

**ANALISIS DAN PERENCANAAN KEBUTUHAN *ENODE B*
JARINGAN 4G LTE WILAYAH KELURAHAN PULO GEBANG
JAKARTA TIMUR**



Disusun Oleh:

Muhamad Ridwan 5215134337

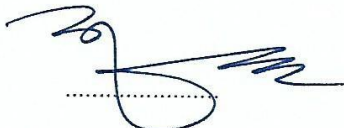

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**




2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Nama Dosen (Pembimbing 1)	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Dr. Efri Sandi, M.T</u> NIP. 197502022008121002		<u>21-08-2017</u>
(Pembimbing 2)		
<u>Dr. Baso Maruddani, M.T</u> NIP. 198305022008011006		<u>21/8-17</u>

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Nama Dosen (Ketua Penguji)	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Drs. Wisnu Djatmiko, M.T</u> NIP. 196702141992031001		<u>18-08-2017</u>
(Sekretaris)		
<u>Arum Setyowati, S.Pd., M.T</u> NIP. 197309151999032002		<u>15-08-2017</u>
(Dosen Ahli)		
<u>Aodah Diamah, ST., M.Eng</u> NIP. 197809192005012003		<u>14-08-2017</u>

Tanggal Lulus:

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhamad Ridwan

Nomor Registrasi : 5215134337

Judul Skripsi : Analisis dan Perencanaan Kebutuhan *Enode B* Jaringan 4G
LTE Wilayah Kelurahan Pulo Gebang Jakarta Timur

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penulisan skripsi ini adalah hasil dari penelitian, pemikiran dan pengkajian asli dari penulis pribadi pada semua bagian skripsi. Jika ada hasil karya orang lain penulis akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun. Dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran terhadap pernyataan yang dibuat ini, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Univeristas Negeri Jakarta.

Demikian pernyataan ini penulis paparkan dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 01 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,



Muhamad Ridwan

5215134337

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmatNya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis dan Perencanaan Kebutuhan *Enode B* Jaringan 4G LTE Wilayah Kelurahan Pulo Gebang Jakarta Timur” sebagai salah satu persyaratan untuk memenuhi program sarjana pada Studi Strata Satu (S1) di Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika.

Penyusunan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, di antaranya :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmatNya selama melakukan penelitian skripsi ini.
2. Bapak H. Amirudin dan Ibu Nasroh selaku orang tua, atas segala hal yang telah mereka berikan kepada saya sampai menyelesaikan skripsi ini
3. Kaka Irma dan Bang Soleh selaku saudara kandung yang selalu mendukung penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini
4. Bapak Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT selaku Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Universitas Negeri Jakarta.
5. Bapak Dr. Efri Sandi, M.T selaku dosen pembimbing I, atas segala bimbingannya sampai terselesaikannya skripsi ini
6. Bapak Dr. Baso Maruddani, M.T selaku dosen pembimbing II, atas segala bimbingannya sampai terselesaikannya skripsi ini
7. Bapak Drs. Wisnu Djatmiko, M.T, Ibu Arum Setyowati M.T, dan Ibu Aodah Diamah, ST., M.Eng selaku panitia ujian skripsi.
8. Ibu Arum Setyowati, M.T selaku dosen penasehat akademik
9. Mahasiswa/i Jurusan Teknik Elektro pada umumnya dan khususnya Mahasiswa/i Prodi Pendidikan Teknik Elektronika 2013
10. Seluruh dosen dan karyawan yang bertugas di Gedung Elektro

11. Kantor Kelurahan Pulo Gebang Jakarta Timur
12. Ibu Lolita Damayanti, SKM dan Bapak Abdul Haris selaku Sekretaris dan Staff Kelurahan Pulo Gebang
13. Serta pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu namanya.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kekurangan serta jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari dosen, mahasiswa, dan pembaca sangat peneliti harapkan dan akan diterima dengan senang hati. Harapan peneliti adalah semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk peneliti pada khususnya serta pembaca pada umumnya.

Jakarta, 03 Agustus 2017

Muhamad Ridwan
NIM.5215134337

ABSTRAK

Muhamad Ridwan 5215134337, Analisis dan Perencanaan Kebutuhan *Enode B* Jaringan 4G LTE Wilayah Kelurahan Pulo Gebang Jakarta Timur. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing: Dr. Efri Sandi, M.T dan Dr. Baso Maruddani, M.T.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui jumlah *Enode B* yang dibutuhkan wilayah Kelurahan Pulo Gebang dalam kurun waktu 2017-2021 berdasarkan *capacity planning*.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif dengan mengumpulkan data jumlah penduduk di Kelurahan Pulo Gebang yang didapat dari Kantor Kelurahan Pulo Gebang. Waktu penelitian adalah 01 Juli 2017 sampai 31 Juli 2017 dan tempat penelitian adalah di wilayah Kelurahan Pulo Gebang. Jumlah *Enode B* didapatkan berdasarkan pembagian dari luas wilayah perencanaan dibagi dengan luas sel.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan pada tahun 2017 nilai OBQ adalah 94227,07 kbps/km² dengan kepadatan *user* 395,42 jiwa/km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah $4,28 \approx 5$. Pada tahun 2018 nilai OBQ adalah 98938,90 kbps/km² dengan kepadatan *user* 415,19 jiwa/km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah $4,48 \approx 5$. Pada tahun 2019 nilai OBQ adalah 103875,74 kbps/km² dengan kepadatan *user* 435,95 jiwa/km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah $4,70 \approx 5$. Pada tahun 2020 nilai OBQ adalah 109079,50 kbps/km² dengan kepadatan *user* 457,75 jiwa/km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah $4,94 \approx 5$. Pada tahun 2021 nilai OBQ adalah 114534,297 kbps/km² dengan kepadatan *user* 480,64 jiwa/km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah $5,20 \approx 6$.

Hubungan dari pengguna jaringan 4G LTE di wilayah Kelurahan Pulo gebang mempengaruhi nilai *offered bit quantity*, sehingga kapasitas jaringan terus meningkat setiap tahunnya dan menyebabkan dibutuhkan penambahan *Enode B*, akan tetapi berbanding terbalik dengan luas sel pada tahun perencanaan yang menurun.

Kata-Kata Kunci : *Enode B*, *offered bit quatity*, sel, *capacity planning*.

ABSTRACT

Muhamad Ridwan 5215134337, Analysis and Planning Needs Enode B Network 4G LTE Pulo Gebang Urban Area East Jakarta. Thesis. Jakarta, Electronic Engineering Engineering Program, Faculty of Engineering, Jakarta State University, 2017. Supervisor: Dr. Efri Sandi, M. T and Dr. Baso Maruddani, M.T.

The purpose of this research is to know the amount of Enode B required by Pulo Gebang Urban Village within 2017-2021 based on capacity planning.

The research method used is descriptive research method by collecting data of population in Pulo Gebang Village obtained from Pulo Gebang Village Office. The study period is July 1, 2017 to July 31, 2017 and the research site is in the Pulo Gebang Village area. The number of Enode B is obtained based on the division of the area of the plan divided by the cell area.

Based on research results obtained in 2017 the value of OBQ is 94227,07 kbps/km² with a user density of 395,42 soul/km² so that the number of Enode B required is 4,28 ≈ 5. By 2018 the value of OBQ is 98938,90 kbps/km² with a user density of 415,19 soul/km² so that the number of Enode B required is 4,48 ≈ 5. By 2019 the value of OBQ is 103875,74 kbps/km² with a user density 435,95 soul/km² so that the number of Enode B required is 4,70 ≈ 5. By 2020 the value of OBQ is 109079,50 kbps/km² with a user density 457,75 soul/km² so that the number of Enode B required is 4,94 ≈ 5. By 2021 the value of OBQ is 114534,297 kbps/km² with a user density 480,64 soul/km² so that the number of Enode B required is 5,20 ≈ 6.

The relationship of LTE 4G network users in Pulo Gebang Urban Village area affects the value of offered bit quantity, so the capacity of the network continues to increase every year and causes the addition of Enode B, but inversely with the cell area in the decreasing planning year.

Keywords : Enode B, offered bit quantity, cell, capacity planning.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Perumusan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Kegunaan Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Landasan Teori	6
2.1.1. Perkembangan Teknologi Seluler	6
2.1.2. Arsitektur Jaringan LTE	7
2.1.3. LTE <i>Air Interface</i>	12
2.1.4. Lapisan Fisik LTE	21
2.1.5. Skema Modulasi LTE	23
2.1.6. Perencanaan Kapasitas Jaringan LTE	26
2.1.7. Macam-Macam Layanan LTE	29
2.2. Penelitian yang Relevan	32
2.3. Kerangka Konseptual	33
2.4. Hipotesis Penelitian	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.2. Sampel Penelitian	35
3.3. Definisi Operasional	35
3.4. Metode dan Rancangan Penelitian	36
3.5. Perlakuan Penelitian	40
3.6. Instrumen Penelitian	40
3.6. Teknik Pengumpulan Data	41
3.7. Teknik Analisis Data	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	42
4.1.1. Hasil Perhitungan Estimasi Jumlah Pelanggan	42
4.1.2. Hasil Perhitungan Kepadatan Trafik	46
4.1.2.1 Hasil Perhitungan OBQ Tahun 2017	47
4.1.2.2 Hasil Perhitungan OBQ Tahun 2018	49
4.1.2.3 Hasil Perhitungan OBQ Tahun 2019	52
4.1.2.4 Hasil Perhitungan OBQ Tahun 2020	54
4.1.2.5 Hasil Perhitungan OBQ Tahun 2021	57
4.1.3 Perhitungan Kapasitas	59
4.1.3.1 Perhitungan E Node B Tahun 2017	61
4.1.3.1 Perhitungan E Node B Tahun 2018	61
4.1.3.1 Perhitungan E Node B Tahun 2019	62
4.1.3.1 Perhitungan E Node B Tahun 2020	63
4.1.3.1 Perhitungan E Node B Tahun 2021	63
4.2. Pembahasan Hasil Penelitian	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN – LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Jumlah Pelanggan Telepon Seluler di Indonesia	2
Tabel 2.1 Parameter <i>Downlink</i> LTE	22
Tabel 2.2 Bitrate Layanan Seluler	31
Tabel 2.3 Penyebaran <i>User</i>	31
Tabel 2.4 <i>Call Duration</i> pada Layanan Seluler	31
Tabel 2.5 BHCA pada Layanan Seluler	31
Tabel 2.6 Penetrasi <i>User</i> pada Layanan Seluler	32
Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2016	42
Tabel 4.2 Pengelompokan Data	43
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Estimasi Pelanggan	46
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2017	49
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2018	51
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2019	54
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2020	56
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2021	59
Tabel 4.9 Penggunaan <i>Bandwidth</i> dan Modulasi	60
Tabel 4.10 Data Hasil Perhitungan Penelitian	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan LTE	8
Gambar 2.2 Instalasi <i>Enode B</i>	9
Gambar 2.3 <i>Physical Resource Block</i>	13
Gambar 2.4 Teknik Modulasi <i>Multicarrier</i>	14
Gambar 2.5 Blok Diagram OFDM	15
Gambar 2.6 Perbedaan OFDM dan OFDMA	17
Gambar 2.7 Diagram Blok pada SC-FDMA	18
Gambar 2.8 Perbedaan OFDM dan SC- FDMA	20
Gambar 2.9 Ilustrasi Perbedaan OFDMA dan SC-FDMA	20
Gambar 2.10 LTE <i>Generic Frame Structure</i>	22
Gambar 2.11 <i>Downlink Resource Grid</i>	23
Gambar 2.12 Diagram Konstelasi Modulasi QPSk	24
Gambar 2.13 Diagram Konstelasi Modulasi 16 QAM	25
Gambar 2.14 Diagram Konstelasi Modulasi 64 QAM	25
Gambar 2.15 Kerangka Konseptual Penelitian	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	71
Lampiran 2. Laporan Sekretaris Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2016	72
Lampiran 3. Biodata Penulis	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring berjalannya waktu kebutuhan manusia akan teknologi khususnya dalam informasi dan telekomunikasi semakin meningkat dan sudah tentunya manusia memiliki hasrat untuk memiliki kehidupan yang semakin baik ke depannya. Para ilmuwan tidak henti-hentinya mencoba dan terus menelusuri, mengembangkan teknologi telekomunikasi agar lebih canggih dan modern, dengan inovasi dan kegunaan yang bermacam-macam manfaatnya bagi masyarakat dan sangat berguna untuk menciptakan kehidupan yang lebih baik lagi dengan tingkat kemajuan zaman yang terus berkembang. Perkembangan teknologi komunikasi berkembang dengan pesat dimulai dari teknologi komunikasi generasi pertama (1G), generasi kedua (2G), generasi kedua koma lima (2,5G), generasi ketiga (3G), generasi ketiga koma lima (3,5G), dan generasi keempat (4G). Dewasa ini pengguna jaringan 4G terus mengalami peningkatan yang merupakan salah satu jaringan teknologi telekomunikasi seluler tercepat, dengan kecepatan *download* sampai dengan tingkat 300 mbps dan *upload* 75 mbps. Selain itu harga yang ditawarkan oleh para *provider* seluler jaringan 4G di Indonesia relatif lebih murah jika dibandingkan dengan jaringan 3G, sehingga masyarakat lebih memilih bermigrasi ke jaringan 4G.

Tabel 1.1 Data Jumlah Pelanggan Telepon Seluler di Indonesia

Tahun	Jumlah
2011	249.805.619
2012	281.963.665
2013	313.226.914
2014	325.582.891
2015	338.948.340

Sumber : <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1844> (diakses 10 Mei 2017)

Berdasarkan Tabel 1.1 jumlah pelanggan telepon seluler di Indonesia meningkat setiap tahun yang menyebabkan kebutuhan kapasitas jaringan telekomunikasi juga ikut meningkat, sehingga para operator jaringan seluler di Indonesia harus memastikan terpenuhinya kebutuhan para pelanggan telepon seluler.

Kelurahan Pulo Gebang yang mana merupakan salah satu kelurahan yang terletak di wilayah Kecamatan Cakung Kotamadya Jakarta Timur dengan kode pos 13950. Luas wilayah kelurahan ini adalah 6,86 km² yang terbagi dalam 17 RW dan 195 RT, dengan jumlah penduduk terhitung desember 2016 sebanyak 106.812 jiwa, dan berdasarkan semua data dan keterbatasan waktu yang ada peneliti menilai Kelurahan Pulo Gebang sebagai lokasi yang potensial untuk dilakukannya penempatan *Enode B* guna melayani pengguna jaringan 4G LTE yang berada di wilayah Kelurahan Pulo Gebang, yang diindikasikan dengan meningkatnya jumlah penduduk yang tercatat sebesar 95.220, 100118, dan 106.812 berurutan sejak tahun 2014-2016.

Jumlah pertumbuhan pengguna jaringan 4G LTE setiap tahunnya merupakan salah satu faktor penyebab menurunnya kapasitas jaringan telekomunikasi, agar kapasitas yang tersedia pada tahun perencanaan sesuai dengan kebutuhan untuk

beberapa tahun yang akan datang maka diperlukan perhitungan yang terusun dalam bentuk perencanaan kebutuhan *Enode B*.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan dalam pembahasan penelitian ini diidentifikasi sebagai berikut :

1. Hubungan positif yang terjadi antara pertumbuhan jumlah pengguna jaringan 4G LTE di wilayah Kelurahan Pulo Gebang dengan meningkatnya kebutuhan kapasitas jaringan
2. Jumlah *Enode B* yang dibutuhkan dalam kurun waktu 2017-2021 di wilayah Kelurahan Pulo Gebang.

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Berdasarkan pada latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, penelitian difokuskan pada :

1. Menentukan jumlah *Enode B* hanya berdasarkan *planning capacity* tanpa memperhatikan *planning coverage* .
2. Hanya membahas kapasitas jaringan 4G LTE yang ada di wilayah Kelurahan Pulo Gebang dikarenakan luasnya daerah penelitian dan keterbatasan waktu yang ada.
3. Hanya membahas perencanaan jumlah *Enode B* dari operator seluler X tanpa memperhatikan kebutuhan operator lain.

4. Parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah *Enode B* adalah jumlah pengguna Jaringan 4G LTE, luas daerah perencanaan, *offered bit quantity*, kapasitas *Enode B*, dan luas sel.

1.4 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil analisis jumlah *Enode B* berdasarkan *planning capacity* ?
2. Berapa jumlah *Enode B* yang dibutuhkan untuk perencanaan wilayah Kelurahan Pulo Gebang – Kecamatan Cakung – Jakarta Timur dalam kurun waktu 2017 – 2021 ?

1.5 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian bertujuan untuk menganalisis dan mengetahui jumlah *Enode B* yang dibutuhkan wilayah Kelurahan Pulo Gebang – Kecamatan Cakung – Jakarta Timur dalam kurun waktu 2017-2021.

1.6 KEGUNAAN PENELITIAN

Kegunaan dari penelitian ini meliputi :

1. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini dapat menambah dan meningkatkan pengetahuan di bidang elektronika khususnya bidang sistem jaringan telekomunikasi.

2. Bagi UNJ

Dengan rampungnya penelitian ini, besar harapan peneliti dapat memberikan kembali gambaran yang lebih jelas kepada seluruh civitas akademika tentang analisis dan perencanaan jumlah kebutuhan *Enode B* wilayah Kelurahan Pulo Gebang – Kecamatan Cakung – Jakarta Timur

3. Bagi pihak lain

Untuk menambah pengetahuan dan wawasan tentang kebutuhan *Enode B* di wilayah Kelurahan Pulo Gebang – Kecamatan Cakung - Jakarta Timur.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Perkembangan Teknologi Seluler

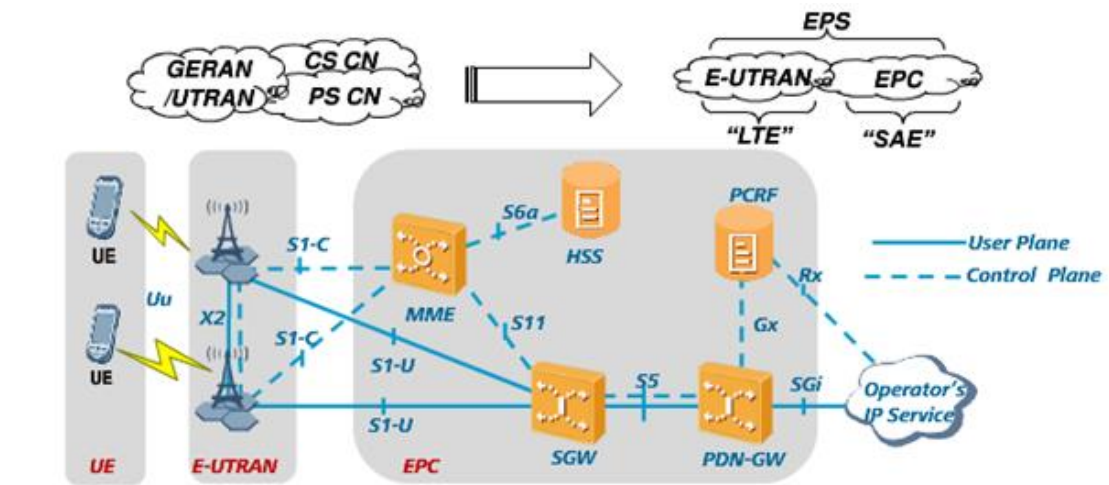
Teknologi seluler berkembang dengan sangat pesat, mulai dari generasi pertama (1G) sampai pada sekarang ini yang menginjak pada teknologi generasi (4G). Teknologi seluler dibedakan menjadi dua standar, yaitu standar 3GPP dan 3GPP2. Pada standar 3GPP, perkembangan teknologi dimulai dari AMPS yang masih bersifat analog. Pada tahun 1991 mulai dikembangkan teknologi seluler berbasis digital generasi kedua yaitu GSM yang telah menggunakan TDMA pada akses jamaknya. GSM hanya mendukung layanan berupa *voice* saja, sehingga muncul teknologi GPRS yang menambahkan layanan akses data hingga kecepatan transfer data 160 kbps yang kemudian ditingkatkan dengan menambah perangkat pada sisi radio aksesnya yang sering disebut dengan teknologi EDGE. Selanjutnya generasi ketiga muncul dengan menggunakan teknik *multiple* akses WCDMA atau yang sering disebut dengan UMTS. Generasi ketigapun mengalami perkembangan untuk meningkatkan kecepatan akses data dan *coverage* karena telah menggunakan sistem AMC (*Adaptive Modulasi and Coding*) pada sistem transmisi pada jaringan aksesnya. Setelah itu muncul teknologi berbasis *full* IP yang disebut dengan LTE (*Long Term Evolution*) yang telah menggunakan OFDMA pada sistem transmisi arah *downlink* dan telah menggunakan

bandwith serta modulasi yang bervariasi sehingga akan meningkatkan kapasitas dan *coverage*-nya.

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standar *mobile phone* generasi ketiga (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, yaitu UMTS (3G) dan HSPA (3,5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 (4G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2 mbps, pada HSPA kecepatan transfer data mencapai 14 mbps pada sisi *downlink* dan 5,6 Mbps pada sisi *uplink*, pada LTE ini kemampuan memberikan kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100 mbps pada sisi *downlink* dan 50 mbps pada sisi *uplink*. Selain itu LTE ini mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik voice, data, video, maupun IP TV. (Uke, 2012: 53)

2.1.2 Arsitektur Jaringan LTE

Arsitektur LTE dikenal dengan suatu istilah SAE (*System Architecture Evolution*) yang menggambarkan suatu evolusi arsitektur dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Secara keseluruhan LTE mengadopsi teknologi EPS (*Evolved Packet System*). Didalamnya terdapat tiga komponen penting yaitu UE (*User Equipment*), E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), dan EPC (*Evolved Packet Core*). (Pranoto, 2015: 4)



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan LTE

Berikut ini adalah penjelasan dari Gambar 2.1 :

1. *User Equipment (UE)*

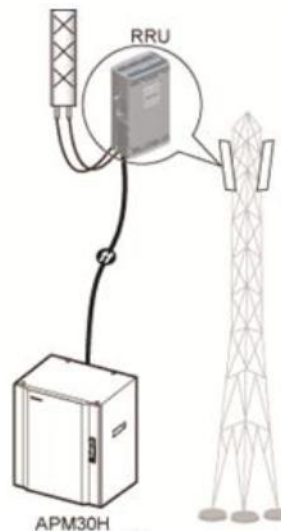
User equipment adalah perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak dan perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan *user*. Peruntukan UE pada LTE tidak berbeda dengan UE pada UMTS atau teknologi sebelumnya. (Pranoto, 2015: 5)

2. E-UTRAN

Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network atau E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan core. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan Node B dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni *Evolved Node B (Enode B)* yang telah menggabungkan fungsi keduanya. *Enode B* secara fisik adalah suatu *base station* yang terletak dipermukaan bumi (BTS

Greenfield) atau ditempatkan di atas gedung-gedung (*BTS roof top*). (Pranoto, 2015: 5)

Enode B digunakan untuk *radio acces* di sistem LTE. Fungsi utama *Enode B* yaitu menjalankan fungsi *Radio Resource Management (RRM)* seperti manajemen antarmuka udara, kontrol akses, kontrol mobilitas, dan alokasi sumber daya *User Equipment (UE)*. Beberapa *Enode B* merupakan sistem E-UTRAN. Modul dasar dari *Enode B* terdiri dari modul *baseband unit (BBUs)* dan modul RF yang terhubung dengan serat optik, kombinasi modul dasar yang fleksibel sehingga dapat mengakomodasi berbagai kapasitas dan skenario aplikasi, instalasi modul BBU dan RF pada BTS ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Instalasi *Enode B* di Menara BTS (BBU diletakan di dalam APM30H)

3. *Evolved Packet Core (EPC)*

EPC adalah sebuah sistem yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah sistem dimana pada bagian *core network* menggunakan *all-IP*. EPC menyediakan fungsionalitas *core mobile* yang pada generasi sebelumnya (2G, 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu *circuit switch (CS)* untuk *voice* dan *packet switch (PS)* untuk data. EPC sangat penting untuk layanan pengiriman IP secara *end to end* pada LTE. Selain itu, berperan dalam memungkinkan pengenalan model bisnis baru, seperti konten dan penyedia aplikasi. EPC terdiri dari MME (*Mobility Management Entity*), SGW (*Serving Gateway*), HSS (*Home Subscription Service*), PCRF (*Policy and Charging Rules Function*), dan PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*). (Pranoto, 2015: 6)

Berikut adalah penjelasan singkatnya:

a. *Mobility Management Entity (MME)*

MME adalah elemen *control* utama yang terdapat pada EPC. Biasanya pelayanan MME pada lokasi keamanan operator. Pengoperasiannya hanya pada *control plane* dan tidak meliputi data user plane. Fungsi utama MME pada arsitektur jaringan LTE adalah sebagai *authentication* dan *security*, *mobility management*, *managing subscription profile* dan *service connectivity*. (Pranoto, 2015: 6)

b. *Home Subscription Service (HSS)*

HSS adalah tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua data permanen *user*. HSS juga menyimpan lokasi user pada level yang dikunjungi node pengontrol

jaringan. Seperti MME, HSS adalah *server database* yang dipelihara secara terpusat pada *premises home operator*. (Pranoto, 2015: 7)

c. *Serving Gateway (S-GW)*

Pada arsitektur jaringan LTE, level fungsi tertinggi S-GW adalah jembatan antara manajemen dan switching *user plane*. S-GW merupakan bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat *operasioanal* dan *maintenance*. Peranan S-GW sangat sedikit pada fungsi pengontrolan. Hanya bertanggungjawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikannya berdasarkan permintaan MME, P-GW, atau PCRF, yang memerlukan set-up, modifikasi atau penjelasan pada UE. (Pranoto, 2015: 7)

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

Sama halnya dengan SGW, PDN-GW adalah komponen penting pada LTE untuk melakukan terminasi dengan *Packet Data Network (PDN)*. Adapun PDN GW mendukung *policy enforcement feature*, *packet filtering*, *charging support* pada LTE, trafik data dibawa oleh koneksi *virtual* yang disebut dengan *service data flows (SDFs)*. (Pranoto, 2015: 7)

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

PCRF adalah bagian dari arsitektur jaringan yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya seperti portal secara *real time*, yang mendukung pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan aktif di jaringan. Jaringan seperti ini mungkin menawarkan beberapa layanan, kualitas layanan (*quality of services*), dan

aturan pengisian. PCRF dapat menyediakan jaringan solusi *wireline* dan *wireless* dan juga dapat mengaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan hal yang menguntungkan dan platform inovatif untuk operator. PCRF juga dapat diintegrasikan dengan platform yang berbeda seperti penagihan, rating, pengisian, dan basis pelanggan atau juga dapat digunakan sebagai entitas mandiri. (Pranoto, 2015: 8)

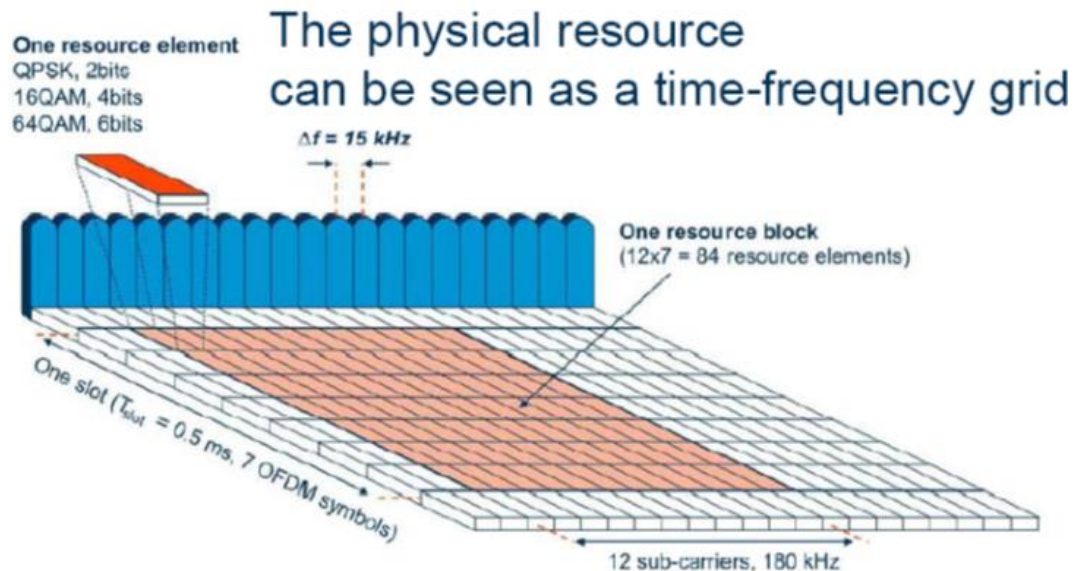
2.1.3 LTE Air Interface

Pada sisi *air interface* LTE menggunakan teknik *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) untuk *downlink* sedangkan untuk *uplink* menggunakan *Single-Carrier Frequency-Division Multiple Access* (SC-FDMA). (Uke, 2012: 37)

1. Prinsip Dasar OFDM

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (*multicarrier*) yang saling tegak lurus (*orthogonal*). *Physical resource block* pada *downlink* LTE ditunjukkan pada Gambar 2.3. Pada domain frekuensi, spasi antar *sub carrier* (Δf) sebesar 15 KHz dan durasi waktu OFDM simbol adalah $1/\Delta f + \text{cyclic prefix}$ berfungsi untuk menjaga keorthogonalan antar-*subcarrier*. Pada OFDM satu *resource element* bisa membawa QPSK, 16 QAM, atau 64 QAM, contoh pada 64 QAM satu *resource element* membawa 6 bit. (Uke, 2012: 37)

OFDM symbol dikelompokkan menjadi *resource block*. Satu *resource block* pada OFDM *symbol* yaitu 180 KHz pada domain frekuensi dan 0,5 ms pada domain waktu.



Gambar 2.3 Physical Resource Block

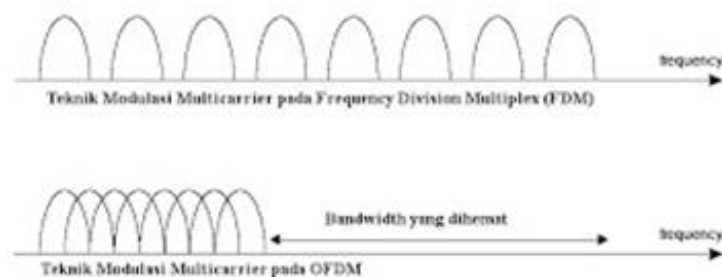
Sumber : (Uke, 2012 :38)

Dalam domain waktu *frame* radio mempunyai panjang 10 ms dan terdiri dari 10 *sub frame* setiap 1 ms . Setiap subframe terdiri dari dua slot di mana tiap slot adalah 0,5 ms. *Subcarrier spacing* di domain frekuensi adalah 15 KHz. Dalam domain waktu dikenal dengan istilah *Time Transmission Interval* atau TTI, yang merupakan unit dasar pada domain waktu saat penjadwalan transmisi data pada kanal fisik dan pada LTE satu *subframe* inilah yang dijadikan TTI.

Keuntungan dari sistem OFDM ini adalah :

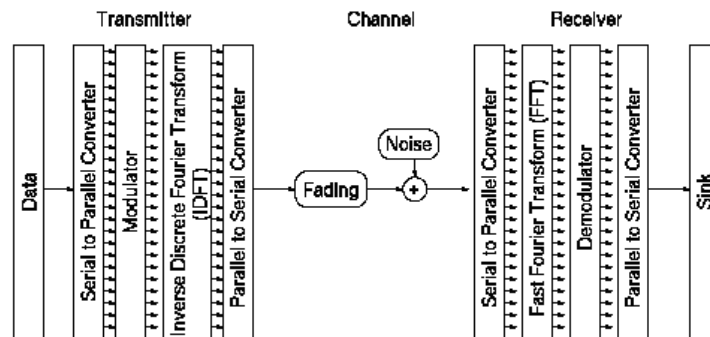
1. Durasi simbol lebih panjang, sehingga membutuhkan kecepatan yang lebih rendah untuk mengimplementasikannya.
2. Lebih sedikit terpengaruh oleh *time dispersion* dari kanal transmisi.

Prinsip dasar OFDM sendiri adalah membagi *bandwidth* menjadi banyak sub-carrier seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4. Pada sistem OFDM data input dibagi menjadi beberapa sub-data paralel untuk mengurangi data rate (meningkatkan durasi simbol) dan masing-masing sub data dimodulasi dan ditransmisikan pada *subcarrier* yang terpisah dan orthogonal. Masing-masing sub-carrier dibuat saling orthogonal dengan spasi frekuensi yang tepat sehingga dapat dilakukan *spektral overlap* antar *sub-carrier* yang berdekatan tanpa menimbulkan efek *inter symbol interface* (ISI) dan *inter carrier interface* (ICI) sehingga pada akhirnya akan terjadi penghematan *bandwidth* yang cukup besar.



Gambar 2.4 Teknik Modulasi *Multicarrier*

Blok diagram dari OFDM ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 Blok Diagram OFDM

Sumber : <http://miqbal.staff.telkomuniversity.ac.id/ofdm/> (diakses 10 Mei 2017)

Prinsip kerja OFDM berdasarkan Gambar 2.5 dijelaskan sebagai berikut. Deretan data informasi yang akan dikirim di konversikan ke dalam bentuk paralel, sehingga bila bit rate semula adalah R , maka bit rate di setiap jalur adalah R/M dimana M adalah jumlah jalur paralel (sama dengan jumlah *sub-carrier*). Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap *sub carrier*, modulasi yang digunakan untuk OFDM ini adalah BPSK, QPSK, dan QAM.

Kemudian sinyal yang telah termodulasi tersebut diaplikasikan ke dalam *Inverse Discrete Fourier Transform* (IDFT), untuk pembuatan simbol OFDM. Penggunaan IDFT ini memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*).

Setelah itu simbol-simbol OFDM dikonversikan lagi ke dalam bentuk serial, dan kemudian sinyal dikirim. Sinyal *carrier* dari OFDM merupakan penjumlahan dari banyaknya *sub-carrier* yang orthogonal, dengan data *baseband* pada masing-masing

sub carrier dimodulasikan secara bebas menggunakan teknik modulasi BPSK, QPSK, atau QAM.

Pada penerima, dilakukan operasi yang berkebalikan dengan apa yang dilakukan di stasiun pengirim. Mulai dari konversi dari serial ke paralel, kemudian konversi sinyal paralel dengan *Fast Fourier Transform (FFT)*, setelah itu demodulasi, konversi paralel ke serial, dan akhirnya kembali ke bentuk data informasi.

Kelebihan dari OFDM terbukti dapat digunakan untuk mengatasi berbagai macam permasalahan propagasi seperti *multipath* dan juga dapat mengatasi masalah *delay spread* dan *Inter Symbol Interface (ISI)*. Karena durasi dari tiap simbol panjang, maka memungkinkan untuk penyisipan guard interval di antara simbol-simbol OFDM.

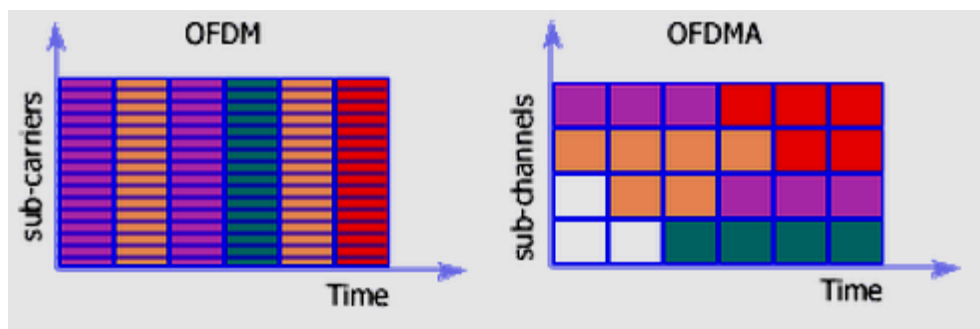
Pada OFDM terdapat *Cyclic Prefix (CP)*, yaitu pengulangan sampel bagian akhir dari simbol OFDM yang ditambahkan pada bagian depan dari simbol. Adanya CP akan menghilangkan ISI dengan syarat durasi CP lebih besar dari *delay spread*. Kelamahan dari CP adalah mengurangi efisiensi bandwidth karena adanya *overhead*. (Uke, 2012 :41)

2. OFDMA

Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDMA) adalah teknik *multiple acces* yang merupakan kombinasi antara OFDM dan CDMA. OFDMA digunakan untuk membagi sumber yang ada pada OFDM agar dapat digunakan oleh banyak user, yaitu menggunakan OFDM untuk modulasi tiap stasiun dan menggunakan CDMA untuk *multiple acces*. (Uke, 2012: 41)

Perbedaan antara OFDM dengan OFDMA adalah OFDM bukanlah sebuah teknik akses jamak melainkan suatu teknik modulasi yang menciptakan banyak aliran data supaya dapat digunakan oleh pengguna yang berbeda, sedangkan OFDMA merupakan skema akses jamak yang memungkinkan banyak pengguna berbagi dalam bandwidth yang sama.

Selain itu, OFDM mengalokasikan pengguna hanya pada ranah waktu sedangkan OFDMA mengalokasikan pengguna pada ranah waktu dan frekuensi. Ilustrasi mengenai perbedaan keduanya dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Perbedaan OFDM dan OFDMA

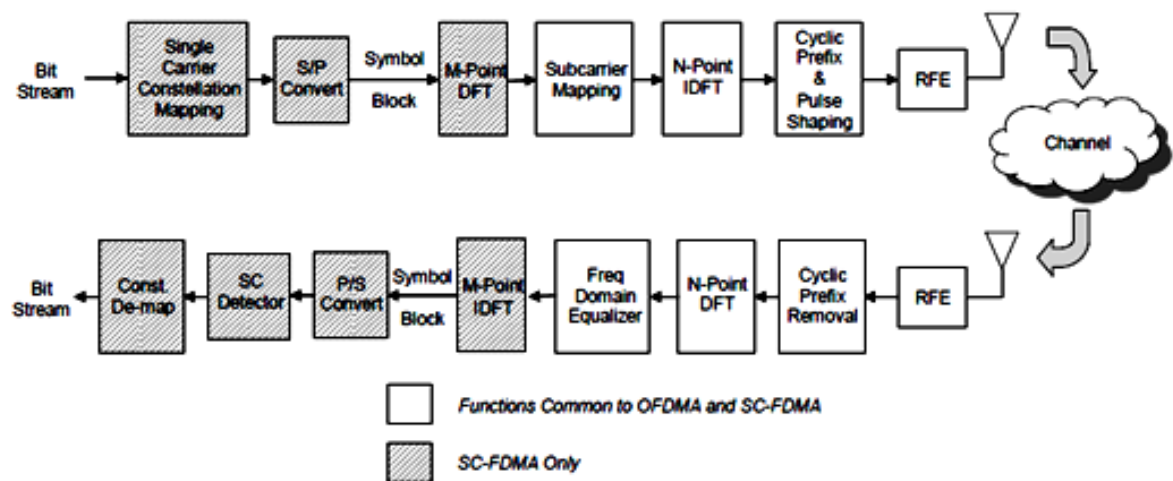
Dari Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa OFDM pada periode waktu tertentu hanya dapat melayani 1 pengguna. Data yang dikirim tetap dibagi ke dalam banyak subcarrier seperti halnya prinsip OFDM. Berbeda dengan OFDMA, pada periode waktu tertentu kanal dapat melayani beberapa pengguna, sebab pengguna dialokasikan ke dalam beberapa slot dan data yang dikirim dibagi ke dalam banyak *subcarrier* secara terdistribusi atau acak.

3. SC-FDMA

Pada *uplink*, LTE menggunakan versi *pre-code* OFDM disebut *Single Carrier Frequency Division Multiple Acces* (SC-FDMA). Hal ini, unuk mengompensasi kelemahan OFDM biasa, yaitu memiliki PAPR tinggi. SC-FDMA merupakan teknik *multiple acces single carrier*, sistem SC-FDMA dianggap sebagai sistem OFDMA yang ditambahkan operasi DFT di mana simbol data dalam domain waktu ditransformasi ke domain frekuensi dengan menggunakan operasi DFT. (Uke, 2012 :46)

SC-FDMA mempunyai struktur dan performa yang mirip dengan OFDM, hanya saja pada teknik ini terdapat penambahan proses DFT (*Discrete Fourier Transform*) pada transmitter. Berbeda dengan OFDM, pada SC-FDMA ini setiap simbol data disebar di beberapa *subcarrier*, sehingga disebut juga DFT-spread OFDM.

Secara rinci proses transmisi SC-FDMA ditunjukkan pada Gambar 2.7.



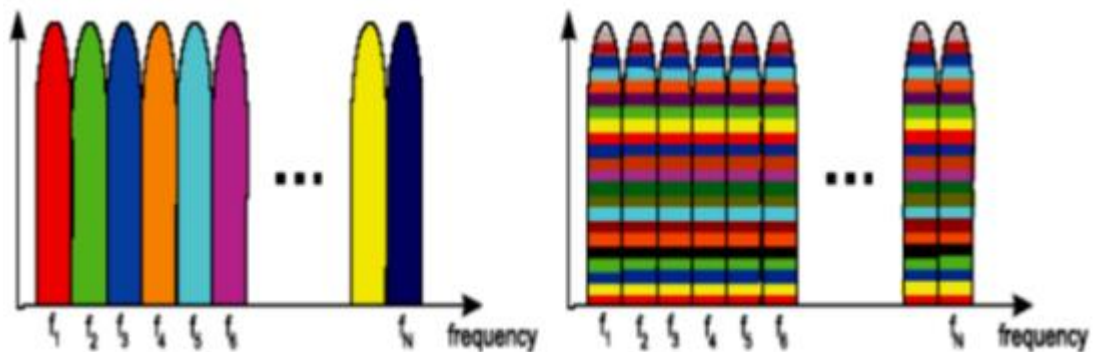
Gambar 2.7 Diagram Blok pada SC-FDMA

Dari Gambar 2.7 di atas dapat dijelaskan proses dari tiap blok sebagai berikut :

1. Pengirim
 - a. *Constellation Mapper* : mengubah aliran input bit menjadi simbol *single carrier* (modulasi BPSK, QPSK, atau 16-QAM berdasarkan keadaan kanal).
 - b. *S/P Convert* : mengelompokkan simbol-simbol *single carrier* (time domain) ke dalam sebuah blok berisi M simbol untuk dijadikan input FFT, biasanya 4 simbol.
 - c. M-point DFT : mengubah blok simbol *single carrier* (time domain) menjadi tone diskrit (domain frekuensi).
 - d. *Sub-carrier Mapping* : memetakan output tone ke dalam N-subcarrier, dimana $N > M$ (ada 2 skema mapping).
 - e. *N-Point IDFT* : mengubah kembali ke domain waktu.
 - f. *Cyclic Prefix & Pulse Shaping* : penyisipan *cyclic prefix* melindungi terhadap *multipath fading*, *Pulse Shaping* mencegah pertambahan spectrum.
 - g. RFE (*Receiver Front-End.*) / DAC : mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog untuk ditransmisikan.
2. Penerima
 - a. Menghilangkan CP, mengubah kembali ke domain frekuensi dengan N-point DFT.
 - b. Dilakukan *equalization* untuk mengatasi ISI maupun error.
 - c. Sinyal *tone diskrit* ditransformasi menjadi blok simbol *single carrier* dalam domain waktu menggunakan M-point IDFT.

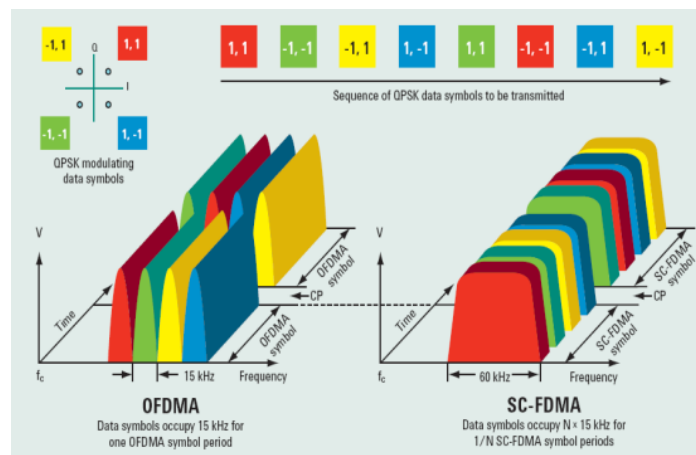
d. Dilakukan deteksi dan *decoding* hingga menjadi aliran bit informasi kembali.

Pada OFDM, setiap data simbol dibawa oleh 1 subcarrier, sedangkan pada SC-FDMA beberapa subcarrier membawa tiap data simbol.



Gambar 2.8 Perbedaan OFDM dan SC – FDMA.

Dari Gambar 2.8 dapat dilihat bahwa pada SC-FDMA setiap data simbol disebar ke banyak *subcarrier* dan ditransmisikan secara berurutan. Selain itu perbedaan mendasar antara OFDM dan SCFDMA adalah adanya proses DFT pada transmitter SC-FDMA. oleh karena itu , SCFDMA sering disebut juga DFT-spread- OFDM.

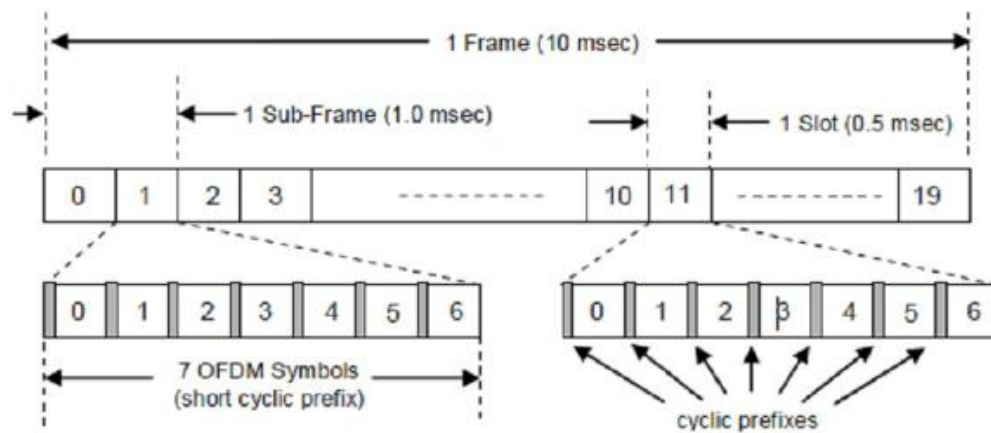


Gambar 2.9 Ilustrasi Perbedaan OFDMA dan SC – FDMA

Dari Gambar 2.9 dapat dilihat, dengan modulasi QPSK maka setiap data simbol diwakili 2 bit (00, 01, 10, 11). Pada OFDMA terlihat bahwa aliran data dibagi ke dalam empat buah subcarrier dengan menempati *bandwidth* selebar 15 KHz untuk satu periode simbol, kemudian ditransmisikan secara paralel dalam satu waktu. Sedangkan pada SC-FDMA data dikirimkan dalam empat buah subcarrier juga, hanya saja ditransmisikan secara sekuensial, dengan menempati bandwidth 60 KHz untuk N periode simbol SC-FDMA, dimana N di sini adalah 4.

2.1.4 Lapisan Fisik LTE

Kemampuan *Enode B* dan UE (*User equipment*) sepenuhnya berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan dari lapis fisik antara *downlink* dan *uplink*. Chanel bandwidth yang biasa digunakan adalah 1,4 Mhz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, dan 20 MHz. Salah satu elemen yang berperan pada *downlink* dan *uplink* LTE adalah *generic frame structure* mode operasi FDD dan TDD. *Generic frame structure* diaplikasikan *downlink* dan *uplink* untuk FDD. Berikut adalah gambaran secara detailnya yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. (Uke, 2012 :34)



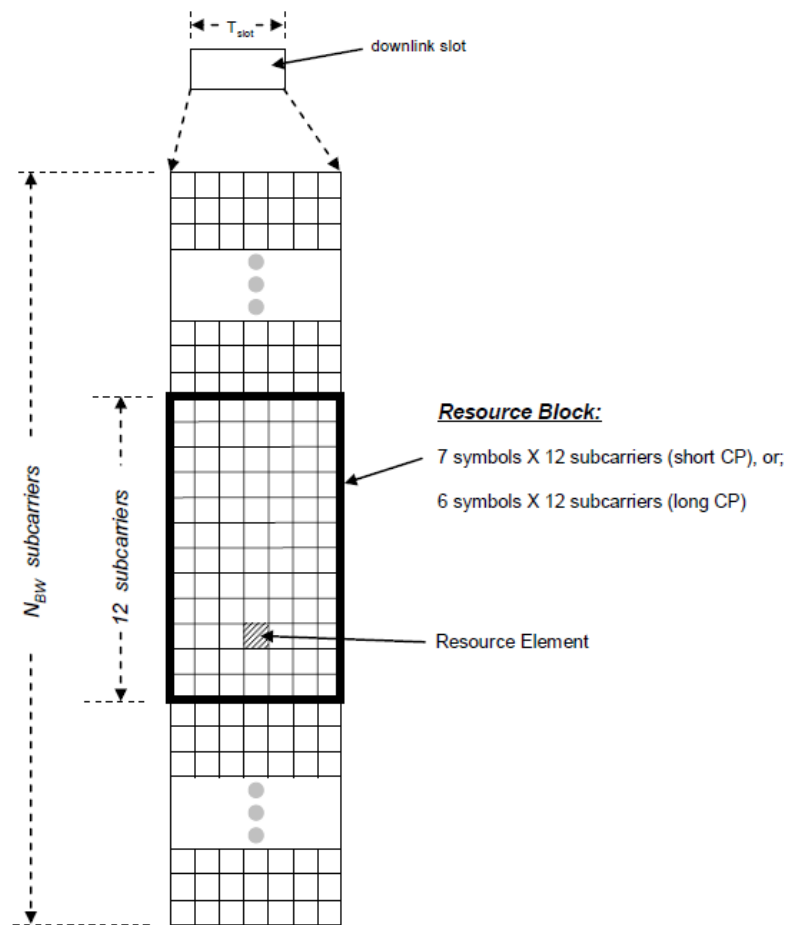
Gambar 2.10 LTE Generic Frame Structure

Transmisi LTE dibagi dalam frame, dimana dalam satu *subframe* durasinya adalah 1 ms. Frame tersebut terdiri dari 20 slot dengan durasi 0,5 ms. *Sub-frame* berisi 2 slot periode dan 1 ms tiap durasinya.

Total tersedianya sub carrier bergantung pada besar *bandwidth* transmisi sistem. Sebuah PRB terdiri dari 12 subcarrier dan tiap time slot nya berdurasi 0,5 ms. Sebuah PRB dalam schedule-nya ditunjukkan pada Tabel 2.1 yang berisikan jumlah PRB berdasarkan *bandwidth* operasi pada Gambar 2.11.

Tabel 2.1 Parameter Downlink LTE

<i>Bandwidth (MHz)</i>	1,4	3	5	10	15	20
<i>Bandwidth Subcarrier (kHz)</i>	15					
<i>Sub-carrier Duration (T.slot)</i>	0,5 ms					
<i>Bandwidth Physical Resource Block (PRB) (kHz)</i>	180					
Jumlah PRB yang Tersedia	6	15	25	50	75	100
Jumlah sub-carrier	75	150	300	600	900	1200



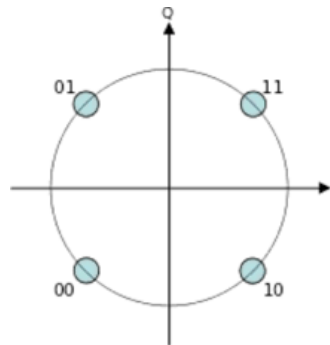
Gambar 2.11 Downlink Resource Grid

2.1.5 Skema Modulasi Jaringan LTE

Berdasarkan 3GPP TS LTE mendukung skema modulasi QPSK, 16 QAM dan 64 QAM. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing skema modulasi. (Uke, 2012 :105)

1. QPSK

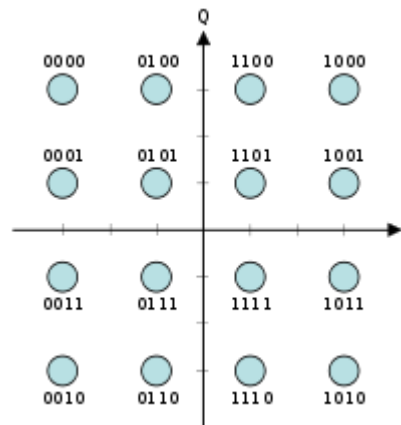
QPSK termasuk kategori *low order* modulasi karena QPSK hanya terdiri dari 4 simbol (simbol yang berdekatan berbed fase 90 derajat) dan setiap simbol terdiri dari 2 bit. QPSK digunakan pada saat kondisi kanal antara pengirim dan penerima buruk (nilai SINRnya rendah). Kelebihan dan kekurangan modulasi QPSK yaitu lebih tahan terhadap interferensi dan laju bit yang rendah, diagram konstelasi modulasi QPSK ditunjukkan pada Gambar 2.12. (Uke, 2012 :105)



Gambar 2.12 Diagram Konstelasi Modulasi QPSK

2. 16 QAM

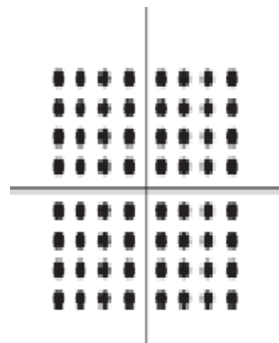
Modulasi 16 QAM terdiri dari 16 simbol dimana setiap simbol terdiri dari 4 bit. Diagram konstelasi modulasi 16 QAM ditunjukkan pada Gambar 2.13. (Uke, 2012 :105)



Gambar 2.13 Diagram Konstelasi Modulasi 16 QAM

3. 64 QAM

Modulasi 64 QAM termasuk kategori *high order* modulasi karena 64 QAM terdiri dari 64 simbol dimana setiap simbol terdiri dari 6 bit. 64 QAM digunakan pada saat kondisi kanal antara pengirim dan penerima cukup baik (nilai SINR tinggi). Kelebihan 64 QAM yaitu dapat memberikan laju data yang tinggi. Kekurangannya yaitu rentan terhadap kesalahan karena 64 QAM sangat sensitive terhadap *noise*, *interfrensi*, dan kesalahan estimasi kanal, diagram konstelasi modulasi 64 QAM ditunjukkan pada Gambar 2.14. (Uke, 2012 :106)



Gambar 2.14 Diagram Konstelasi Modulasi 64 QAM

2.1.6 Perencanaan Kapasitas Jaringan LTE

Kapasitas suatu jaringan merupakan salah satu tolak ukur dalam perencanaan, sehingga seorang *engineer* dapat memprediksi seberapa besar jaringan dapat menampung *user* dengan berbagai macam layanan.

1. Perhitungan Kapasitas Jaringan LTE

Sistem LTE yang menerapkan sistem *multicarrier*, tentunya mempunyai kapasitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Berikut untuk menghitung kapasitas jaringan LTE untuk setiap *Enode B* dapat menggunakan persamaan rumus sebagai berikut : (Uke, 2012: 176)

$$\text{Peak bit rate} = N. \text{ bit tiap simbol} \times N. \text{ sub carrier} \times N. \text{ simbol per sub frame} \dots (2.1)$$

Dimana :

Peak bit rate = Puncak kecepatan transfer data (Mbps)

N. bit tiap simbol = Jumlah bit tiap simbol (tergantung skema modulasi)

N. sub carrier = Jumlah *sub carrier* yang terdapat pada *bandwidth*

N. Simbol per sub frame = $\frac{\text{Jumlah Simbol per sub frame}}{1 \text{ ms}}$

Perencanaan berdasarkan kapasitas meliputi estimasi pertumbuhan pelanggan, perhitungan OBQ, perhitungan kapasitas sel, perhitungan jari-jari dan luas cakupan sel, dan perhitungan jumlah sel berdasarkan kapasitas.

2. Estimasi Jumlah Pelanggan

Dalam melakukan perencanaan jaringan tentunya harus mempertimbangkan kebutuhan pelanggan di masa mendatang. Maka untuk mengantisipasi jumlah pelanggan selama periode tersebut diperlukan estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan. Estimasi jumlah pelanggan dapat dihitung menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$U_n = U_o(1 + F_p)^n \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana :

U_n = prediksi jumlah penduduk

U_o = jumlah penduduk pada saat tahun perencanaan

F_p = faktor pertumbuhan penduduk

n = jumlah tahun prediksi

Didalam perhitungan estimasi jumlah pelanggan dimasukkan beberapa pertimbangan seperti *market share* operator seluler, kemampuan potensial pembelian pelanggan, penetrasi daerah, penetrasi penggunaan jaringan, dll.

3. Kepadatan Trafik

Untuk melakukan perkiraan kepadatan trafik pada LTE digunakan *Offered Bit Quantity* (OBQ). OBQ adalah total bit *throughput* per km² pada jam sibuk, untuk menghitung *Offered Bit Quantity* (kbps/km²), digunakan persamaan sebagai berikut :

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

σ : kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah (*user/km²*)

p : penetrasi pengguna tiap layanan (%)

d : lama panggilan efektif (*s/call*)

BHCA : *Busy Hour Call Attempt* atau banyaknya panggilan selama jam sibuk (*call/s*)

BW : Net user bit rate (kbps)

4. Perhitungan Luas Sel

Didalam perhitungan luas sel di dapat dari membagi kapasitas *Enode B* dengan OBQ total.

$$L = \frac{\text{Kapasitas Enode B}}{OBQ_{total}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Kapasitas *Enode B* : mbps

OBQ.total : kbps/km² (diubah menjadi mbps/km²)

5. Radius Sel

Didalam perhitungan radius sel dapat dihitung berdasarkan luas sel yang telah didapatkan.

$$R = \sqrt{\frac{L}{2,6}} \dots \dots \dots (2.5)$$

6. Perhitungan Jumlah *Enode B*

$$\text{Jumlah } \textit{Enode B} = \frac{\text{Luas area perencanaan}}{\text{Luas Sel}} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.1.7 Macam-Macam Layanan LTE

Layanan yang tersedia dalam teknologi terbaru, minimal melengkapi teknologi sebelumnya . Layanan dasar dalam komunikasi seluler adalah layanan berupa data, *voice*, dan video. Namun perbedaan ada dalam hal kualitas, yang direpresentasikan pada jenis *codec* yang digunakan.

Jenis *codec* yang lebih bagus akan menghasilkan kualitas yang lebih bagus, sehingga akan membedakan teknologi LTE dengan teknologi sebelumnya. Namun disisi, lain, penggunaan *codec* ini juga akan mempengaruhi kapasitas total dari jaringan LTE. Sehingga diperlukan perencanaan yang spesifik untuk menemukan konfigurasi yang maksimal.

1. VoIP

Layanan suara merupakan layanan dasar yang paling dibutuhkan oleh pengguna layanan seluler. Namun sejauh ini dalam teknologi LTE release 8, masih belum dapat dioperasikan untuk layanan *voice* yang murni berbasis IP atau yang biasa kita sebut dengan VoIP. Antisipasinya adalah dengan menggabungkan teknologi seluler sebelumnya misal dengan GSM, CDMA, maupun UMTS. Hal ini bertujuan pada saat pelanggan mengakses layanan *voice*, maka layanan tersebut akan di switch ke

teknologi sebelumnya. Namun dalam perencanaan jaringan LTE, diasumsikan bahwa LTE telah mampu menangani layanan VoIP.

2. Video

Video merupakan layanan yang sensitif terhadap delay, namun mempunyai kebutuhan *throughput* yang tinggi. Nilai *throughput* tersebut tergantung dari jenis *codec* yang digunakan oleh device pada *end user*nya yang nilainya beragam dari 128 kbps, 384 kbps, hingga 440 kbps. Komposisi pengguna layanan video perlu diperhitungkan, mengingat layanan ini membutuhkan bandwidth data yang besar akan sangat mempengaruhi kapasitas jaringan.

3. FTP

FTP atau yang biasa kita sebut dengan layanan *best effort*, merupakan prioritas terakhir dalam layanan seluler. Maksudnya layanan *best effort* akan memanfaatkan sisa bandwidth untuk melayani *user*. Namun layanan ini mempunyai batas maksimum untuk memanfaatkan sisa *bandwidth*, yakni sebesar satu megabit. Dalam perencanaan, kebutuhan *bandwidth* dalam layanan ini dapat dihitung berdasarkan rata-rata kebutuhan bandwidth pada teknologi sebelumnya untuk layanan yang serupa.

Berikut adalah nilai dari bitrate, penyebaran *user*, call duration, BHCA, dan penetrasi user layanan seluler yang secara berurutan ditunjukkan pada Tabel 2.2, Tabel 2.3, Tabel 2.4, Tabel 2.5, dan Tabel 2.6. (Uke, 2012: 182)

Tabel 2.2 Bitrate Layanan Seluler

Layanan	Bitrate (kbps)
VoIP	64
Video	384
FTP	1000

Tabel 2.3 Penyebaran User

Layanan	Presentase
Building	50%
Vehicular	30%
Pedestrian	20%

Tabel 2.4 Call duration pada Layanan Seluler

Type	Call Duration (s/call)		
	Building	Pedestrian	Vehicular
VoIP	60	60	60
Video	40	40	50
FTP	50	80	70

Tabel 2.5 BHCA pada Layanan Seluler

Type	BHCA (call/s)		
	Building	Pedestrian	Vehicular
VoIP	0,008	0.008	0.009
Video	0,007	0.008	0.009
FTP	0,009	0.008	0.008

Tabel 2.6 Penetrasi User pada Layanan Seluler

Type	Penetrasi User		
	Building	Pedestrian	Vehicular
VoIP	50%	50%	20%
Video	30%	30%	20%
FTP	40%	40%	30%

2.2 Penelitian yang Relevan

Dalam penelitian ini memperhatikan penelitian sejenis atau dikatakan penelitian yang relevan dengan topik yang dikaji. Adapun salah satu penelitian relevan yaitu:

Judul : Analisis Jumlah *Enode B* LTE untuk Kota Balikpapan

Nama : Maria Ulfah

Universitas : Politeknik Negeri Balikpapan

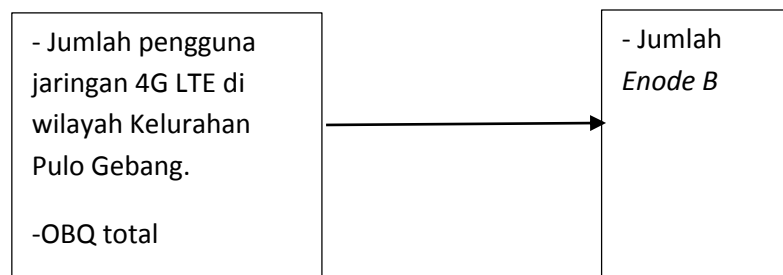
Kesimpulan : Berdasarkan hasil perhitungan untuk mengetahui jumlah *Enode B* teknologi 4G LTE di kota Balikpapan didapatkan sejumlah 121 untuk tahun 2017 yang akan terus mengalami peningkatan sampai tahun 2021 sejumlah 143. Peningkatan ini sesuai dengan asumsi peningkatan jumlah pengguna (*user*) setiap tahunnya juga, sehingga pengguna akan dapat menikmati layanan 4G LTE secara maksimal dengan penambahan jumlah *Enode B* yang sejalan berarti bertambah besar daerah jangkauan (*coverage area*).

Persamaan : Menentukan dan meramalkan jumlah kebutuhan *Enode B* di suatu wilayah.

Perbedaan : Dalam metode penelitian yang berjudul “Analisis Jumlah *Enode B* LTE untuk Kota Balikpapan” menggunakan trafik total Erlang dan kapasitas Erlang per-sel disuatu wilayah berdasarkan kapasitas kanal sebagai acuan sedangkan pada penelitian ini menggunakan *offered bit quantity* total dan *peak bitrate* maksimal data dari *Enode B* sebagai acuan perhitungan jumlah *Enode B*.

2.3 Kerangka Konseptual

Kerangka penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini menggambarkan hubungan pertumbuhan jumlah pengguna jaringan 4G LTE yang mempengaruhi nilai *offered bit quantity* dengan jumlah *Enode B* di wilayah Kelurahan Pulo Gebang. Nilai *offered bit quantity* pada penelitian ini menjadi variabel bebas sedangkan jumlah *Enode B* menjadi variabel terikat. Secara skematis kerangka penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Kerangka Konseptual Penelitian

2.3 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian pustaka di atas, dapat disimpulkan hipotesis penelitian sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh nilai pertumbuhan jumlah pengguna jaringan 4G LTE terhadap nilai OBQ total di Kelurahan Pulo Gebang
2. Terdapat pengaruh nilai OBQ total di Kelurahan Pulo Gebang terhadap jumlah *Enode B* yang dibutuhkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kelurahan Pulo Gebang - Kecamatan Cakung - Jakarta Timur yang dilaksanakan selama satu bulan terhitung 01 Juli – 31 Juli 2017.

3.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh penduduk wilayah Kelurahan Pulo Gebang – Kecamatan Cakung – Jakarta Timur.

3.3 Definisi Operasional

Menurut Muninjaya (2003: 24) definisi operasional bertujuan untuk menghindari penyimpangan atau kesalahan-kesalahan pada saat pengumpulan data. Sesuai dengan judul penelitian penulis “*Analisis dan Perencanaan Kebutuhan Enode B Jaringan 4G LTE Wilayah Kelurahan Pulo Gebang*”, maka definisi operasional yang perlu dijelaskan, yaitu:

1. Jumlah *Enode B*

Adalah jumlah *Enode B* yang dibutuhkan di dalam daerah perencanaan.

2. Luas Daerah Perencanaan

Adalah luas daerah yang akan dilakukan perhitungan kebutuhan *Enode B*

3. OBQ (*Offered Bit Quantity*)

Adalah total bit *throughput* per km² pada jam sibuk

4. Kapasitas *Enode B*

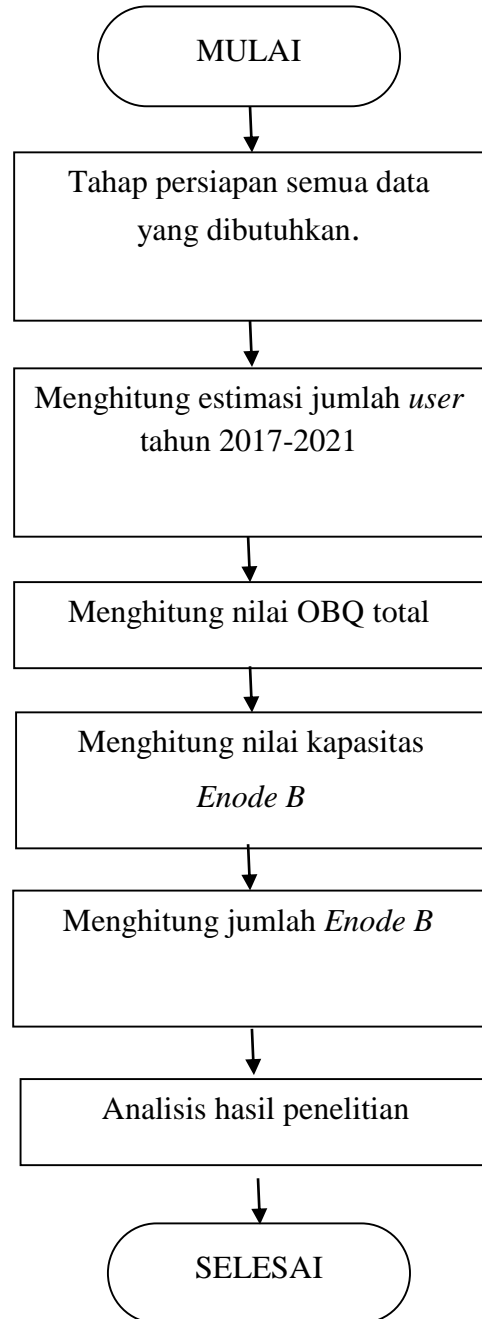
Adalah *peak bit rate* pada *Enode B*.

3.4 Metode dan Rancangan Penelitian

Menurut Sugiyono (2011: 14) metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian sebagai metode yang berlandaskan pada filsafat positivisme, metode yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu: teknik pengambilan sampel biasanya dilakukan dengan perhitungan teknik sampel tertentu yang sesuai. Pengumpulan data kuantitatif/statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif.

Desain atau rancangan penelitian bisa diartikan suatu proses analisis dan pengumpulan data penelitian. Akan tetapi dalam arti luasnya rancangan penelitian itu meliputi proses dari perencanaan serta pelaksanaan penelitian. Sebenarnya rancangan penelitian itu adalah data yang dapat menjelaskan semua prosedur dari penelitian sejak

dari tujuan penelitian hingga analisis data. Adapun rancangan di dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1 *Flowchart* Rancangan Penelitian

Adapun penjelesan dari Gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Peneliti menyiapkan data kependudukan untuk menghitung jumlah estimasi *user* di wilayah Kelurahan Pulo Gebang.

2. Menghitung jumlah estimasi *user*

Peneliti menghitung jumlah estimasi *user* dengan Persamaan 2.2 untuk mendapatkan jumlah *user* di wilayah Kelurahan Pulo Gebang.

$$U_n = U_o(1 + F_p)^n$$

Di mana :

U_n = prediksi jumlah penduduk

U_o = jumlah penduduk pada saat tahun perencanaan

F_p = faktor pertumbuhan penduduk

n = jumlah tahun prediksi

3. Menghitung nilai OBQ total

Peneliti menghitung nilai OBQ dengan Persamaan 2.3 untuk mendapatkan jumlah OBQ di wilayah Kelurahan Pulo Gebang.

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW$$

Dimana :

σ = kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah (*user/km²*)

p = penetrasi pengguna tiap layanan (%)

d = lama panggilan efektif ($s/call$)

BHCA = *Busy Hour Call Attempt* atau banyaknya panggilan selama jam sibuk
(call/s)

BW = Net user bit rate (kbps)

4. Menghitung nilai kapasitas *Enode B*

Peneliti menghitung nilai kapasitas *Enode B* dengan Persamaan 2.1 untuk mendapatkan kapasitas *Enode B* yang akan digunakan untuk perencanaan.

$$Peak\ bit\ rate = N.\ bit\ tiap\ simbol \times N.\ sub\ carrier \times N.\ simbol\ per\ sub\ frame$$

Dimana :

Peak bit rate = Puncak kecepatan transfer data (Mbps)

N. bit tiap simbol = Jumlah bit tiap simbol (tergantung skema modulasi)

N. sub carrier = Jumlah *sub carrier* yang terdapat pada *bandwidth*

N. Simbol per sub frame = $\frac{\text{Jumlah Simbol per sub frame}}{1\ ms}$

5. Menghitung jumlah *Enode B*.

Peneliti menghitung nilai jumlah *Enode B* dengan Persamaan 2.6 untuk mendapatkan jumlah *Enode B* yang dibutuhkan di wilayah Kelurahan Pulo Gebang.

$$\text{Jumlah Enode B} = \frac{\text{Luas area perencanaan}}{\text{Luas Sel}}$$

6. Analisis hasil Penelitian

Setelah didapatkan hasil perhitungan peneliti menganalisis hasil penelitian berdasarkan hipotesis penelitian.

3.5 Perlakuan Penelitian

Pada penelitian ini diawali dengan peneliti meminta data di Kantor Kelurahan Pulo Gebang, data yang telah didapatkan di sortir berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini, kemudian diproses dengan menggunakan rumus estimasi jumlah pelanggan sehingga didapatkan data pelanggan dalam kurun waktu 2017-2021. Data pelanggan yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk mencari *offered bit quantity* di Kelurahan Pulo Gebang, setelah itu akan di dapatkan jumlah *Enode B* berdasarkan luas daerah perencanaan dibagi luas sel.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan peneliti adalah data laporan tahunan sekretaris Kelurahan Pulo Gebang –Kecamatan Cakung- Jakarta Timur yang sangat membantu penulis dalam menentukan jumlah estimasi pelanggan.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu :

1. Data laporan tahunan Sekretaris Kelurahan Pulo Gebang.
2. Studi kepustakaan.

3.8 Teknik Analisis Data

Teknik analisa data yang digunakan dalam topik ini berupa perhitungan menggunakan rumus estimasi jumlah pelanggan, rumus OBQ total, rumus *throughput Enode B*, rumus luas sel *Enode B*, dan rumus jumlah *Enode B* untuk mencari jumlah *Enode B* yang dibutuhkan wilayah Kelurahan Pulo Gebang dalam kurun waktu 2017-2021.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan data dan rumus yang telah didapatkan dari lapangan, buku, jurnal, dan skripsi maka dapat dibuat hasil penelitian sebagai berikut.

4.1.1 Hasil Perhitungan Estimasi Jumlah Pelanggan.

Berikut adalah data yang diperoleh dari Kantor Kelurahan Pulo Gebang yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 :

Luas Kelurahan Pulo Gebang	: 6,86 km^2
Jumlah Penduduk per Desember 2016	: 106.812 jiwa
Laju pertumbuhan penduduk	: 5%

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2016

No	Umur	Jenis Kelamin		
		LK	PR	Jumlah
1	0 – 4	4842	4402	9244
2	5 – 9	4761	5040	9801
3	10 – 14	4591	4602	9193
4	15 – 19	3865	3691	7556
5	20 – 24	3443	4065	7508
6	25 – 29	4655	4697	9352
7	30 – 34	5245	5259	10504

8	35 – 39	4592	4682	9274
9	40 – 44	4775	4042	8817
10	45 – 49	3689	3432	7121
11	50 – 54	3529	3287	6816
12	55 – 59	2395	2419	4814
13	60 – 64	1890	1419	3309
14	65 – 69	887	729	1616
15	70 – 74	595	676	1271
16	75 KEATAS	351	265	616
JUMLAH		54.105	52.707	106.812

Sumber : Laporan Tahunan Sekretaris Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2016

Berdasarkan Tabel 4.1 data jumlah penduduk Kelurahan Pulo Gebang dikelompokkan berdasarkan umur menurut kebutuhan penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengelompokan Data Berdasarkan Kebutuhan Penelitian

No.	Umur	Jumlah
1	0-14	28238
2	15-59	71762
3	60 ≤	6812
Total		106.812

Dalam penelitian ini berlaku beberapa asumsi yaitu:

1. Hanya penduduk usia 15-59 tahun yang memiliki kemampuan untuk memiliki *handset* telepon seluler.

2. Pelanggan potensial dari pengguna seluler adalah 80%.
3. *Market share* dari *provider X* adalah 50%
4. Penetrasi pelanggan LTE 4G di Indonesia adalah 15% dari jaringan lainnya seperti 3G, dan 2G.
5. Penetrasi daerah urban adalah 60%

Estimasi jumlah penduduk dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$U_n = U_o(1 + F_p)^n$$

Keterangan :

U_n = prediksi jumlah penduduk tahun ke n

U_o = jumlah penduduk pada saat tahun perencanaan

F_p = faktor pertumbuhan penduduk

n = jumlah tahun prediksi

1. Tahun 2017

$$U_1 = 71762 (1 + 0,05)^1$$

$$U_1 = 75350,10 \text{ (75350 jiwa)}$$

$$\text{Jumlah user LTE} = 75350 \times 80\% \times 50\% \times 15\% \times 60\% = 2712,6$$

$$\text{Kepadatan user} = \frac{2712,6}{6,86} = 395,4227 \text{ user /km}^2$$

2. Tahun 2018

$$U_2 = 71762 (1 + 0,05)^2$$

$$U_2 = 79117,60 \text{ (79118 jiwa)}$$

$$\text{Jumlah user LTE} = 79118 \times 80\% \times 50\% \times 15\% \times 60\% = 2848,248$$

$$\text{Kepadatan user} = \frac{2848,248}{6,86} = 415,1961 \text{ user /km}^2$$

3. Tahun 2019

$$U_3 = 71762 (1 + 0,05)^3$$

$$U_3 = 83073,48 \text{ (83073 jiwa)}$$

$$\text{Jumlah user LTE} = 83073 \times 80\% \times 50\% \times 15\% \times 60\% = 2990,628$$

$$\text{Kepadatan user} = \frac{2990,628}{6,86} = 435,9516 \text{ user /km}^2$$

4. Tahun 2020

$$U_4 = 71762 (1 + 0,05)^4$$

$$U_4 = 87227,15 \text{ (87227 jiwa)}$$

$$\text{Jumlah user LTE} = 87227 \times 80\% \times 50\% \times 15\% \times 60\% = 3140,172$$

$$\text{Kepadatan user} = \frac{3140,172}{6,86} = 457,7510 \text{ user /km}^2$$

5. Tahun 2021

$$U_5 = 71762 (1 + 0,05)^5$$

$$U_5 = 91588,5175 \text{ (91589 jiwa)}$$

$$\text{Jumlah user LTE} = 91589 \times 80\% \times 50\% \times 15\% \times 60\% = 3297,204$$

$$\text{Kepadatan user} = \frac{3297,204}{6,86} = 480,6420 \text{ user /km}^2$$

Berdasarkan perhitungan estimasi jumlah pengguna jaringan 4G LTE wilayah Kelurahan Pulo Gebang dalam kurun waktu 2017-2021 didapatkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Estimasi Pelanggan LTE Provider X.

Tahun	Jumlah Penduduk	Jumlah <i>User</i> LTE Provider X	Kepadatan Jumlah (<i>User</i> /km ²)
2017	75350	2713	395,42
2018	79118	2848	415,91
2019	83073	2991	435,95
2020	87227	3140	457,75
2021	91589	3297	480,64

4.1.2 Hasil Perhitungan Kepadatan Trafik

Perhitungan kepadatan trafik dapat menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW$$

Dimana :

OBQ = *Offered Bit Quantity* (kbps/km²)

σ = kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah (jumlah *user*/km²)

p = penetrasi penggunaan tiap layanan (%)

d = lama panggilan efektif (s/call)

BHCA = *Busy Hour Call Attempt* (call/s)

BW = *bit rate* tiap layanan (kbps)

4.1.2.1 Hasil Perhitungan OBQ (*Offered Bit Quantity*) Tahun 2017

Berikut adalah perhitungan OBQ tahun 2017 berdasarkan data yang telah diperoleh :

1. $OBQ.VOIP_{building} = 395,4227/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 3036,84634 \text{ kbps}/km^2$
2. $OBQ.Video_{building} = 395,4227/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,007 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 6377,37731 \text{ kbps}/km^2$
3. $OBQ.FTP_{building} = 395,4227/km^2 \times 40\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 35588,043 \text{ kbps}/km^2$
4. $OBQ.Building_{total} = 3036,84634 \text{ kbps}/km^2 + 6377,37731 \text{ kbps}/km^2 + 35588,043 \text{ kbps}/km^2$
 $= 45002,2666 \text{ kbps}/km^2$
5. $OBQ.VOIP_{pedestrian} = 395,4227/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 1214,73853 \text{ kbps}/km^2$

6. $OBQ.Video_{pedestrian} = 395,4227/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 2915,37248 \text{ kbps}/km^2$
7. $OBQ.FTP_{pedestrian} = 395,4227/km^2 \times 40\% \times 80 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 20245,6422 \text{ kbps}/km^2$
8. $OBQ.Pedestrian_{tot} = 1214,73853 \text{ kbps}/km^2 + 2915,37248 \text{ kbps}/km^2 + 20245,6422 \text{ kbps}/km^2$
 $= 24375,7532 \text{ kbps}/km^2$
9. $OBQ.VOIP_{vehicular} = 395,4227/km^2 \times 20\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 819,948511 \text{ kbps}/km^2$
10. $OBQ.Video_{vehicular} = 395,4227/km^2 \times 20\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 4099,74255 \text{ kbps}/km^2$
11. $OBQ.FTP_{vehicular} = 395,4227/km^2 \times 30\% \times 70 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 19929,3041 \text{ kbps}/km^2$
12. $OBQ.Vehicular_{tot} = 819,948511 \text{ kbps}/km^2 + 4099,74255 \text{ kbps}/km^2 + 19929,3041 \text{ kbps}/km^2$
 $= 24848,9952 \text{ kbps}/km^2$

Berdasarkan perhitungan jumlah OBQ di wilayah Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2017 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2017

Jenis Layanan	Building (kbps/km ²)	Pedestrian (kbps/km ²)	Vehicular (kbps/km ²)
VoIP	3036,84	1214,73	819,94
Video	6377,37	2915,37	4099,74
FTP	35588,04	20245,64	19929,30
Total	45002,26	24375,75	24848,99

$$\begin{aligned}
 \text{OBQ total tahun 2017} &= 45002,2666 \text{ kbps/km}^2 + 24375,7532 \text{ kbps/km}^2 + \\
 &\quad 24848,9952 \text{ kbps/km}^2 \\
 &= 94227,07015 \text{ kbps/km}^2
 \end{aligned}$$

4.1.2.2 Perhitungan OBQ (*Offered Bit Quantity*) Tahun 2018

Berikut adalah perhitungan OBQ tahun 2018 berdasarkan data yang telah diperoleh :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ } OBQ.VOIP_{building} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times \\
 &\quad 64 \text{ kbps} \times 50\% \\
 &= 3188,7065 \text{ kbps/km}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ } OBQ.Video_{building} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,007 \text{ call/sec} \times \\
 &\quad 384 \text{ kbps} \times 50\% \\
 &= 6696,2827 \text{ kbps/km}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \text{ OBQ. } FTP_{\text{building}} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 40\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times \\
&1000 \text{ kbps} \times 50\% \\
&= 37367,649 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
4. \text{ OBQ. } Building_{\text{total}} &= 3188,7065 \text{ kbps}/\text{km}^2 + 6696,2827 \text{ kbps}/\text{km}^2 + \\
&37367,649 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
&= 47252,6382 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
5. \text{ OBQ. } VOIP_{\text{pedestrian}} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times \\
&64 \text{ kbps} \times 20 \% \\
&= 1275,48242 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
6. \text{ OBQ. } Video_{\text{pedestrian}} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times \\
&384 \text{ kbps} \times 20\% \\
&= 3061,15781 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
7. \text{ OBQ. } FTP_{\text{pedestrian}} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 40\% \times 80 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times \\
&1000 \text{ kbps} \times 20\% \\
&= 21258,0403 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
8. \text{ OBQ. } Pedestrian_{\text{tot}} &= 1275,48242 \text{ kbps}/\text{km}^2 + 3061,15781 \text{ kbps}/\text{km}^2 + \\
&21258,0403 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
&= 25594,6805 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
9. \text{ OBQ. } VOIP_{\text{vehicular}} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 20\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times \\
&64 \text{ kbps} \times 30 \% \\
&= 860,950633 \text{ kbps}/\text{km}^2
\end{aligned}$$

- $$\begin{aligned}
 10. \quad OBQ.Video_{vehicular} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 20\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times \\
 &\quad 384 \text{ kbps} \times 30\% \\
 &= 4304,75316 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
 11. \quad OBQ.FTP_{vehicular} &= 415,1961/\text{km}^2 \times 30\% \times 70 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times \\
 &\quad 1000 \text{ kbps} \times 30\% \\
 &= 20925,8834 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
 12. \quad OBQ.Vehicular_{tot} &= 860,950633 \text{ kbps}/\text{km}^2 + 4304,75316 \text{ kbps}/\text{km}^2 + \\
 &\quad 20925,8834 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
 &= 26091,5827 \text{ kbps}/\text{km}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah OBQ di wilayah Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2018 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2018

Jenis Layanan	Building (kbps/km ²)	Pedestrian (kbps/km ²)	Vehicular (kbps/km ²)
VoIP	3188,70	1275,48	860,95
Video	6696,28	3061,15	4304,75
FTP	37367,64	21258,04	20925,88
Total	47252,63	25594,68	26091,58

$$\begin{aligned}
 \text{OBQ total tahun 2018} &= 47252,6382 \text{ kbps}/\text{km}^2 + 25594,6805 \text{ kbps}/\text{km}^2 + \\
 &\quad 26091,5827 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
 &= 98938,9014 \text{ kbps}/\text{km}^2
 \end{aligned}$$

4.1.2.3 Perhitungan OBQ (Offered Bit Quantity) Tahun 2019

Berikut adalah perhitungan OBQ tahun 2019 berdasarkan data yang telah diperoleh :

1. $OBQ.VOIP_{building} = 435,9516/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 3348,10829 \text{ kbps/km}^2$
2. $OBQ.Video_{building} = 435,9516/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,007 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 7021,3506 \text{ kbps/km}^2$
3. $OBQ.FTP_{building} = 435,9516/km^2 \times 40\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 39235,644 \text{ kbps/km}^2$
4. $OBQ.Building_{total} = 3348,10829 \text{ kbps/km}^2 + 7021,3506 \text{ kbps/km}^2 + 39235,644 \text{ kbps/km}^2$
 $= 49605,1029 \text{ kbps/km}^2$
5. $OBQ.VOIP_{pedestrian} = 435,9516/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 1339,24332 \text{ kbps/km}^2$
6. $OBQ.Video_{pedestrian} = 435,9516/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 3214,18396 \text{ kbps/km}^2$

7. $OBQ.FTP_{pedestrian} = 435,9516/km^2 \times 40\% \times 80 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 22320,7219 \text{ kbps}/km^2$
8. $OBQ.Pedestrian_{tot} = 1339,24332 \text{ kbps}/km^2 + 3214,18396 \text{ kbps}/km^2 + 22,3207219$
 $= 26874,1492 \text{ kbps}/km^2$
9. $OBQ.VOIP_{vehicular} = 435,9516/km^2 \times 20\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 903,989238 \text{ kbps}/km^2$
10. $OBQ.Video_{vehicular} = 435,9516/km^2 \times 20\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 4519,94619 \text{ kbps}/km^2$
11. $OBQ.FTP_{vehicular} = 435,9516/km^2 \times 30\% \times 70 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 21971,9606 \text{ kbps}/km^2$
12. $OBQ.Vehicular_{tot} = 903,989238 \text{ kbps}/km^2 + 4519,94619 \text{ kbps}/km^2 + 21971,9606 \text{ kbps}/km^2$
 $= 27395,896 \text{ kbps}/km^2$

Berdasarkan perhitungan jumlah OBQ di wilayah Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2019 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2019

Jenis Layanan	Building (kbps/km ²)	Pedestrian (kbps/km ²)	Vehicular (kbps/km ²)
VoIP	3348,10	1339,24	903,98
Video	7021,35	3214,18	4519,94
FTP	39235,64	22320,72	21971,96
Total	49605,10	26874,14	27395,89

$$\begin{aligned}
 \text{OBQ total tahun 2019} &= 49605,1029 \text{ kbps/km}^2 + 26874,1492 \text{ kbps/km}^2 + \\
 &\quad 27395,896 \text{ kbps/km}^2 \\
 &= 103875,748 \text{ kbps/km}^2
 \end{aligned}$$

4.1.2.4 Perhitungan OBQ (*Offered Bit Quantity*) Tahun 2020

Berikut adalah perhitungan OBQ tahun 2020 berdasarkan data yang telah diperoleh :

1. $OBQ.VOIP_{building} = 457,7510/\text{km}^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 3515,52768 \text{ kbps/km}^2$
2. $OBQ.Video_{building} = 457,7510/\text{km}^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,007 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 7382,60813 \text{ kbps/km}^2$

3. $OBQ.FTP_{building} = 457,7510/km^2 \times 40\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 41197,59 \text{ kbps}/km^2$
4. $OBQ.Building_{total} = 3515,52768 \text{ kbps}/km^2 + 7382,60813 \text{ kbps}/km^2 + 41197,59 \text{ kbps}/km^2$
 $= 52095,7258 \text{ kbps}/km^2$
5. $OBQ.VOIP_{pedestrian} = 457,7510/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 20 \%$
 $= 1406,21107 \text{ kbps}/km^2$
6. $OBQ.Video_{pedestrian} = 457,7510/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 3374,90657 \text{ kbps}/km^2$
7. $OBQ.FTP_{pedestrian} = 457,7510/km^2 \times 40\% \times 80 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 23436,8512 \text{ kbps}/km^2$
8. $OBQ.Pedestrian_{tot} = 1406,21107 \text{ kbps}/km^2 + 3374,90657 \text{ kbps}/km^2 + 23436,8512 \text{ kbps}/km^2$
 $= 28217,9688 \text{ kbps}/km^2$
9. $OBQ.VOIP_{vehicular} = 457,7510/km^2 \times 20\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 30 \%$
 $= 949,192474 \text{ kbps}/km^2$

$$\begin{aligned}
10. \text{OBQ.Video}_{Vehicular} &= 457,7510/\text{km}^2 \times 20\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times \\
&\quad 384 \text{ kbps} \times 30\% \\
&= 4745,96237 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
11. \text{OBQ.FTP}_{Vehicular} &= 457,7510/\text{km}^2 \times 30\% \times 70 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times \\
&\quad 1000 \text{ kbps} \times 30\% \\
&= 23070,6504 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
12. \text{OBQ.Vehicular}_{tot} &= 949,192474 \text{ kbps}/\text{km}^2 + 4745,96237 \text{ kbps}/\text{km}^2 + \\
&\quad 23070,6504 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
&= 28765,8052 \text{ kbps}/\text{km}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah OBQ di wilayah Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2020 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2020

Jenis Layanan	Building (kbps/km ²)	Pedestrian (kbps/km ²)	Vehicular (kbps/km ²)
VoIP	3515,52	1406,21	949,19
Video	7382,60	3374,90	4745,96
FTP	41197,59	23436,85	23070,65
Total	52095,72	28217,96	28765,80

$$\begin{aligned}
\text{OBQ total tahun 2020} &= 52095,7258\text{kbps}/\text{km}^2 + 28217,9688\text{kbps}/\text{km}^2 + \\
&\quad 28765,8052 \text{ kbps}/\text{km}^2 \\
&= 109079,5 \text{ kbps}/\text{km}^2
\end{aligned}$$

4.1.2.5 Perhitungan OBQ (Offered Bit Quantity) Tahun 2021

Berikut adalah perhitungan OBQ tahun 2021 berdasarkan data yang telah diperoleh

1. $OBQ.VOIP_{building} = 480,6420/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 3691,33056 \text{ kbps}/km^2$
2. $OBQ.Video_{building} = 480,6420/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,007 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 7751,79418 \text{ kbps}/km^2$
3. $OBQ.FTP_{building} = 480,6420/km^2 \times 40\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 50\%$
 $= 43257,78 \text{ kbps}/km^2$
4. $OBQ.Building_{total} = 3691,33056 \text{ kbps}/km^2 + 7751,79418 \text{ kbps}/km^2 + 43257,78 \text{ kbps}/km^2$
 $= 54700,9047 \text{ Mbps}$
5. $OBQ.VOIP_{pedestrian} = 480,6420/km^2 \times 50\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 1476,53222 \text{ kbps}/km^2$

6. $OBQ.Video_{pedestrian} = 480,6420/km^2 \times 30\% \times 40 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 3543,67734 \text{ kbps}/km^2$
7. $OBQ.FTP_{pedestrian} = 480,6420/km^2 \times 40\% \times 80 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 20\%$
 $= 24608,8704 \text{ kbps}/km^2$
8. $OBQ.Pedestrian_{tot} = 1476,53222 \text{ kbps}/km^2 + 3543,67734 \text{ kbps}/km^2 + 24608,8704 \text{ kbps}/km^2$
 $= 29629,08 \text{ kbps}/km^2$
9. $OBQ.VOIP_{vehicular} = 480,6420/km^2 \times 20\% \times 60 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 64 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 996,659251 \text{ kbps}/km^2$
10. $OBQ.Video_{vehicular} = 480,6420/km^2 \times 20\% \times 50 \text{ sec/call} \times 0,009 \text{ call/sec} \times 384 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 4983,29626 \text{ kbps}/km^2$
11. $OBQ.FTP_{vehicular} = 480,6420/km^2 \times 30\% \times 70 \text{ sec/call} \times 0,008 \text{ call/sec} \times 1000 \text{ kbps} \times 30\%$
 $= 24224,3568 \text{ kbps}/km^2$
12. $OBQ.Vehicular_{tot} = 996,659251 \text{ kbps}/km^2 + 4983,29626 \text{ kbps}/km^2 + 24,2243568 \text{ kbps}/km^2$
 $= 30,2043123 \text{ kbps}/km^2$

Berdasarkan perhitungan jumlah OBQ di wilayah Kelurahan Pulo Gebang Tahun 2021 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Jumlah OBQ Tahun 2021

Jenis Layanan	Building (kbps/km ²)	Pedestrian (kbps/km ²)	Vehicular (kbps/km ²)
VoIP	3691,33	1476,53	996,65
Video	7751,79	3543,67	4983,29
FTP	43257,78	24608,87	24224,35
Total	54700,90	29629,08	30204,31

$$\begin{aligned}
 \text{OBQ total tahun 2021} &= 54700,9047 \text{ kbps/km}^2 + 29629,08 \text{ kbps/km}^2 + \\
 &\quad 30204,3123 \text{ kbps/km}^2 \\
 &= 114534,297 \text{ kbps/km}^2
 \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Kapasitas

Berikut untuk menghitung kapasitas pada *Enode B* dapat digunakan Persamaan

2.1 :

$$\text{Peak bit rate} = N. \text{ bit tiap simbol} \times N. \text{ sub carrier} \times N. \text{ simbol per sub frame}$$

Dimana :

N. bit tiap simbol = Jumlah bit tiap simbol (tergantung skema modulasi)

N. sub carrier = Jumlah *sub carrier* yang terdapat pada *bandwidth*

N. Simbol per sub frame = $\frac{\text{Jumlah Simbol per sub frame}}{1 \text{ ms}}$

Contoh untuk perhitungan *Enode B* dengan *bandwidth* 20 MHz dan modulasi 64 QAM, maka :

$$\begin{aligned} \text{Peak bit rate} &= \frac{6 \text{ bit}}{\text{simbol/sub carrier}} \times 1200 \text{ sub carrier} \times \frac{14 \text{ simbol}}{1 \text{ ms}} = 100800 \frac{\text{bit}}{1 \text{ ms}} \\ &= 100800 \frac{\text{bit}}{1 \text{ ms}} \times \frac{1000 \text{ ms}}{\text{s}} = 100800000 \text{ bps} = 100,8 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan perhitungan kapasitas pada *Enode B* didapatkan Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Penggunaan *Bandwidth* dan Modulasi Perencanaan LTE

Bandwidth (MHz)	Modulasi		
	QPSK	16QAM	64QAM
1,4	2,016 Mbps	4,032 Mbps	6,048 Mbps
3	5,04 Mbps	10,08 Mbps	15,12 Mbps
5	8,4 Mbps	16,8 Mbps	25,2 Mbps
10	16,8 Mbps	33,6 Mbps	50,4 Mbps
15	25,2 Mbps	50,4 Mbps	75,6 Mbps
20	33,6 Mbps	67,2 Mbps	100,8 Mbps

Asumsi area yang terjangkau oleh *mapper* 64 QAM dengan bandwidth 10 MHz maka akan didapatkan kapasitas 50,4 mbps seperti yang terlihat pada tabel 4.6 dengan asumsi masing-masing sel sebanyak 3 sektor atau sektorisasi 120 derajat sehingga kapasitas *Enode B* menjadi 151,2 mbps, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

4.1.3.1 Perhitungan Jumlah *Enode B* Tahun 2017

Berdasarkan perhitungan nilai OBQ pada tahun 2017, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Luas sel} = \frac{\text{Kapasitas Enode B}}{\text{OBQ.total}}$$

$$\text{Luas sel} = \frac{151,2 \text{ Mbps}}{94,22 \text{ Mbps/km}^2} = 1,60 \text{ km}^2$$

$$\text{Jumlah EnodeB} = \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Sel}}$$

$$= \frac{6,86 \text{ km}^2}{1,6 \text{ km}^2} = 4,2875 \approx 5 \text{ Enode B}$$

$$\text{Radius Sel} = \sqrt{\frac{L}{2,6}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,6 \text{ km}^2}{2,6}} = 0,784 \text{ km}^2$$

4.1.3.2 Perhitungan Jumlah *Enode B* Tahun 2018

Berdasarkan perhitungan nilai OBQ pada tahun 2018, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

$$\text{Luas sel} = \frac{\text{Kapasitas Enode B}}{\text{OBQ.total}}$$

$$\text{Luas sel} = \frac{151,2 \text{ Mbps}}{98,94 \text{ Mbps/km}^2} = 1,53 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah EnodeB} &= \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Sel}} \\ &= \frac{6,86 \text{ km}^2}{1,53 \text{ km}^2} = 4,48 \approx 5 \text{ Enode B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Radius Sel} &= \sqrt{\frac{L}{2,6}} \\ &= \sqrt{\frac{1,53 \text{ km}^2}{2,6}} = 0,766 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

4.1.3.3 Perhitungan Jumlah *Enode B* Tahun 2019

Berdasarkan perhitungan nilai OBQ pada tahun 2019, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

$$\text{Luas sel} = \frac{\text{Kapabilitas Enode B}}{\text{OBQ.total}}$$

$$\text{Luas sel} = \frac{151,2 \text{ Mbps}}{103,88 \text{ Mbps/km}^2} = 1,46 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah EnodeB} &= \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Sel}} \\ &= \frac{6,86 \text{ km}^2}{1,46 \text{ km}^2} = 4,70 \approx 5 \text{ Enode B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Radius Sel} &= \sqrt{\frac{L}{2,6}} \\ &= \sqrt{\frac{1,46 \text{ km}^2}{2,6}} = 0,749 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

4.1.3.4 Perhitungan Jumlah *Enode B* Tahun 2020

Berdasarkan perhitungan nilai OBQ pada tahun 2020, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

$$\text{Luas sel} = \frac{\text{Kapabilitas Enode B}}{\text{OBQ.total}}$$

$$\text{Luas sel} = \frac{151,2 \text{ Mbps}}{109,08 \text{ Mbps/km}^2} = 1,39 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah EnodeB} &= \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Sel}} \\ &= \frac{6,86 \text{ km}^2}{1,39 \text{ km}^2} = 4,94 \approx 5 \text{ Enode B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Radius Sel} &= \sqrt{\frac{L}{2,6}} \\ &= \sqrt{\frac{1,39 \text{ km}^2}{2,6}} = 0,731 \text{ km} \end{aligned}$$

4.1.3.5 Perhitungan Jumlah *Enode B* Tahun 2021

Berdasarkan perhitungan nilai OBQ pada tahun 2021, maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut

$$\text{Luas sel} = \frac{\text{Kapabilitas EnodeB}}{\text{OBQ.total}}$$

$$\text{Luas sel} = \frac{151,2 \text{ Mbps}}{114,53 \text{ Mbps/km}^2} = 1,32 \text{ km}^2$$

$$\text{Jumlah EnodeB} = \frac{\text{Luas Area Perencanaan}}{\text{Luas Sel}}$$

$$= \frac{6,86 \text{ km}^2}{1,32 \text{ km}^2} = 5,196 \approx 6 \text{ Enode B}$$

$$\text{Radius Sel} = \sqrt{\frac{L}{2,6}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,32 \text{ km}^2}{2,6}} = 0,712 \text{ km}^2$$

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Hipotesis yang teruji dibahas berdasarkan teori dan/atau hasil penelitian yang relevan untuk menunjukkan bahwa hasil penelitian mendukung atau tidak mendukung teori dan/atau hasil penelitian yang relevan. Sedangkan hipotesis yang tidak teruji dibahas dengan mengemukakan argumentasi mengapa hipotesis tersebut tidak teruji. Dalam pembahasan hasil juga dijelaskan keterbatasan penelitian. (Yusro, 2015: 36)

Berdasarkan hasil perhitungan Estimasi pengguna jaringan 4G LTE, *offered bit quantity*, luas sel, radius sel, dan jumlah *Enode B*. Maka didapatkan hasil perhitungan yang ditunjukkan Tabel 4.10

Tabel 4.10 Data Hasil Perhitungan Penelitian

Tahun	Jumlah <i>User</i>	Kepadatan (<i>User/km</i> ²)	OBQ Total (kbps/km ²)	Luas Sel (km ²)	Radius Sel (km)	Jumlah <i>Enode B</i>	Jumlah <i>Enode B</i>
2017	2713	395,4227	94227,07	1,60	0,784	4,28	5
2018	2848	415,1961	98938,90	1,53	0,766	4,48	5
2019	2991	435,9516	103875,74	1,46	0,749	4,70	5
2020	3140	457,7510	109079,50	1,39	0,731	4,94	5
2021	3297	480,6420	114534,29	1,32	0,712	5,20	6

Berdasarkan perhitungan tahun 2017 jumlah *user* 2713 jiwa dengan kepadatan 395,4227 jiwa/km² menghasilkan *offered bit quantity* sebesar 94227,07015 kbps/km² maka luas sel yang didapatkan adalah 1,60 km² dengan radius sel 0,784 km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah 4,2875.

Berdasarkan perhitungan tahun 2018 jumlah *user* mengalami peningkatan menjadi 2848 jiwa dengan kepadatan 415,1961 jiwa/km² juga menghasilkan peningkatan *offered bit quantity* menjadi 98938,9014 kbps/km² maka luas sel yang didapatkan mengalami penurunan menjadi 1,53 km² dengan radius sel 0,766 km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah 4,48

Berdasarkan perhitungan tahun 2019 jumlah *user* mengalami peningkatan menjadi 2991 jiwa dengan kepadatan 435,9516 jiwa/km² juga menghasilkan peningkatan *offered bit quantity* menjadi 103875,748 kbps/km² maka luas sel yang didapatkan mengalami penurunan menjadi 1,46 km² dengan radius sel 0,749 km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah 4,70

Berdasarkan perhitungan tahun 2020 jumlah *user* mengalami peningkatan menjadi 3140 jiwa dengan kepadatan 457,7510 jiwa/km² juga menghasilkan peningkatan *offered bit quantity* menjadi 109079,5 kbps/km² maka luas sel yang didapatkan mengalami penurunan menjadi 1,39 km² dengan radius sel 0,731 km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah 4,94.

Berdasarkan perhitungan tahun 2021 jumlah *user* mengalami peningkatan menjadi 3297 jiwa dengan kepadatan 480,6420 jiwa/km² juga menghasilkan

peningkatan *offered bit quantity* menjadi 114534,297 kbps/km² maka luas sel yang didapatkan mengalami penurunan menjadi 1,32 km² dengan radius sel 0,712 km² sehingga jumlah *Enode B* yang dibutuhkan adalah 5,196

Berdasarkan uraian Tabel 4.10 dapat dikatakan jumlah kebutuhan *Enode B* setiap tahunnya berdasarkan kapasitas terus mengalami peningkatan sesuai dengan meningkatnya jumlah *user* atau pelanggan yang membuat nilai *offered bit quantity* juga terus mengalami peningkatan akan tetapi berbanding terbalik dengan luas sel dan radius sel yang mengalami penurunan setiap tahunnya.

Berdasarkan hipotesis yang pertama yaitu “terdapat pengaruh nilai pertumbuhan jumlah pengguna jaringan 4G LTE terhadap nilai OBQ total di Kelurahan Pulo Gebang” dapat dinyatakan hipotesis tersebut adalah benar, karena terjadi korelasi yang positif diantara keduanya. Hal ini dapat dibuktikan berdasarkan Tabel 4.10 jumlah pelanggan yang meningkat setiap tahunnya menyebabkan nilai OBQ atau *throughput* pelanggan per km² pada jam sibuk terus mengalami peningkatan, hal ini juga berbanding lurus apabila jumlah pelanggan mengalami penurunan sehingga menyebabkan nilai OBQ atau *throughput* pelanggan per km² pada jam sibuk juga ikut mengalami penurunan.

Berdasarkan hipotesis yang kedua yaitu “terdapat pengaruh nilai OBQ total di Kelurahan Pulo Gebang terhadap jumlah *Enode B* yang dibutuhkan” dapat dinyatakan hipotesis tersebut adalah benar, karena terjadi korelasi yang positif diantara keduanya. Hal ini dapat dibuktikan berdasarkan tabel 4.10 jumlah OBQ atau *throughput* pelanggan

per km^2 pada jam sibuk yang terus meningkat setiap tahun juga mempengaruhi jumlah *Enode B* yang dibutuhkan, hal ini disebabkan oleh luas sel yang terus menyempit setiap tahunnya karena kapasitas *Enode B* yang terbatas sehingga tidak semua pelanggan dalam radius $1 km^2$ dapat terlayani sepenuhnya sehingga menyebabkan dibutuhkan penambahan *Enode B* baru jika sudah melewati batas kapasitas perencanaan kebutuhan *Enode B* tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis, peningkatan jumlah pengguna jaringan 4G LTE wilayah Kelurahan Pulo Gebang setiap tahun mempengaruhi nilai OBQ atau throughput pelanggan per km² pada jam sibuk sehingga mempengaruhi jumlah *Enode B* yang dibutuhkan.
2. Jumlah *Enode B* yang dibutuhkan dalam kurun waktu 2017-2020 adalah 5 *Enode B* sedangkan pada tahun 2021 dibutuhkan 6 *Enode B*.

5.2 Saran

Adapun saran-saran dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Disarankan bagi peniliti selanjutnya sebaiknya menambahkan *coverage planning* agar perhitungan jumlah *Enode B* lebih sinkron dengan *capacity planning*.

2. Bagi perusahaan provider sebaiknya menghitung kebutuhan *Enode B* beberapa tahun kedepan agar kapasitas yang tersedia sesuai untuk kebutuhan yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

[FT] Fakultas Teknik. 2015. Buku Panduan Penyusunan Skripsi Dan Non Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Damayanti, Lolita. (2017). *Laporan Tahun 2016 Sekretaris Kelurahan Pulo Gebang*. Jakarta:

Kurniawan Usman, Uke. (2011) *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Bandung: Penerbit Rekayasa Sains

Pranoto, Slamet. (2015). *Materi 4G LTE Karyawan PT. Telkomsel*. Jakarta.

Muninjaya, AA. (2003). *Langkah-Langkah Praktis Penyusunan Proposal dan Publikasi Ilmiah*. Jakarta: PT. EGC.

<http://kbbi.web.id/> diakses pada tanggal 10 Juli 2017 pada pukul 15.00 WIB.

Ariyanti, Sri.(2014). *Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel*. Jakarta.

Huawei (2011). *Enode B LTE FDD Product Description*.

Abdul Basyid, Syed. *Dimensioning of LTE Network* [Thesis] . Finlandia : Helsinki University of Technology

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan dibawah ini kami atas nama **Kantor Kelurahan Pulo Gebang Jakarta Timur** :

Nama : Lolita Damayanti,SKM
NIP/NRK : 197112101997032004/161581
Jabatan : Sekretaris Kelurahan Pulo Gebang

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Muhamad Ridwan
NIM : 5215134337
Prodi : Pendidikan Teknik Elektronika
Universitas Negeri Jakarta

Telah melakukan penelitian untuk keperluan skripsi yang berjudul ***“Analisis dan Perencanaan Kebutuhan eNodeB Jaringan 4G LTE Wilayah Kelurahan Pulo Gebang”*** di Kantor Kelurahan Pulo Gebang.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Jakarta 31 Juli 2017

Sekretaris Kelurahan Pulo Gebang



Lolita Damayanti, SKM
197112101997032004

Keterangan :

1.	Luas Wilayah Kelurahan	685,81	Ha
2.	Laju Pertumbuhan Penduduk	5	%
3.	Jumlah RT	195	RT
4.	Jumlah RW	17	RW
5.	Jumlah KK	32.650	Jiwa
7.	Jumlah Kepala keluarga Laki-laki	26.006	KK
8.	Jumlah Kepala keluarga Perempuan	6.644	KK
	Jumlah Penduduk Wajib KTP	72.978	Jiwa
	Penduduk yang pindah ke Bogor	-	Jiwa
	Tangerang	-	Jiwa
	Bekasi	-	Jiwa

**JUMLAH PENUDUK MENURUT
PENDIDIKAN DAN PEKERJAAN**

KELURAHAN PULO GEBANG
KECAMATAN CAKUNG
KOTA ADM JAK TIM

TAHUN : 2016

No	Pekerjaan	JENIS KELAMIN		
		LAKI-LAKI	PEREMPUAN	JUMLAH
	Jumlah Penduduk	54.105	52.707	106.812
	Jml Kepala Keluarga	26.006	6.644	32.650
PENDIDIKAN TERTINGGI				
1	Tidak sekolah	-	-	-
2	Belum Sekolah	8.393	5.796	14.189
3	Tamat SD	8.993	8.699	17.692
4	Tamat SLTP	9.976	9.944	19.920
5	Tamat SLTA	19.896	19.869	39.765
6	Tamat Akademi / PT.	6.850	8.346	15.196
PEKERJAAN				
1	Tani	3	3	6
2	Kary.Swasta/Pemerintah/ABRI	17.074	10.767	27.841
3	Pedagang	3.398	4.288	7.686
4	Nelayan			
5	Buruh Tani			
6	Pensiunan	2.996	2.999	5.995
7	Pertukangan	4.897	3.899	8.796
8	Pengangguran	991	2899	3.890
9	Fakir Miskin	441	479	920
10	Lain-lain	24.308	27.370	51.678
DROP OUT (PUTUS SEKOLAH)				
1	Tidak Sekolah	26	26	52

3	Dari SMP	36	37	73
4	Dari SLA	46	47	93
5	Dari Akademi/PT	17	17	34

**SUSUNAN PENDUDUK MENURUT UMUR DAN JENIS KELAMIN
PER KELURAHAN**

TAHUN : 2016

KELURAHAN PULO GEBANG KEC. CAKUNG

KOTA ADMINISTRASI JAK TIM

NO	UMUR	WNI			WNA			JUMLAH SELURUHNYA
		LK	PR	JML	LK	PR	JML	
1	0 – 4	4842	4402	9244				9244
2	5 – 9	4761	5040	9801				9801
3	10 – 14	4591	4602	9193				9193
4	15 – 19	3865	3691	7556				7556
5	20 – 24	3443	4065	7508				7508
6	25 – 29	4655	4697	9352				9352
7	30 – 34	5245	5259	10504				10504
8	35 – 39	4589	4678	9267	3	4	7	9274
9	40 – 44	4775	4042	8817				8817
10	45 – 49	3689	3432	7121				7121
11	50 – 54	3529	3287	6816				6816
12	55 – 59	2395	2419	4814				4814
13	60 – 64	1890	1419	3309				3309
14	65 – 69	887	729	1616				1616
15	70 – 74	595	676	1271				1271
16	75 KEATAS	351	265	616				616
JUMLAH		54.102	52.703	106.805	3	4	7	106.812

B. Rekap Pelayanan Masyarakat bidang kependudukan tahun 2016

NO	Jenis pelayanan Masyarakat	Jumlah
1.	K T P	8.044
2.	Kartu Keluarga (KK)	7.845
3.	Surat Keterangan Lahir	3.051
4.	Surat keterangan Mati	463
5.	Surat Keterangan Pindah	1.707
6.	Pendatang dari dalam DKI	237
7.	Pendatang dari Luar DKI	1.136
<i>Jumlah</i>		22.483

BIODATA PENULIS



Muhamad Ridwan, lahir di Jakarta pada tanggal 6 Agustus 1995 dari pasangan Bapak H. Amirudin dan Ibu Nasroh sebagai anak kedua dari dua bersaudara. Memiliki nama panggilan Ridwan yang bertempat tinggal di Jalan Pahlawan Komarudin No. 50, Pulo Gebang, Jakarta Timur. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Pulo Gebang 03 Pagi pada tahun 2001 dan lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 138 Jakarta pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2010. Lalu penulis melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 5 Jakarta pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2013. Hingga akhirnya tamat Sekolah Menengah Kejuruan, penulis melanjutkan ke jenjang Perguruan Tinggi pada tahun 2013 di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Konsentrasi Peminatan Telekomunikasi.