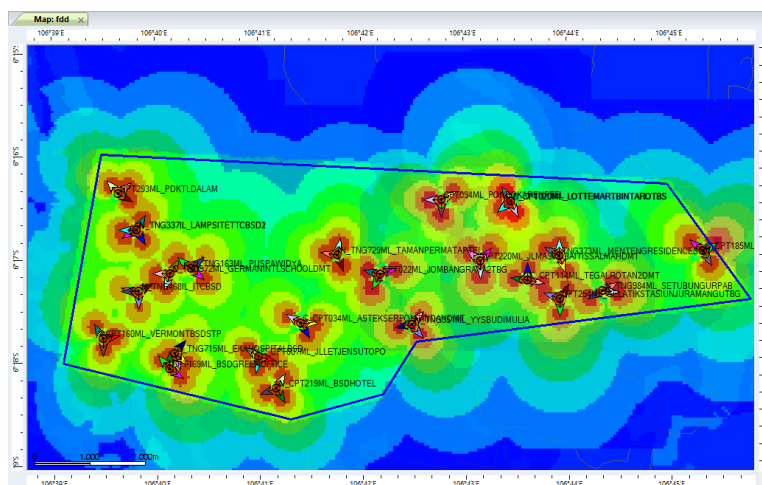
Untuk melakukan proses simulasi menggunakan *software Atoll* langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan wilayah. Menentukan wilayah ini adalah dengan memasukkan peta digital kedalam *Atoll* supaya dapat dilihat wilayah mana yang akan dilakukan perencanaan dan bagaimana keadaan geografisnya di wilayah tersebut. Pada perencanaan ini akan dilakukan perencanaan di Kota Tangerang Selatan.

Setelah *import* peta digital selesai dilakukan maka langkah selanjutnya adalah peletakan *eNodeB*, karena penelitian ini tidak menggunakan *site existing* maka peletakan *eNodeB* dilakukan otomatis oleh *Atoll*. Dalam *software Atoll* peletakan *site* dilakukan secara otomatis, jika peletakan ini ditinjau ke implementasi nyata terkadang peletakan *site* ini kurang tepat seperti berada di tengah hutan atau area persawahan.

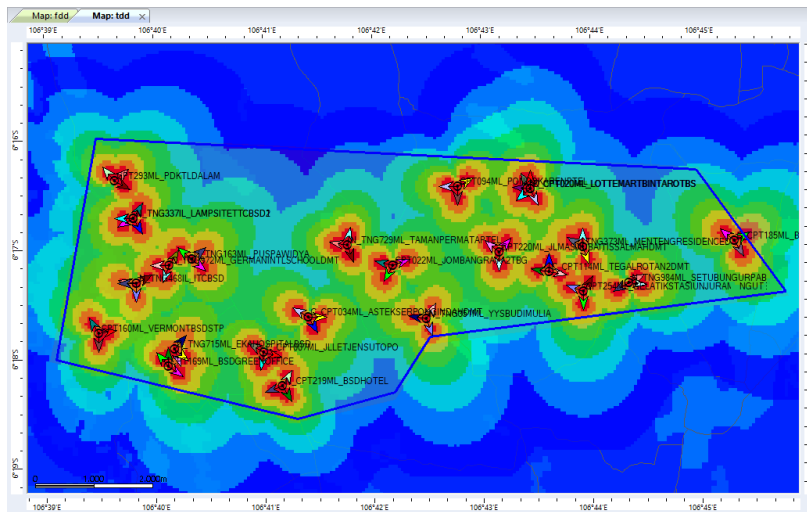
Dalam implementasi pembangunan sebuah *site* banyak sekali hal yang dipertimbangkan seperti letak pembangaunan *site*, perijinan dari lingkungan sekitar dan lain sebagainya. Namun dalam perancangan ini peletakan *site* tidak

memperhitungkan segi implementasi dalam arti peletakan *site* akan dilakukan oleh *software* simulasi.

Untuk perencanaan yang akan dilakukan berdasarkan perhitungan *link budget* yang sudah dilakukan, hal ini dilakukan supaya diketahui bagaimana hasil perhitungan *link budget* apabila di aplikasikan ke dalam *Atoll*. Berdasarkan tabel 3.2 data jumlah penduduk yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan termasuk dalam kategori Urban. Pada perhitungan link budget secara cakupan didapatkan bahwa jumlah site untuk cluster BSD adalah sebanyak 6 *site* untuk FDD 1800 Mhz sedangkan untuk TDD 2300 Mhz sebanyak 6 site. Pehitungan yang dilakukan secara cakupan menggunakan model propagasi Cost 231. Gambar 4.1 merupakan hasil peletakan *site* di *Atoll* untuk fdd 1800Mhz dan Tdd 2300Mhz di cluster BSD.



Gambar 4.3 Peletakan Site FDD



Gambar 4.4 Peletakan Site TDD

4.5 ANALISA HASIL PERENCANAAN DAN SIMULASI

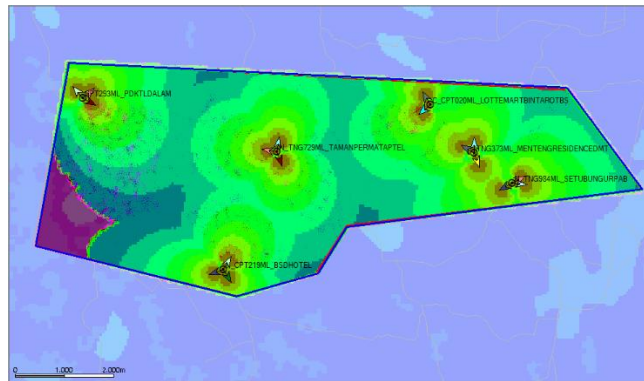
Penelitian ini akan di bagi kedalam dua tahap yaitu perencanaan untuk FDD 2300 Mhz dan perencanaan untuk TDD 1800 Mhz. Jumlah *site* yang digunakan adalah dengan menggunakan jumlah perhitungan *link budget* secara *coverage*, hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hasil perhitungan jika di implementasikan ke dalam simulasi. Perencanaan ini dilakukan untuk cluster BSD.

4.5.1 Perencanaan Berdasarkan Coverage Cluster BSD

Perencanaan berdasarkan *coverage* dilakukan pada Cluster BSD menggunakan FDD frekuensi 1800 Mhz dengan *bandwidth* 15 MHz, dan TDD frekuensi 2300 Mhz dengan *bandwidth* ketinggian *site* diasumsikan 50 meter berdasarkan ketinggian maksimum site untuk jaringan *Long Term Evolution* (LTE)

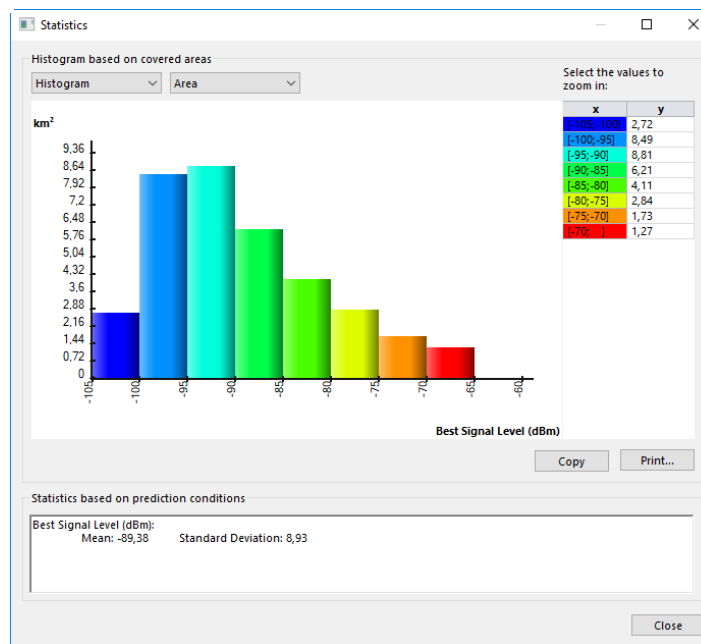
a. RSRP FDD 1800Mhz

Parameter ini berfungsi untuk menunjukkan kuat sinyal yang diterima oleh user. Parameter ini penting karena menunjukkan baik buruknya kualitas jaringan dalam suatu wilayah.



Gambar 4.5 Simulasi RSRP FDD

Pada gambar 4.5 merupakan hasil simulasi RSRP dalam *Atoll*, dapat dilihat bahwa area pancaran dari sinyal ditunjukkan dengan warna kehijauan. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa wilayah perencanaan sudah ter-*cover* dengan baik, berdasarkan perhitungan *link budget* didapatkan bahwa jumlah *site* yang dibutuhkan adalah 6 *site*. Dalam keadaan di lapangan, menempatkan sebuah *site* mempertimbangkan beberapa hal seperti keadaan geografis di wilayah tersebut, tipe wilayah berdasarkan kepadatan penduduk, adanya *obstacle* (penghalang) atau tidak dan banyak hal.



Gambar 4.6 Grafik Simulasi RSRP FDD

Hasil simulasi pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai RSRP yang diterima di wilayah Urban sudah dapat dikategorikan bagus atau *good* ditunjukkan dengan hasil grafik berwarna hijau. Nilai interval terbanyak berada pada kisaran -80 sampai -85 dBm dengan nilai rata-ratanya adalah sebesar -89,38 dBm, maka nilai RSRP nya adalah -118,92 dBm dengan perhitungan rumus dibawah ini:

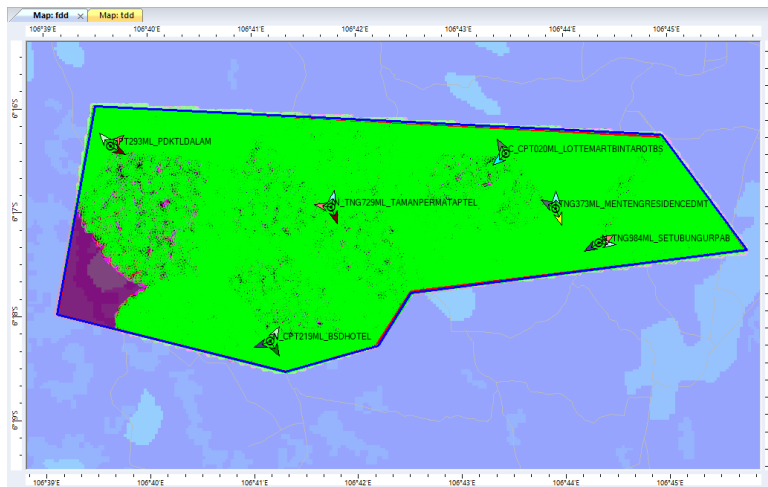
$$\begin{aligned}
 \text{RSRP} &= \text{RSSI} - 10 \times \log (12 \times h) \\
 &= -89,38 \times 10 \times \log (12 \times 75) \\
 &= -118,92 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Hasil Simulasi RSRP FDD

RSRP		
<i>Range (dBm)</i>	<i>Category</i>	<i>Persentase</i>
-70 to -90	Good	36,08%
-90 to -110	Normal	63,81%
-110 to -130	Bad	0.00%
Total		100.00%

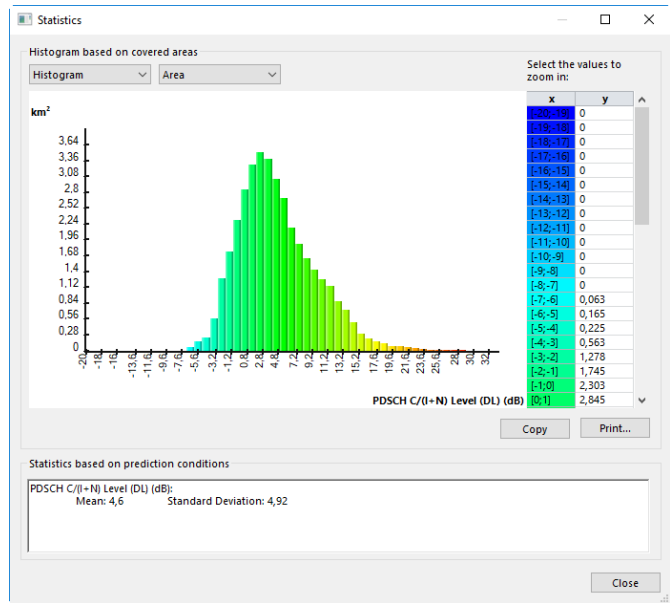
b. SINR FDD 1800 Mhz

Selain memperhatikan parameter RSRP parameter yang penting selanjutnya adalah SINR. Parameter ini menunjukkan nilai kualitas sinyal yang diterima oleh user.



Gambar 4.7 Simulasi SINR FDD

Pada simulasi SINR dapat dilihat bahwa setiap *site* sudah ter-cover dengan baik atau *good*, hal ini ditunjukkan dengan warna hijau. Namun masih ada area yang belum tercover hal ini dikarenakan pemakaian modulasi 64 *Quadrature Amplitude Modulation* (64QAM). Modulasi ini terdiri dari 64 simbol dimana tiap simbolnya tersusun dari 6 bit. Modulasi ini mempunyai kelebihan yaitu kecepatan data yang cepat namun area cakupannya kecil. Karena cakupannya yang tidak luas inilah yang menyebabkan masih adanya area yang belum ter-cover.



Gambar 4.8 Grafik Simulasi SINR FDD

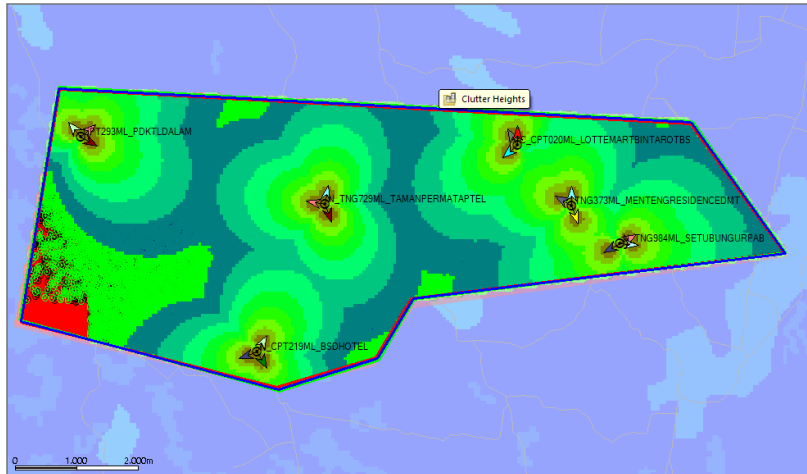
Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai SINR dapat dikategorikan baik atau *good*, hal ini ditunjukkan dengan warna hijau, rata-rata nilai SINR yang didapatkan *user* adalah sebesar 4,6 dB. Berdasarkan gambar 4.8 grafik simulasi RSRP pada sudah ter-*cover* dengan baik yang mana seluruh wilayah mempunyai nilai ≥ 80 dBm meskipun masih ada wilayah yang nilai RSRPnya rendah namun secara keseluruhan ini sudah dapat ter-*cover* dengan baik.

Tabel 4.14 Hasil simulasi SINR FDD 1800 Mhz

SINR		
Range (dB)	Category	Persentase
15 to 30	Good	3,296%
0 to 15	Normal	86,938 %
-10 to 0	Bad	9,766%
Total		100.00%

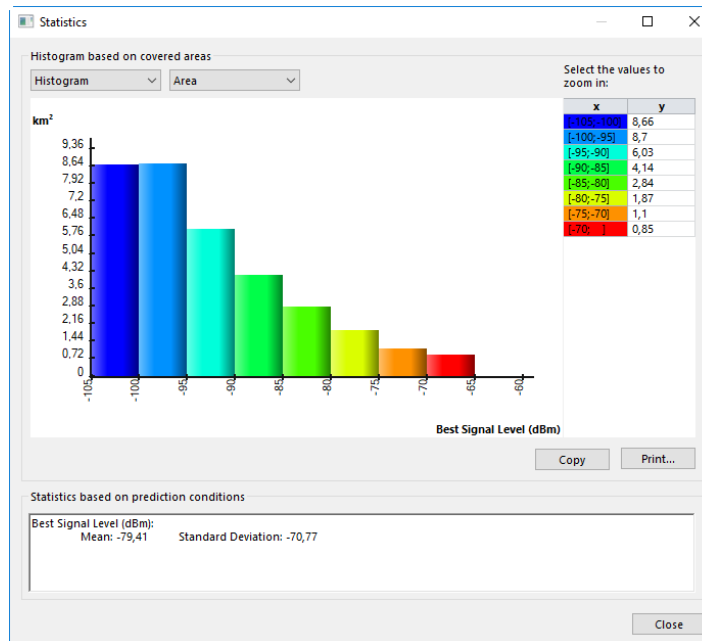
c. RSRP frekuensi TDD 2300Mhz

Parameter ini berfungsi untuk menunjukkan kuat sinyal yang diterima oleh user. Parameter ini penting karena menunjukkan baik buruknya kualitas jaringan dalam suatu wilayah.



Gambar 4.9 Simulasi RSRP TDD

Pada gambar 4.9 merupakan hasil simulasi RSRP TDD dalam *Atoll*, dapat dilihat bahwa area pancaran dari sinyal ditunjukkan dengan warna kehijauan. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa wilayah perencanaan sudah ter-*cover* dengan baik, berdasarkan perhitungan *link budget* didapatkan bahwa jumlah *site* yang yang dibutuhkan adalah 6 *site*. Dalam keadaan di lapangan, menempatkan sebuah *site* mempertimbangkan beberapa hal seperti keadaan geografis di wilayah tersebut, tipe wilayah berdasarkan kepadatan penduduk, adanya *obstacle* (penghalang) atau tidak dan banyak hal.



Gambar 4.10 Grafik Simulasi RSRP TDD

Hasil simulasi pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai RSRP yang diterima di wilayah Urban sudah dapat dikategorikan bagus atau *good* ditunjukkan dengan hasil grafik berwarna hijau. Nilai interval terbanyak berada pada kisaran -90 sampai -105 dBm dengan nilai rata-ratanya adalah sebesar -79,41 dBm, maka nilai RSRP nya adalah 108,95 dBm dengan perhitungan rumus dibawah ini:

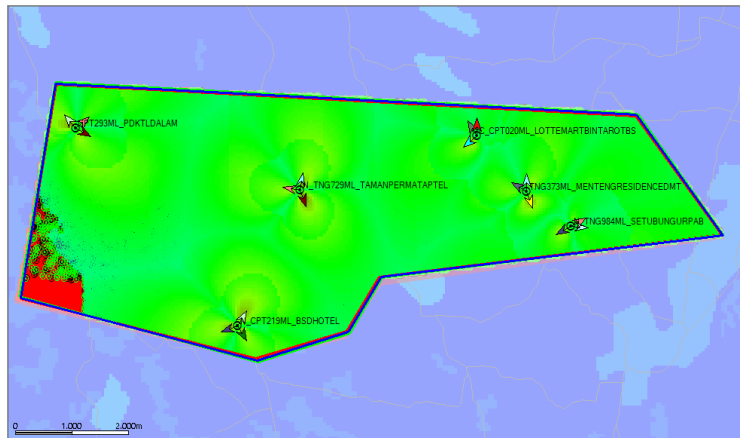
$$\begin{aligned}
 \text{RSRP} &= \text{RSSI} - 10 \times \log (12 \times h) \\
 &= -79,41 \times 10 \times \log (12 \times 75) \\
 &= -108,95 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.15 Hasil Simulasi RSRP TDD

RSRP		
Range (dBm)	Category	Persentase
-70 to -90	Good	24,06%
-90 to -110	Normal	76,55%
-110 to -130	Bad	0.00%
Total		100.00%

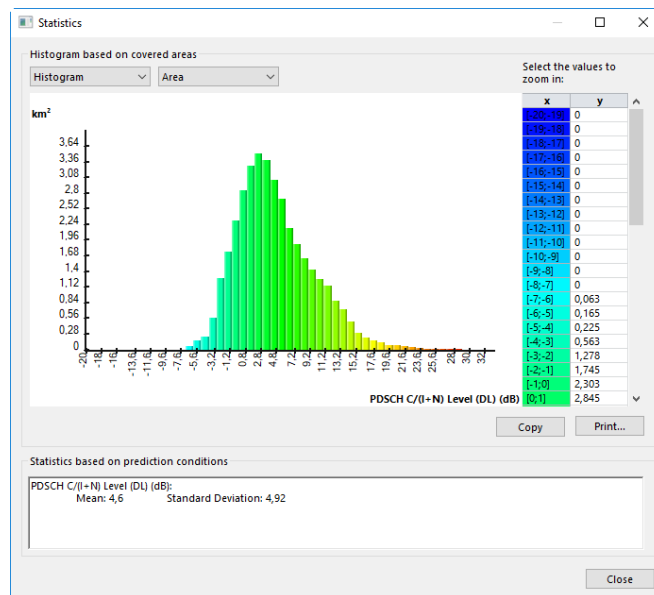
d. SINR TDD 2300 Mhz

Selain memperhatikan parameter RSRP parameter yang penting selanjutnya adalah SINR. Parameter ini menunjukkan nilai kualitas sinyal yang diterima oleh user.



Gambar 4.11 hasil simulasi SINR TDD

Pada simulasi SINR dapat dilihat bahwa setiap *site* sudah ter-cover dengan baik atau *good*, hal ini ditunjukkan dengan warna hijau. Namun masih ada area yang belum tercover hal ini dikarenakan pemakaian modulasi 64 *Quadrature Amplitude Modulation* (64QAM). Modulasi ini terdiri dari 64 simbol dimana tiap simbolnya tersusun dari 6 bit. Modulasi ini mempunyai kelebihan yaitu kecepatan data yang cepat namun area cakupannya kecil. Karena cakupannya yang tidak luas inilah yang menyebabkan masih adanya area yang belum ter-cover.



Gambar 4.12 Grafik Simulasi SINR TDD

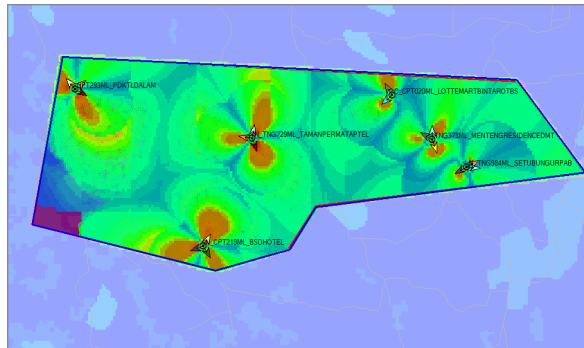
Pada gambar 4.12 dapat dilihat bahwa nilai SINR dapat dikategorikan baik atau *good*, hal ini ditunjukkan dengan warna hijau, rata-rata nilai SINR yang didapatkan *user* adalah sebesar 4,6 dB. Berdasarkan gambar 4.12 grafik simulasi RSRP pada wilayah Urban sudah ter-*cover* dengan baik yang mana seluruh wilayah mempunyai nilai ≥ 90 dBm meskipun masih ada wilayah yang nilai RSRPnya rendah namun secara keseluruhan wilayah Urban ini sudah dapat ter-*cover* dengan baik.

Tabel 4.16 Hasil Simulasi SINR TDD

SINR		
<i>Range (dB)</i>	<i>Category</i>	<i>Persentase</i>
15 to 30	Good	2,977%
0 to 15	Normal	83,34 %
-10 to 0	Bad	13,69%
Total		100.00%

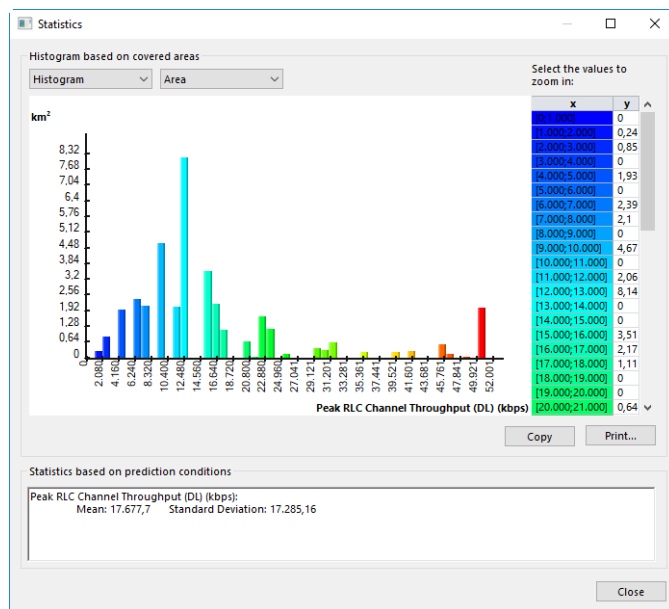
e. Throughput FDD 1800 Mhz

Untuk *throughput* pada *system* FDD mempunyai 1 frekuensi untuk *downlink* dan *uplink*



Gambar 4.13 hasil simulasi Throughput FDD

Dalam simulasi *system* FDD perhitungan bandwidth untuk sisi *downlink* dapat dilihat pada grafik throughput 4.12



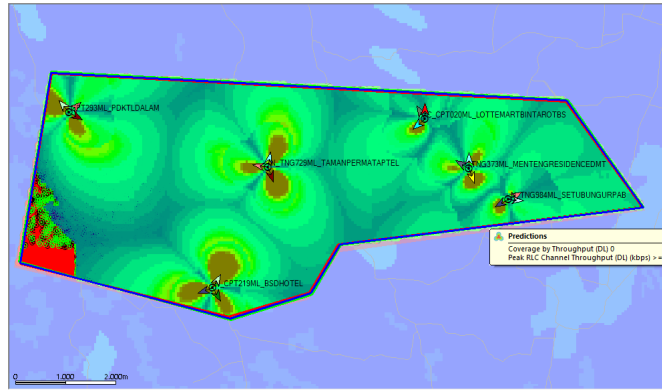
Gambar 4.14 Grafik Nilai Throughput FDD

Sehingga nilai *throughput* pada jaringan FDD 1800 Mhz dengan *bandwith* 15 Mhz menggunakan modulasi 64 QAM adalah 17,677 kbps.

4.5.2 Throughput TDD 2300 MHz

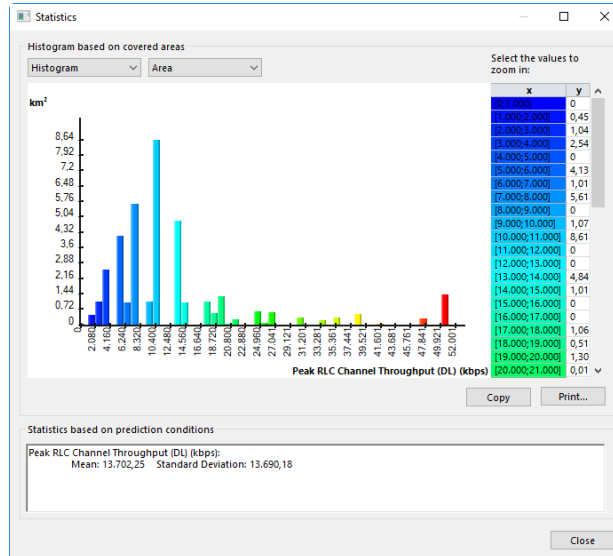
Untuk perhitungan *throughput* pada *system* TDD berbeda dengan perhitungan FDD dikarenakan pada *system* TDD hanya mempunyai 1 frekuensi untuk *downlink* dan *uplink*. Untuk rasio konfigurasi dapat dilihat di bab 2 skripsi ini. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan TDD *configuration* 1 yang mempunyai *downlink* = 4, *subframe* =2 , *uplink* = 4, *special subframe DwPTS* = 9, *GP*=4 dan *UpPTS* = 1.

Untuk *throughput* pada *system* TDD berbeda dengan perhitungan dengan FDD dikarenakan pada *system* TDD hanya mempunyai 1 frekuensi untuk *downlink* dan *uplink*



Gambar 4.15 hasil simulasi Throughput TDD

Dalam simulasi system TDD perhitungan bandwidth untuk sisi *downlink* dapat dilihat pada grafik throughput 4.15



Gambar 4.16 Grafik Nilai Throughput TDD

Sehingga nilai *throughput* pada jaringan FDD 1800 Mhz dengan *bandwith* 15 Mhz menggunakan modulasi 64 QAM adalah 13,702 kbps.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai perencanaan *coverage* perbandingan FDD 1800Mhz dan TDD 2300Mhz untuk jaringan *long term evolution* (LTE) ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah data *site existing* dari hasil simulasi Atoll untuk wilayah Tangerang Selatan adalah sebanyak 53 *site* LTTE FDD ataupun LTE TDD.
2. Jumlah *site* dari hasil perhitungan *link budget* untuk dapat meng-*cover* wilayah Cluster adalah sebanyak 6 *site*.
3. Berdasarkan perhitungan *link budget* secara cakupan kemudian disimulasikan kedalam *Atoll* maka dapat disimpulkan hasil perhitungan *link budget* ini sudah cukup baik, meskipun masih ada area yang *blank spot* atau tidak ter-*cover* namun nilai dari RSRP dan SINR nya sudah cukup baik. Penggunaan frekuensi dan modulasi yang dipakai sangat berpengaruh dalam perancangan ini, semakin besar frekuensi maka cakupannya akan semakin kecil.
4. Nilai rata-rata RSRP FDD sebesar -118,92 dBm dan TDD sebesar -108,95 dBm pada wilayah Cluster BSD.
5. Nilai rata-rata SINR FDD sebesar 4,6 dB dan 4,6 dB untuk TDD pada wilayah Cluster BSD.
6. Pada nilai throughput downlink FDD mempunyai nilai 17,677 Kbps sedangkan nilai throughput TDD mempunyai nilai 13,790 Kbps.

5.2 SARAN

Untuk dapat mengembangkan penelitian ini maka dapat dilakukan dengan beberapa hal, sebagai berikut :

1. Pengembangan judul dapat dilakukan dengan data trafik dan *capacity* yang *real* dari suatu operator.
2. Untuk skripsi mengenai LTE, dapat meneliti mengenai *coverage* dengan menggunakan frekuensi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reza Hendrawan - Dec 3, 2015. Perbedaan 4G LTE FDD, TDD dan LTE Advanced
- [2] syahrir, januari 2017. Perbedaan FDD dan TDD dalam Teknologi LTE [Online].
- [3] Ramadhani, Alvian, 2017, Analisi Tekno-Ekonomi Perencanaan Long Term Evolution (LTE) di Kota Surakarta
- [4] Hikmaturokhman, A., Wardhana, L., Agina, B. F., Dewantoro, A., Harto, I., & Mahardhika, G. (2015). 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia jilid 2. Jakarta:
- [5] Irawan, Abny, 2017, Analisis Tekno Ekonomi Teknologi Long Term Evolution (LTE) Di Kabupaten Banyumas
- [6] Pramono, Catur. "Pemodelan Kanal SUI Pada Sistem Komunikasi Wimax". Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang : Universitas Diponegoro
- [7] Kusmiasih, Ita, 2018, Analisis Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) FDD
- [8] Usman Uke Kurniawan, Galuh Prihatmoko, dkk. 2012. "Fundamental Teknologi Seluler LTE". Bandung: Rekayasa Sains.
- [9] Inc Motorola. 2011. "LTE RF Planning Guide Version:1.2.": Motorola
- [10] ponsel-update, januari 16. Jaringan 4G LTE FDD, TDD & 4G LTE Advance di Indonesia.
- [11] W. tao, "LTE Radio Network Planning," in LTE Radio Network Planning, Shenzhen, HUAWEI TECHNOLOGIIES CO.LTD, 2011, pp. 55-56

- [12] M. P. Murthada Ali Nsaif Sukar, "SC-FDMA & OFDMA in LTE physical layer," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 12, no. 2231-5381, pp. -, June 2014.
- [13] M. L. Prett Kanwar Rekhi, "Throughput Calculation For LTE TDD and FDD System," in *White Paper*, India, 2012.
- [14] Dheni Kuncoro Adri Saputro, "Analisis Perencanaan Jaringan LTE di Pita Frekuensi 3500 MHz dengan Mode TDD dan FDD" PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), dhenikuncoro@yahoo.com
- [15] denysetia, "Work Group Spectrum 4G", Yogyakarta 5 – 7 Mei 2010. Depkominfo.
- [16] ponsel-update, januari 16. Jaringan 4G LTE FDD, TDD & 4G LTE Advance di Indonesia [Online].
- [17] edvanberliansa, june 18, 2016/ "4G LTE Drive Test Parameter", Edvanberliansa@gmail.com
- [18] B. P. Statistik, "Kota Tangerang Selatan Dalam Angka," in *Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan*, Tangerang, 2016, p. 22.