



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERENCANAAN TAHAP AWAL JARINGAN RADIO  
UNTUK KOMUNIKASI KESELAMATAN PUBLIK  
PADA FREKUENSI 700 MHZ DI WILAYAH DKI JAKARTA**

**SKRIPSI**

**ARDYAN INDRA PRAMANA PUTRA  
06 06 02 9353**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERENCANAAN TAHAP AWAL JARINGAN RADIO  
UNTUK KOMUNIKASI KESELAMATAN PUBLIK  
PADA FREKUENSI 700 MHZ DI WILAYAH DKI JAKARTA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**ARDYAN INDRA PRAMANA PUTRA  
06 06 02 9353**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,**

**dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk**

**telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Ardyan Indra Pramana Putra**

**NPM : 0606029353**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 12 Juni 2010**

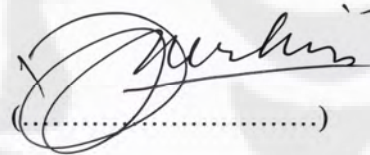
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Ardyan Indra Pramana Putra  
NPM : 0606029353  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : “Perencanaan Tahap Awal Jaringan Radio untuk Komunikasi Keselamatan Publik pada Frekuensi 700 MHz di Wilayah DKI Jakarta”

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

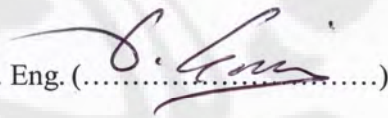
## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Djamhari Sirat M.Sc., Ph.D

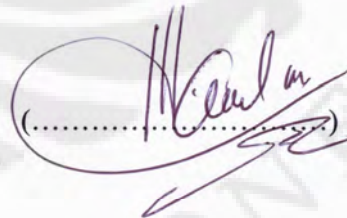


(.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan M. Eng. (.....)



Penguji : Dr. Ir. Muhammad Asvial M. Eng.



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli 2010

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, sebab hanya karena kasih, kemurahan dan bimbinganNya saja penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi tanpa adanya suatu halangan yang berarti.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sekaligus penghargaan yang setinggi tingginya kepada segenap pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah memberi bantuan maupun dukungan dalam penulisan skripsi ini, khususnya kepada :

1. Ir. Djamhari Sirat, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Gerson Damanik. S.Kom, M.T. Direktorat Kelembagaan Internasional Ditjen Postel Depkominfo, selaku pembimbing kedua, terima kasih atas bimbingan dan kerjasamanya.
3. Bapak Bastari Miral, yang telah berkenan meluangkan waktu untuk bediskusi, berbagi ilmu dan memberikan masukan.
4. Teman-teman satu angkatan Teknik Elektro UI 2006 atas dukungan dan bantuannya.
5. Ibu, Kakak, Nenek dan segenap keluarga Sragen tercinta yang tak kenal lelah dan putus asa memberi semangat, doa serta dukungan.
6. Segenap Civitas Akademika Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia yang selama ini telah memberikan support dan bantuannya terutama dalam menyelesaikan skripsi ini
7. Bapa di Surga.

Penulis berharap, skripsi ini dapat memberi suatu manfaat kepada setiap pembaca, dengan memberi informasi sekaligus menambah wawasan kepada setiap pembaca.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis menerima adanya saran dan kritik yang membangun, agar dapat menjadikan pembelajaran bagi penulis di masa yang akan datang. Demikian atas perhatiannya penulis ucapkan terima kasih.

Depok, 12 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardyan Indra Pramana Putra  
NPM : 0606029353  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Perencanaan Tahap Awal Jaringan Radio untuk Komunikasi Keselamatan Publik pada Frekuensi 700 MHz di Wilayah DKI Jakarta”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 14 Juni 2010

Yang menyatakan

(.....)

## ABSTRAK

Nama : Ardyan Indra Pramana Putra  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : “Perencanaan Tahap Awal Jaringan Radio untuk Komunikasi Keselamatan Publik pada Frekuensi 700 MHz di Wilayah DKI Jakarta”

Keselamatan Publik merupakan suatu hal yang penting dalam membentuk rasa aman dan nyaman di dalam masyarakat demi terciptanya stabilitas nasional. DKI Jakarta sebagai Ibu Kota Negara Indonesia dirasa sangat perlu memiliki sistem komunikasi yang handal dalam mendukung koordinasi antar instansi pendukung keselamatan publik. Saat ini masing-masing instansi memiliki sistem komunikasi sendiri-sendiri dengan standar teknologi dan frekuensi yang berbeda sehingga belum mendukung *interoperability* dan menjadi kendala dalam koordinasi antar instansi. Oleh karena itu, dalam skripsi ini akan dijelaskan tentang perencanaan tahap awal jaringan radio untuk komunikasi keselamatan publik di DKI Jakarta yang mengintegrasikan sistem komunikasi masing-masing instansi menjadi satu jaringan privat berbasis selular pada frekuensi 700 MHz yang memiliki satu pusat pengelolaan informasi dan koordinasi. Jaringan yang direncanakan adalah jaringan *mobile broadband* yang mendukung layanan berbasis *multimedia* dengan perkiraan kebutuhan jumlah pengguna hingga 2020. Teknologi pendukung yang digunakan adalah LTE dan *mobile WiMax* dengan memberi analisis tentang kapasitas *base station* dan spektrum yang dibutuhkan serta memberi analisis tentang kelebihan dan kekurangan dari implementasi kedua teknologi tersebut. Dalam skripsi ini juga memberikan gambaran skenario penanganan dan koordinasi dalam sistem keselamatan publik. Dimana dari perhitungan untuk menjangkau wilayah DKI Jakarta dan Kepulauan Seribu dibutuhkan 19 *base station* untuk LTE dan 16 *base station* untuk *mobile WiMAX*, dan berdasarkan dengan skenario diperlukan kapasitas masing-masing sektor 9 Mbps untuk LTE, 10 Mbps untuk *mobile WiMAX* pada tahun 2010, 10 Mbps untuk LTE, 12 Mbps untuk *mobile WiMAX* pada tahun 2015, dan 19 Mbps untuk LTE, 24 Mbps untuk *mobile WiMAX* pada tahun 2020.

Kata kunci :

Komunikasi keselamatan publik, perencanaan tahap awal jaringan radio, LTE, *mobile WiMAX*.



## ABSTRACT

Name : Ardyan Indra Pramana Putra  
Major : Electrical Engineering  
Title : “Radio Network Initial Planning for 700 MHz Public Safety Communication in DKI Jakarta”

Public safety is important to providing security and accessible to the society in order to built an national stability. DKI Jakarta as the capital of Indonesia is very necessary to have a reliable public safety communication to support coordinating between public safety agency, because nowadays each agency has its own communication system with different technology standard and frequencies so do not support interoperability and become an obstacle in interagency coordination. Therefore, this thesis will explain about radio network initial planning for public safety communication in DKI Jakarta that integrate each agency communications systems into a single private network provider based on cellular system work on 700 MHz which has one central management of information and coordination Planned network is a mobile broadband network that supports multimedia-based services with estimation number of users until 2020. The supporting technology that used are LTE and mobile WiMAX with give analysis about requirement base station capacity and spectrum requirement also give the advantages and disadvantages about LTE and mobile WiMAX implementation. In this Thesis also give the scenario about handling and coordinating public safety system. According the calculation to coverage DKI Jakarta and Kepulauan Seribu area we need 19 base station for LTE and 16 base station for mobile WiMAX and according the scenario every sector on base station needed capacity 9 Mbps for LTE and 10 Mbps for mobile WiMAX on 2010, 10 Mbps for LTE and 12 Mbps for mobile WiMAX on 2015, 19 Mbps for LTE and 24 Mbps for mobile WiMAX on 2020.

Key Words :

public safety communication, radio network initial planning, LTE, mobile WiMAX.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.1.1. Kondisi Sistem Komunikasi Keselamatan Publik Eksisting.....	2
1.1.2. Kondisi dan Rencana Sistem Komunikasi Keselamatan Publik di Beberapa Negara .....	7
1.1.3. Penyeragaman Frekuensi Sistem Komunikasi Keselamatan Publik.....	9
1.1.4. Pemanfaatan Frekuensi 700 MHz .....	11
1.2. Perumusan Masalah.....	16
1.3. Tujuan Penulisan .....	16
1.4. Batasan Masalah .....	16
1.5. Metodologi Penelitian .....	17
1.6. Sistematika Penulisan.....	17
<b>2. PERENCANAAN JARINGAN RADIO .....</b>	<b>19</b>
2.1. Konsep Desain Jaringan .....	19
2.2. Teknologi Pendukung.....	20
2.2.1. <i>Long Term Evolution</i> (LTE) .....	20
2.2.2. <i>Worldwide Interoperability for Microwave Acces</i> (WiMAX)...	22
2.2.3. Teknologi Pendukung LTE dan <i>mobile</i> WiMAX.....	24
2.3. Proses Perencanaan Jaringan Radio .....	27
2.4. <i>Radio Link Budget</i> .....	29
2.5. Model Propagasi Gelombang Radio.....	30
2.5.1. Model Okumura Hatta.....	31
2.5.2. Model Walfish-Ikegami.....	32
2.5.3. Model Ray Tracing.....	32
2.6. Perencanaan <i>Coverage Area</i> .....	33
2.7. Perencanaan Kapasitas .....	34
2.7.1. Perencanaan Kapasitas <i>Base Station</i> .....	34
2.7.2. <i>Contention Ratio</i> .....	36
2.7.3. Perkiraan Kapasitas Jaringan.....	37

<b>3. NETWORK DIMENSIONING</b> .....	38
3.1. Perhitungan Kebutuhan Pengguna .....	38
3.2.1. Jumlah dan Pertumbuhan Penduduk DKI Jakarta .....	38
3.2.1. Kebutuhan Personel Badan Nasional Penanggulangan Bencana .....	40
3.2.1. Kebutuhan Pemda DKI Jakarta .....	41
3.2.1. Kebutuhan Personel Pemadam Kebakaran.....	44
3.2.1. Kebutuhan Personel Kepolisian .....	45
3.2.1. Kebutuhan Petugas Kesehatan .....	45
3.2. Jenis Layanan yang Disediakan .....	47
3.2. Perhitungan Kebutuhan <i>Bandwidth</i> .....	48
3.2. Perhitungan Jumlah <i>Base Station</i> .....	50
3.2. <i>Throughput</i> per Sektor.....	52
<b>4. PEMBAHASAN DAN ANALISIS</b> .....	56
4.1. Analisis <i>Coverage Area</i> dan Kapasitas <i>Base Station</i> .....	56
4.2. Analisis Kebutuhan <i>Bitrate</i> .....	58
4.3. Analisis Pemilihan Teknologi .....	61
4.4. Skenario Penanganan dan Koordinasi .....	64
<b>5. KESIMPULAN</b> .....	70
<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	71
<b>LAMPIRAN</b> .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Jaringan komunikasi data Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana (Damkar-PB) Provinsi DKI Jakarta (sumber Dinas Pemadam Kebakaran DKI Jakarta).....	4
Gambar 1.2.	<i>Public Safety Broadband Network Architecture</i> .....	8
Gambar 1.3.	Pembagian Frekuensi 700 MHz oleh FCC.....	10
Gambar 1.4.	Pengalokasian Frekuensi 700 MHz WRC-07 .....	11
Gambar 1.5.	Pembagian Pemanfaatan Frekuensi 700 MHz untuk <i>Public Safety</i> Berdasarkan FCC .....	13
Gambar 1.6.	Perbandingan <i>Coverage Area</i> .....	14
Gambar 1.7.	Perbandingan Daya Yang Diterima .....	15
Gambar 1.8.	Grafik Perbandingan Frekuensi Dengan Jumlah <i>Base Station</i> yang Diperlukan .....	16
Gambar 2.1.	Konsep Jaringan Seluler .....	20
Gambar 2.2.	Arsitektur Jaringan LTE .....	21
Gambar 2.3.	Arsitektur Jaringan <i>mobile</i> WiMAX .....	23
Gambar 2.4.	Perbandingan OFDMA dengan FDMA .....	24
Gambar 2.5.	<i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i> OFDMA .....	25
Gambar 2.6.	<i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i> SC-FDMA .....	26
Gambar 2.7.	Skema MIMO .....	27
Gambar 2.8.	Proses Perencanaan Jaringan Radio.....	28
Gambar 2.9.	Parameter <i>Link Budget</i> .....	29
Gambar 2.10.	Konfigurasi <i>Frequency Reuse</i> .....	35
Gambar 3.1.	Pembagian Kategori Wilayah DKI Jakarta.....	50
Gambar 3.2.	Grafik Sebaran Probabilitas SNR OFDMA.....	53
Gambar 3.3.	Grafik Efisiensi Spektrum LTE.....	53
Gambar 3.4.	Grafik Efisiensi Spektrum <i>Mobile</i> WiMAX.....	55
Gambar 4.1.	Grafik Kapasitas yang Dibutuhkan per Sektor DKI Jakarta.....	57
Gambar 4.2.	Grafik Kebutuhan <i>Bandwidth vs Throughput Mobile</i> WiMAX..	58
Gambar 4.3.	Grafik Kebutuhan <i>Bandwidth vs Throughput Mobile</i> LTE .....	59
Gambar 4.4.	Gambaran Penempatan NOC.....	64
Gambar 4.5.	Skema Penanganan Laporan .....	65
Gambar 4.6.	Monitor yang Ditempatkan Dalam Setiap Kantor.....	66
Gambar 4.7.	<i>Mobile Geospatial Information System</i> .....	68
Gambar 4.8.	<i>Mobile Base Station</i> .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Pembagian Frekuensi Komunikasi Radio pada Dinas Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana Provinsi DKI Jakarta .....	5
Tabel 2.1.	Penggolongan Kriteria Area.....	33
Tabel 3.1.	Jumlah Penduduk DKI Jakarta.....	39
Tabel 3.2.	Laju Pertumbuhan Penduduk DKI Jakarta.....	39
Tabel 3.3.	Proyeksi Jumlah Penduduk DKI Jakarta.....	39
Tabel 3.4.	Kebutuhan BNPB.....	40
Tabel 3.5.	Kebutuhan Satkorlak DKI Jakarta.....	42
Tabel 3.6.	Kebutuhan Satlak PBP Kota Madya.....	42
Tabel 3.7.	Kebutuhan Unit Operasional PBP.....	43
Tabel 3.8.	Kebutuhan Pemda DKI Jakarta.....	44
Tabel 3.9.	Kebutuhan Pemadam Kebakaran.....	44
Tabel 3.10.	Kebutuhan Kepolisian.....	45
Tabel 3.11.	Rasio Jumlah Petugas Kesehatan.....	46
Tabel 3.12.	Kebutuhan Petugas Kesehatan.....	46
Tabel 3.13.	Kebutuhan <i>Bitrate</i> Layanan.....	48
Tabel 3.14.	Jumlah Kebutuhan <i>Bandwidth</i> .....	49
Tabel 3.15.	<i>Link Budget</i> .....	51
Tabel 3.16.	Jumlah <i>Base Station</i> yang Dibutuhkan untuk LTE.....	52
Tabel 3.17.	Jumlah <i>Base Station</i> yang Dibutuhkan untuk <i>Mobile WiMAX</i> .....	52
Tabel 3.18.	<i>Throughput</i> MCS pada LTE.....	54
Tabel 3.19.	<i>Throughput</i> MCS pada <i>Mobile WiMAX</i> .....	55
Tabel 4.1.	Jumlah <i>Base Station</i> yang Dibutuhkan.....	56
Tabel 4.2.	Kapasitas yang Diperlukan Tiap Sektor .....	57
Tabel 4.3.	Besarnya Penambahan Spektrum yang Dibutuhkan.....	60
Tabel 4.4.	Perbandingan Kekurangan dan Kelebihan Penggunaan Teknologi LTE dan <i>Mobile WiMAX</i> .....	63

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang.

Keselamatan publik (*public safety*) adalah suatu kegiatan pencegahan, penanganan dan perlindungan terhadap hal-hal yang membahayakan masyarakat umum yang dapat menimbulkan dampak yang signifikan, cedera, kerugian atau kerusakan seperti kejahatan dan bencana baik yang disebabkan oleh manusia maupun disebabkan oleh alam [1]. Oleh karena itu, keselamatan publik merupakan sesuatu hal yang penting demi terciptanya suatu rasa aman dan nyaman dalam masyarakat sehingga dapat menjadi salah satu pendukung dalam mewujudkan stabilitas nasional [2].

Jakarta sebagai ibukota negara yang menjadi pusat pemerintahan dan pusat kegiatan ekonomi dengan kepadatan penduduk yang tinggi dirasa sangat perlu adanya suatu sistem keselamatan publik, mengingat masih tingginya tingkat kriminalitas, kecelakaan serta bencana seperti banjir dan kebakaran di wilayah Jakarta sehingga diperlukan adanya suatu revitalisasi dari instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik.

Instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik adalah Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Pemerintah Daerah DKI Jakarta, Dinas Pemadam Kebakaran, aparat penegak hukum (Polisi) dan Kesehatan. Untuk mendukung kinerja dari instansi-instansi terkait tersebut maka diperlukan adanya suatu sistem komunikasi yang handal sehingga dapat mempermudah dalam melakukan pengkoordinasian antara instansi terkait apabila terjadi suatu kondisi *emergency* dan masyarakat dapat secara mudah dan cepat melakukan komunikasi kepada instansi terkait apabila terdapat pengaduan dan laporan tentang keselamatan publik.

Sistem komunikasi radio yang handal merupakan bentuk komunikasi yang berperan sangat penting dan diperlukan dalam mendukung komunikasi instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik saat ini. Selain mendukung adanya komunikasi dengan mobilitas yang tinggi, sistem tersebut harus mendukung adanya suatu *interoperability* dengan tingkat *reliability* yang tinggi dan mendukung layanan berbasis *mobile broadband* seperti *video call* dan komunikasi berbasis multimedia.

### 1.1.1. Kondisi Sistem Komunikasi Keselamatan Publik Eksisting.

Pada saat sekarang ini instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik belum memiliki sistem komunikasi yang terintegrasi, masing-masing instansi memiliki sistem komunikasi sendiri.

#### a. Polisi.

Pada saat ini masih ada berbagai macam sistem komunikasi radio yang digunakan oleh Polri untuk menunjang tugas-tugas operasional. Dari berbagai macam sistem komunikasi radio tersebut tidak menunjang adanya *interoperability* antara satu dengan yang lain hal ini disebabkan menggunakan frekuensi yang berbeda-beda, sistem yang digunakan antara lain [3] : sistem trunking (minimal Kasi), sistem konvensional (Anggota), sistem point to point, sistem digital.

Dimana dalam koordinasinya antara Polda ke Polres-Polres menggunakan : Menggunakan jaringan VoIP, Menggunakan telepon PT. Telkom, sebagian menggunakan radio. Sedangkan dari Polres ke Polsek-Polsek menggunakan : telepon PT. Telkom, sebagian menggunakan radio (UHF dan HF-SSB).

Fungsi penggunaannya dibagi menjadi :

- Fungsi Samapta/Sabhara Polri
- Fungsi Lantas/PJR Polri
- Fungsi Reserse Polri

- Fungsi Intelijen Polri
- Satuan kewilayahan Polda, Polres, Polsek dan Pospol.

Sedangkan frekuensi yang digunakan :

- HF
- VHF-LB-MB
- VHF-LB
- UHF 400 MHz
- UHF 800 MHz

Perbandingan jumlah radio yang ada dengan Polisi yang sedang bertugas masih termasuk rendah (idealnya satu radio untuk satu Polisi operasional yang sedang bertugas) [3].

Komunikasi radio yang ada pada Polri saat ini juga belum mendukung layanan berbasis multimedia untuk Polisi yang bertugas operasional. Komunikasi radio di Polri yang mendukung komunikasi multimedia saat ini menggunakan *wide area network* (WAN) yang sebatas menghubungkan Mabes dengan Polda.

Pada saat ini Kepolisian telah memiliki *command center* yang dapat menerima informasi melalui telepon (112), SMS (1120) dan email. Dari *command center* inilah dengan menggunakan komunikasi radio petugas member *command center* memberi komando petugas yang ada di lapangan.

#### b. Pemadam Kebakaran.

Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana (Damkar-PB) Provinsi DKI Jakarta mempunyai dua jenis jaringan komunikasi yaitu untuk kebutuhan administrasi perkantoran dan kebutuhan pelayanan publik (operasional). Untuk kebutuhan administrasi dan perkantoran, Damkar-PB menggunakan jaringan telekomunikasi umumnya berupa line telepon telkom dengan PABX.

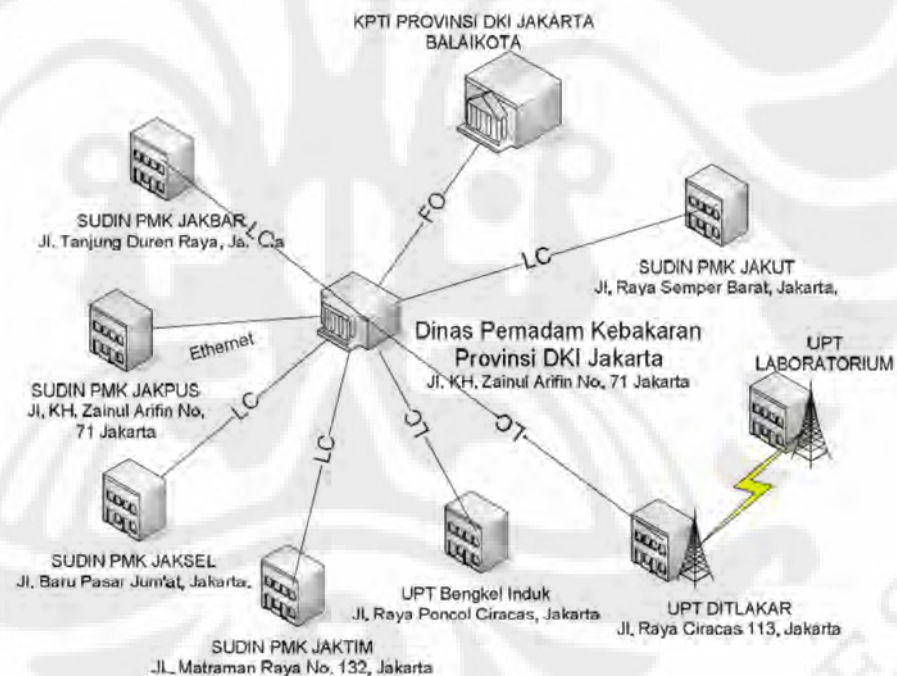
Untuk kebutuhan pelayanan publik seperti operasional, layanan untuk berkomunikasi antara lain menggunakan :



- Telepon emergency 113.
- Line telepon yang menyatu dengan kebutuhan administrasi perkantoran.
- Radio Komunikasi
- Alarm Kota, terpasang di RT/RW dan terhubung dengan kantor sudin dan Kantor Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana.

Untuk jaringan telekomunikasi data, Damkar-PB menggunakan fasilitas dari salah satu provider dengan menyewa bandwidth sesuai dengan kebutuhan saat ini yang menghubungkan unit-unit kerja yang lain.

Teknologi yang digunakan untuk jaringan komunikasi data ini menggunakan MPLS, VPN/IP, dengan skema seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Jaringan Komunikasi Data Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana (Damkar-PB) Provinsi DKI Jakarta (sumber Dinas Pemadam Kebakaran DKI Jakarta)

Komunikasi radio pada Dinas Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana (Damkar-PB) Provinsi DKI Jakarta menggunakan frekuensi seperti pada tabel 1.1.

Tabel 1.1. Pembagian Frekuensi Komunikasi Radio Pada Dinas Dinas Pemadam Kebakaran dan Penanggulangan Bencana Provinsi DKI Jakarta (sumber Dinas Pemadam Kebakaran DKI Jakarta)

No	Unit Kerja	Frekuensi Input	Frekuensi Output
1	Sudin Damkar-PB Jakarta Pusat	456.350	451.500
2	Sudin Damkar-PB Jakarta Utara	451.300	456.275
3	Sudin Damkar-PB Jakarta Barat	456.675	452.800
4	Sudin Damkar-PB Jakarta Selatan	451.600	456.450
5	Sudin Damkar-PB Jakarta Timur	452.875	457.875
6	Dinas Damkar-PB	457.200	462.700
7	Sudin Damkar-PB Kep. Seribu	-	-

c. Pemda DKI Jakarta.

Teknologi yang digunakan Pemprov DKI Jakarta saat ini diantaranya adalah Fiber Optic, DoV dan LC. Jaringan Fiber Optic (FO) yang sudah digelar, diantaranya adalah yang menghubungkan Balaikota dengan Kantor Walikota Jakarta Utara, Kantor Walikota Jakarta Pusat, Kantor Walikota Jakarta Barat, Kantor Dispenda & KPKD di Abdul Muis, Kantor IDC Mampang, Kantor Samsat Jakarta Timur dan Utara, Kantor Walikota, Kantor Walikota Jakarta Selatan.

Sedangkan koneksi menggunakan teknologi DoV digunakan untuk menghubungkan Balaikota dengan Samsat Jakarta Barat, Samsat Jakarta Pusat, Kantor Uji Kendaraan Bermotor, Kantor Ek Walikota Jakarta Selatan Lama. Konsep desain infrastruktur jaringan komunikasi Pemprov. DKI Jakarta mengacu konsep arsitektur jaringan menggunakan Hierarchical Internetworking Model.

Pemprov. DKI juga merencanakan sistem komunikasi radio menggunakan teknologi terrestrial trunked radio TETRA , yang digunakan

untuk komunikasi suara, data dan dapat diintegrasikan dengan sistem komunikasi lainnya (PSTN, GSM, CDMA, PABX dan Trunking Konvensional serta VoIP). Alokasi pita frekuensi radio trunking DKI Jakarta, maka Pemprov DKI Jakarta saat ini memiliki ijin prinsip penggunaan frekuensi sebagai berikut [4]:

- 380 MHz – 380.5 MHz
- 390 MHz – 390.5 MHz

d. Kesehatan.

Sistem komunikasi gawat darurat (gadar) yang dimiliki Dinas Kesehatan DKI Jakarta pada saat ini menggunakan sistem konvensional yang bekerja pada frekuensi 462.2 MHz dan 456.7 MHz .

Akan tetapi sistem komunikasi tersebut belum menjangkau seluruh rumah sakit yang ada di DKI Jakarta. Rumah sakit - rumah sakit yang ada di wilayah DKI Jakarta belum memiliki sistem komunikasi khusus dan terpadu baik antar rumah sakit maupun dengan instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik, sehingga komunikasi yang ada di rumah sakit-rumah sakit saat ini sepenuhnya tergantung dengan jaringan komunikasi komersial yang ada.

Hingga saat ini pembangunan sistem komunikasi khusus antar rumah sakit masih dalam tahap rencana. Pemda DKI Jakarta merencanakan membangun sistem komunikasi yang mengintegrasikan antara Pemda DKI dengan rumah sakit-rumah sakit yang ada di wilayah DKI Jakarta dengan menggunakan sistem komunikasi *terrestrial trunked radio* (TETRA).

Dengan melihat dari penjelasan kondisi jaringan eksisting diatas terlihat bahwa masing-masing instansi memiliki sistem komunikasi dengan standar yang berbeda-beda antara satu instansi dengan instansi yang lain seperti penggunaan frekuensi dan teknologi yang berbeda-beda, sehingga sistem komunikasi yang ada pada instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik saat ini belum

mendukung adanya *interoperability*, bahkan dalam satu instansi pun belum menjamin adanya suatu sistem komunikasi yang mendukung adanya *interoperability* diantara penggunanya.

Dengan belum adanya *interoperability* antar instansi-instansi yang terkait dengan kemanana publik maka koordinasi antara satu instansi dengan instansi yang lain tidak dapat dilakukan secara maksimal, padahal koordinasi antar instansi tersebut merupakan suatu hal yang sangat penting terlebih saat terjadi suatu bencana alam mapupun dalam kondisi *emergency*.

Sistem komunikasi yang memungkinkan digunakan untuk komunikasi antar instansi-instansi yang terkait adalah dengan menggunakan sistem komunikasi komersial. Akan tetapi sistem komunikasi komersial memiliki banyak kelemahan dan tidak dapat diandalkan untuk mendukung sistem komunikasi keselamatan publik, sistem komunikasi komersial tidak dapat memberikan prioritas untuk panggilan yang bersifat darurat terlebih ketika terjadi suatu bencana maka akan membuat trafik panggilan sistem komunikasi komersial melonjak dan dapat mengakibatkan sistem *congest* dan *down* akibatnya komunikasi untuk keselamatan publik tidak dapat terlayani.

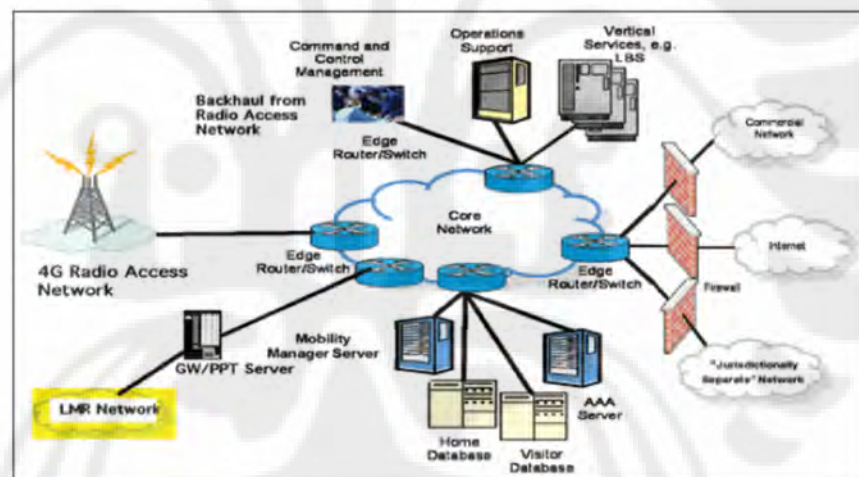
### **1.1.2. Kondisi dan Rencana Sistem Komunikasi Keselamatan Publik di Beberapa Negara.**

#### **a. Amerika Serikat.**

Pada saat ini di Amerika Serikat pihak yang terkait dengan keselamatan publik dibagi menjadi dua bagian yaitu yang dikendalikan oleh negara dan yang dikendalikan oleh pemerintah lokal di setiap negara bagian, Dimana jumlah perangkat *mobile communication* yang digunakan mencapai lebih dari 50.000 unit dengan menggunakan alokasi frekuensi pada 10 band frekuensi mulai dari frekuensi 20 MHz hingga 4900 MHz [5]. Masing-masing badan cenderung untuk mengembangkan sistem komunikasi sendiri-sendiri dan memiliki keterbatasan dalam berkoordinasi

antara satu sama lain. Sehingga pemerintah AS juga merasa perlu adanya pembenahan sistem komunikasi untuk keselamatan publik.

Pada tahun 1997 Federal Communication Commission (FCC) diarahkan untuk menggunakan frekuensi 700 MHz sebagai frekuensi utama untuk keselamatan publik, dan pada tahun 2007 FCC mulai mengadopsi peraturan untuk mensosialisasikan penggunaan frekuensi 700 MHz sebagai *seamless wireless 700 MHz public safety broadband network* dengan pengalokasian frekuensi yang dikenal dengan blok D, pada tahun 2009 dalam “*The National Broadband Plan*” FCC juga merekomendasikan sistem komunikasi untuk keselamatan publik yang mendukung *broadband communication*. Dengan memberikan gambaran tentang *public safety broadband network architecture* seperti yang ditunjukkan Gambar 1.2 [6].



Gambar 1.2. *Public Safety Broadband Network Architecture*. [6]

Sedangkan dari sisi teknologi pendukung jaringan keselamatan publik yang berbasis *mobile broadband* FCC telah melakukan beberapa kajian tentang teknologi-teknologi yang berpotensi sebagai pendukung jaringan keselamatan publik sejak tahun 2008, dimana teknologi-teknologi yang berpotensi sebagai pendukung jaringan

keselamatan publik berbasis *mobile broadband* adalah LTE dan *mobile WiMAX* [7]. Dan pada pertemuan bulan juni 2009 akhirnya *National Public-Safety Telecommunications Council* (NPSTC) mengesahkan LTE sebagai teknologi yang dipilih dalam mendukung sistem komunikasi keselamatan publik yang berbasis *mobile broadband* [8]

b. India.

Pada saat ini, sistem komunikasi yang digunakan untuk mendukung badan-badan yang berhubungan dengan keselamatan publik belum memiliki standar yang seragam dan masih mengandalkan sistem komunikasi konvensional seperti TETRA dan *radio amateur* (*Ham Radio*) [9], dengan bermacam-macam standart frekuensi yaitu untuk TETRA menggunakan frekuensi 380 - 400 MHz, sedangkan untuk *radio amateur* terdapat 14 kanal frekuensi yang dapat digunakan yang terdapat dalam rentan frekuensi 144 – 29.700 MHz [10].

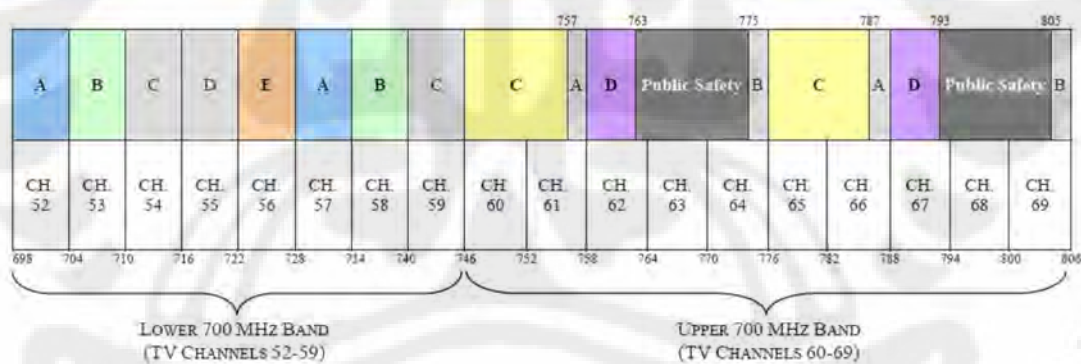
India merupakan salah satu negara dari 9 negara di region 3 yang mengalokasikan frekuensi 698-790 MHz sebagai frekuensi untuk IMT, dan beberapa organisasi yang terkait Telekomunikasi di India seperti *Telecom Equipment Manufacturers' Association of India* (TEMA), *Cellular Operators Associations of India* (COAI) dan *GSM Association* (GSMA) juga telah mengajukan proposal kepada Pemerintah India tentang pemafaatan lebih lanjut tentang frekuensi tersebut dimana salah satu isi proposal yang diajukan oleh TEMA adalah mengenai alokasi frekuensi yang pemanfaatanya ditunjukkan untuk keselamatan publik, yaitu sebesar 10 + 10 MHz [11], [12], [13].

### 1.1.3. Penyeragaman Frekuensi Sistem Komunikasi Keselamatan Publik.

Dengan melihat dari penjelasan tentang kondisi sistem komunikasi keselamatan publik di Indonesia pada saat ini terlihat bahwa sistem komunikasi

tersebut belum memadai dan jauh dari kata handal yang diperlukan dalam sistem komunikasi kewan publik demi terciptanya pelayanan, penanganan dan penanggulangan terhadap masyarakat dari sebuah bencana. Kurang memadainya sistem komunikasi keselamatan publik di Indonesia juga dapat terlihat dengan membandingkan kondisi sistem komunikasi keselamatan publik yang dimiliki oleh negara lain yang dijelaskan sebelumnya. Oleh karena itu diperlukan suatu pembenahan pada sistem komunikasi keselamatan publik di Indonesia saat ini.

Salah satu pembenahan yang mendasar yang perlu dilakukan khususnya untuk sistem komunikasi bergerak adalah penyeragaman frekuensi yang digunakan oleh setiap instansi-instansi yang terkait dengan keamanan publik. Dengan menyeragamkan penggunaan frekuensi antar instansi yang terkait maka dapat dengan mudah mendukung adanya *interoperability* sistem komunikasi bergerak antar instansi tersebut. Frekuensi yang digunakan dapat digunakan adalah 700MHz. Penggunaan frekuensi ini merujuk pada pembagian frekuensi yang dilakukan oleh *Federal Communications Commission* (FCC) Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3.



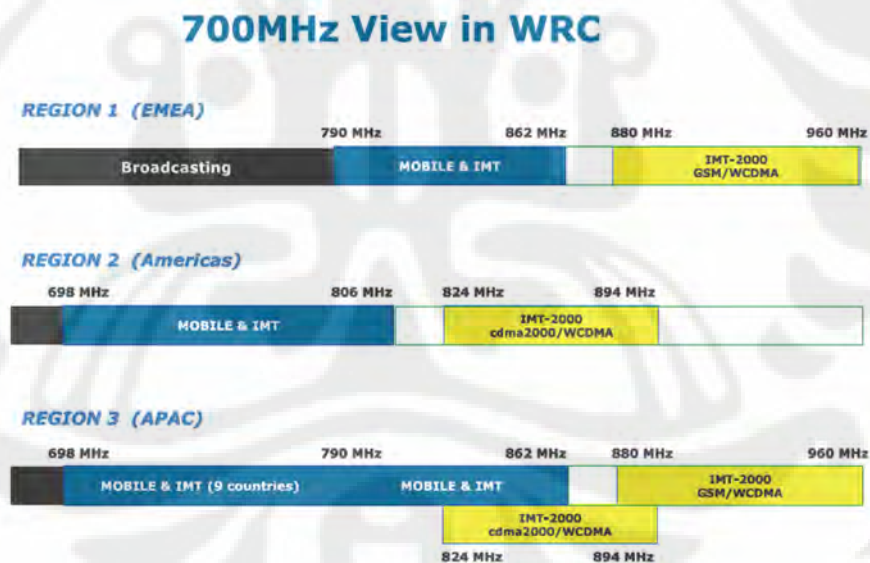
Gambar 1.3. Pembagian Frekuensi 700 MHz oleh FCC [13]

Dengan berdasarkan pengalaman-pengalaman yang pernah dilakukan oleh berbagai pihak, penyeragaman frekuensi dapat memberikan manfaat diantaranya [14].

- a. Dapat meningkatkan efisiensi frekuensi
- b. Mendukung *interoperability*, peralatan yang digunakan dapat saling kompatibel.
- c. Mempermudah dalam melakukan perencanaan dan pengembangan sistem komunikasi.
- d. Dari segi ekonomi dapat meningkatkan efisiensi sebab tidak membutuhkan peralatan tambahan untuk saling berkomunikasi sebab sudah saling kompatibel.

#### 1.1.4. Pemanfaatan Frekuensi 700 MHz.

Frekuensi 700 MHz merupakan frekuensi yang tergolong dalam *Ultrahigh Frequency* (UHF). Alokasi dari pemanfaatan frekuensi tersebut ditetapkan oleh *World Radiocommunication Conference 2007* (WRC-07) [15], dimana pengalokasian frekuensi tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.4.

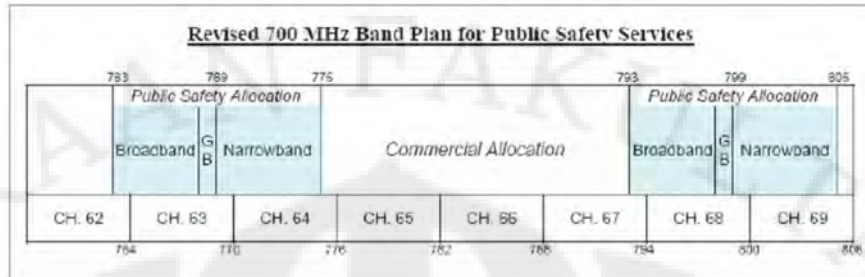


Gambar 1.4. Pengalokasian Frekuensi 700 MHz WRC-07 [15]



Berdasar pembagian wilayah yang dilakukan oleh *International Telecommunication Region (ITU)* Indonesia termasuk ke dalam wilayah region 3. Pada saat ini frekuensi 700 MHz di Indonesia digunakan untuk siaran *broadcast TV* analog, akan tetapi pemerintah Indonesia saat ini telah memprogramkan migrasi dari TV analog ke TV Digital dengan dilakukannya *Grand Launching* Siaran TV Digital di Indonesia yang diresmikan oleh Presiden Susilo Bambang Yudoyono pada tanggal 12 Mei 2009. Dengan digitalisasi pada siaran televisi memungkinkan adanya kompresi data dan transmisi yang jauh lebih efisien, sehingga penggunaan frekuensi juga akan menjadi jauh lebih efisien, dimana satu kanal selebar 8 MHz yang pada TV analog hanya dapat digunakan untuk satu stasiun TV pada TV digital dapat digunakan hingga 6 stasiun TV sehingga frekuensi 700 MHz dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain disamping untuk siaran Televisi. Dengan berdasarkan pada draft buku putih Penyelenggaraan Televisi Digital Terrestrial Tetap (TVD-TT) disebutkan bahwa pada road map tahap ke II pada tahun 2013 stasiun televisi di kota-kota besar beroperasi penuh secara dan roadmap selanjutnya kanal 49 ke atas digunakan untuk sistem telekomunikasi nirkabel masa depan (*Interational Mobile Telecommunication dan Public Protection Disaster Relief*) [16].

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa salah satu pemanfaatan dari frekuensi 700 MHz ini adalah digunakan untuk mendukung pelayanan komunikasi keselamatan publik, hal ini merujuk pada pembagian pemanfaatan frekuensi oleh FCC, FCC mengalokasikan frekuensi 700 MHz untuk pelayanan *broadband wireless/ digital deviden*, dengan demikian dengan memanfaatkan frekuensi ini untuk mendukung sistem komunikasi untuk keselamatan publik maka dapat meningkatkan layanan dengan berbasiskan pada layanan *broadband* seperti *video call*, *VoIP*, komunikasi multimedia dan akses data dengan kecepatan yang tinggi. Dengan demikian instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik dapat memberikan pelayanan yang maksimal serta dapat melakukan pekerjaanya secara efektif. Alokasi dari pemanfaatan frekuensi 700 MHz untuk keselamatan publik berdasarkan FCC ditunjukkan oleh Gambar 1.6.



Gambar 1.5. Pembagian Pemanfaatan Frekuensi 700 MHz untuk *Public Safety* Berdasarkan FCC [15]

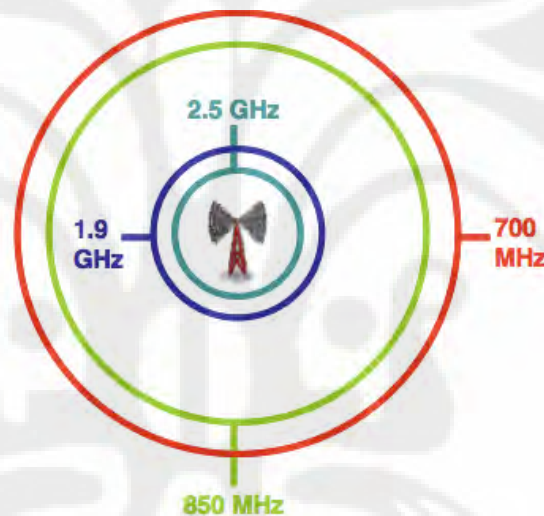
Frekuensi 700 MHz kedepan diyakini memiliki peranan yang penting dalam perkembangan teknologi *wireless broadband* [15], sehingga banyak yang akan mengimplementasikan frekuensi ini sebagai penunjang *mobile broadband communications* diantaranya teknologi 3GPP *Long Term Evolution* (LTE) dan *mobile WiMAX*. Dengan demikian, dengan mengimplementasikan komunikasi keamanan publik pada frekuensi 700 MHz dapat membuka peluang yang besar untuk diadakan *network sharing* antara komunikasi keselamatan publik dan komersial, yaitu dengan menyewakan jaringan yang dibangun kepada pihak komersial yang dapat dilakukan dengan beberapa sekerario, antara lain adalah dengan membuat QoS yang akan memedakan prioritas paket antara keselamatan publik dengan komersial, dimana komunikasi keamana publik memiliki prioritas yang lebih besar dibandingkan dengan komersial.

Penggunaan frekuensi 700 MHz memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan frekuensi-frekuensi yang lain yang saat ini digunakan untuk layanan *broadband*, khususnya *mobile broadband* dimana frekuensi-frekuensi tersebut rata-rata menggunakan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi 700 MHz, keunggulan frekuensi 700 MHz antara lain [12], [15], [17], [18] :

a. *Coverage Area*.

Frekuensi 700 MHz memiliki karakteristik propagasi yang lebih bagus jika dibandingkan dengan frekuensi-frekuensi yang digunakan untuk

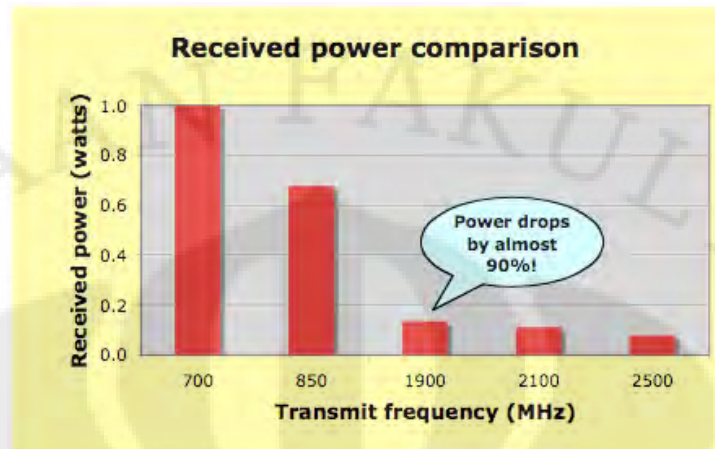
komunikasi *mobile* pada saat ini. Frekuensi 700 Mhz memiliki *lost propagation* yang rendah oleh karena itu frekuensi ini memiliki *building penetration* yang lebih baik, *path loss* yang lebih rendah dan *Doppler shift* yang lebih rendah. Dari karakteristik-karakteristik tersebut membuat frekuensi 700 MHz memiliki *coverage area* yang luas sehingga dapat meningkatkan cakupan pelayanan dan mempermudah untuk menjangkau daerah-daerah yang sangat padat (*dense urban*) seperti di Jakarta. Gambaran perbandingan *coverage area* antara frekuensi 700 MHz dengan frekuensi yang umum digunakan untuk *mobile communication* ditunjukkan pada Gambar 1.7.



Gambar 1.6. Perbandingan *Coverage Area* [18]

b. Karakteristik Daya yang Diterima.

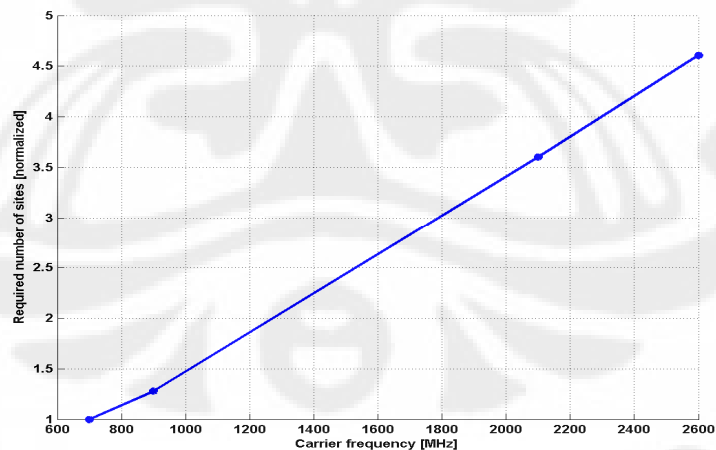
Karakteristik dasar dari daya yang diterima oleh *receiver* adalah menurun sebanding dengan pangkat negatif dua dari frekuensi yang digunakan, dengan kata lain bahwa frekuensi yang lebih rendah memiliki daya yang diterima yang lebih baik jika dibandingkan dengan frekuensi yang lebih tinggi, dan pada umumnya *mobile communication* pada saat sekarang ini menggunakan frekuensi yang lebih tinggi.



Gambar 1.7. Perbandingan Daya Yang Diterima [17]

c. Dari Segi Ekonomi.

Karena frekuensi 700 MHz memiliki *coverage area* yang lebih luas dibandingkan dengan frekuensi-frekuensi yang digunakan untuk *mobile communication*. Oleh karena itu, jumlah *base station* dan peralatan yang dibutuhkan untuk membangun jaringan akan lebih sedikit, sehingga dari segi ekonomi akan menguntungkan sebab dapat meminimalisir biaya yang dibutuhkan untuk membuat dan merawat jaringan tersebut.



Gambar 1.8. Grafik Perbandingan Frekuensi dengan Jumlah *Base Station* yang Diperlukan [12]

## 1.2. Perumusan Masalah.

Pada saat ini masing-masing instansi pendukung keselamatan publik, memiliki sistem komunikasi radio terestrial masing-masing dengan standar teknologi dan frekuensi yang berbeda-beda, hal ini menjadi kendala untuk dapat saling berkoordinasi sebab tidak mendukung adanya suatu *interoperability* antar instansi. Oleh karena itu salah satu jalan keluarnya adalah adanya suatu penyeragaman penggunaan frekuensi atau penggunaan satu frekuensi dan pengintegrasian sistem komunikasi antar instansi tersebut, sehingga masing-masing instansi tidak lagi membangun sistem komunikasi sendiri-sendiri melainkan memiliki suatu sistem komunikasi khusus pendukung keselamatan publik yang mengintegrasikan sistem komunikasi masing-masing instansi menjadi satu jaringan komunikasi privat berbasis seluler dengan frekuensi pendukung 700 MHz dimana sistem komunikasi tersebut memiliki satu pusat pengelolaan informasi dan koordinasi dengan teknologi pendukung LTE dan *mobile WiMAX* yang mendukung layanan *mobile broadband* yang berbasis *multimedia*.

## 1.3. Tujuan Penulisan.

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah

- a. Memberi usulan penyeragaman dalam penggunaan frekuensi untuk sistem komunikasi radio terestrial yang digunakan instansi-instansi keselamatan publik yaitu pada frekuensi 700 MHz.
- b. Memberi gambaran tentang perencanaan tahap awal jaringan radio terestrial pada frekuensi 700 MHz yang diperuntukkan untuk komunikasi keselamatan publik.
- c. Menghitung kebutuhan spektrum untuk komunikasi pendukung keselamatan publik.
- d. Memberi usulan lebar alokasi pita frekuensi yang disediakan untuk komunikasi keselamatan publik.

#### 1.4. Batasan Masalah.

Dalam penulisan skripsi ini permasalahan dibatasi yaitu pelaksanaan perencanaan tahap awal jaringan radio terestrial untuk komunikasi keselamatan publik dilakukan pada frekuensi 700 MHz dengan perkiraan kebutuhan pengguna hingga tahun 2020 untuk Provinsi DKI Jakarta, dengan teknologi pendukung yang digunakan adalah 3GPP *Long Term Evolution* (LTE) dan *mobile WiMAX*.

#### 1.5. Metodologi Penelitian.

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Studi literatur, yaitu dengan mempelajari metode perencanaan tahap awal jaringan radio terestrial dari berbagai macam sumber dan mempelajari kebijakan-kebijakan mengenai keselamatan publik khususnya untuk komunikasi keselamatan publik di beberapa negara.
2. Memberi kuisisioner pada instansi-instansi pendukung keselamatan publik.

#### 1.6. Sistematika Penulisan.

Sistematika dari penulisan skripsi ini adalah :

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Membahas mengenai latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metode penelitian serta sistematika penulisan.

##### **BAB 2 PERENCANAAN JARINGAN RADIO**

Bab ini berisi penjelasan umum tentang konsep desain jaringan yang akan dibangun serta teknologi yang mendukungnya dan menjelaskan tentang perencanaan jaringan radio terestrial secara umum.

##### **BAB 3 DIMENSIONINIG JARINGAN**

Bab ini berisi perhitungan dari parameter-parameter yang diperlukan dalam melaksanakan perencanaan jaringan radio

terrestrial pada frekuensi 700 MHz untuk komunikasi pendukung keselamatan publik.

#### **BAB 4 PEMBAHASAN DAN ANALISIS**

Berisi pembahasan dan analisis dari *coverage* dan kapasitas yang dibutuhkan dalam setiap *base station* / sektor, serta kebutuhan *bit rate* sesuai dengan skenario dari tahun 2010 hingga 2020. Bab ini juga berisi pembahasan dan analisis kelebihan dan kekurangan implementasi LTE dan *mobile* WiMAX serta skenario penanganan dan koordinasi.

#### **BAB 5 KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan akhir dari pembahasan dan analisis yang telah dilakukan.

## **BAB 2**

### **PERENCANAAN JARINGAN RADIO**

Dalam membangun sebuah jaringan telekomunikasi nirkabel hal yang penting yang harus dilakukan sebelum melakukan pembangunan jaringan adalah perencanaan jaringan radio (*radio network planning*), yang dapat memberikan gambaran dari jaringan yang akan dibangun dan memberikan banyak informasi misalnya konfigurasi dan jumlah dari *base station* serta kapasitas dari jaringan yang akan dibangun, dengan adanya perencanaan jaringan radio maka pembangunan jaringan dapat dilakukan secara efektif dan efisien.

#### **2.1. Konsep Desain Jaringan.**

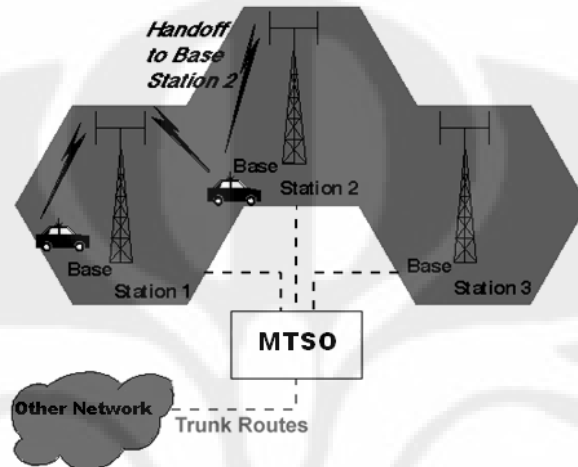
Konsep desain jaringan komunikasi pendukung keselamatan publik yang direncanakan disini menggunakan konsep jaringan komunikasi selular. Komponen utama jaringan selular secara umum terdiri dari *base station*, MTSO (*mobile telecommunications switching office*), dan perangkat *mobile telephone*. *Base station* secara umum berfungsi untuk memberikan jalur hubungan komunikasi radio dengan perangkat-perangkat komunikasi seluler yang ada di dalam wilayah seluler. MTSO berfungsi sebagai pengatur lalu-lintas komunikasi yang menghubungkan jaringan seluler dengan jaringan yang lain, memonitor kualitas sinyal dan komunikasi dan mengontrol perpindahan *mobile station* dan pengontrol *base station* yang melayani *mobile station*. Gambar desain jaringan seluler secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Dalam penggunaan konsep jaringan seluler memiliki karakteristik-karakteristik dasar, diantaranya adalah [19] :

1. Pengalokasian *bandwidth* kecil.
2. Efisiensi pemakaian frekuensi tinggi, dengan penggunaan *frequency reuse*.
3. Modulasi digital.
4. Kapasitas sistem menjadi meningkat.
5. Daerah pelayanan dibagi atas daerah-daerah kecil yang disebut sel.



6. Daya yang digunakan kecil.
7. Mendukung *handover*.
8. Efisiensi kanal tinggi karena menggunakan metode akses jamak.
9. Terhubung ke jaringan lain.



Gambar 2.1. Konsep Jaringan Seluler [20]

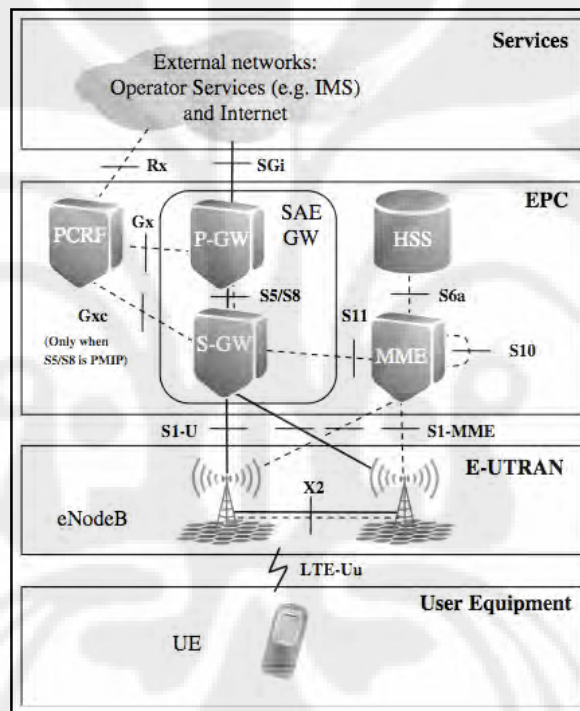
Disini, masing-masing instansi keselamatan publik tidak lagi membangun sistem komunikasi radio terrestrial, melainkan dilakukan penyeragaman frekuensi dan pengintegrasian sistem komunikasi antar instansi keselamatan publik, sehingga kedepan instansi-instansi pendukung keselamatan publik memiliki satu sistem radio terrestrial terintegrasi dengan tujuan untuk mendukung adanya suatu *interoperability* sehingga mempermudah dalam koordinasi antar instansi pendukung keselamatan publik.

Sistem komunikasi untuk keselamatan publik disini direncanakan bekerja pada frekuensi 700 MHz. Teknologi *mobile broadband* yang menjadi kandidat terkuat untuk digunakan pada frekuensi tersebut adalah LTE dan *mobile WiMAX*. Oleh karena itu, dalam skripsi ini perencanaan sistem komunikasi untuk keselamatan publik digunakan teknologi LTE dan *mobile WiMAX*.

## 2.2. Teknologi Pendukung.

### 2.2.1. Long Term Evolution.

Long Term Evolution merupakan teknologi selular dengan standard yang ditetapkan oleh 3GPP yang merupakan perkembangan dan kelanjutan dari teknologi sebelumnya yaitu 3G. LTE didukung teknologi OFDM pada teknik *multipleaccess* nya yaitu OFDMA pada sisi *downlink* dan *Single Carrier* FDMA (SC-FDMA) pada sisi *uplink* nya. LTE juga mendukung teknologi *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) sehingga dengan didukung oleh teknologi-teknologi tersebut LTE dapat menyediakan layanan *mobile broadband* dengan kecepatan yang tinggi. Arsitektur dari jaringan LTE ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Arsitektur Jaringan LTE [21]

*Core Network* pada LTE dikenal dengan *Envelope Packet Core* (EPC) dalam sebuah *system architecture Evolution* (SAE) dimana jaringan inti tersebut bersifat *all-IP* yang mendukung jaringan akses radio standar 3GPP sebelumnya maupun non standar 3GPP. Dimana dalam EPC terdapat bermacam-macam *logical node* seperti [22] :

- *Mobility Management Entity* (MME)

Yaitu *node* yang berfungsi dalam proses sinyaling informasi antara CN dengan UE dimana protokol yang digunakan disebut *Non Acces Stratum* (NAS) protokol. *Node* ini juga berfungsi sebagai *mobility management* pada kondisi *idle* serta mengelola kamanan dan sambungan antara UE dengan jaringan.

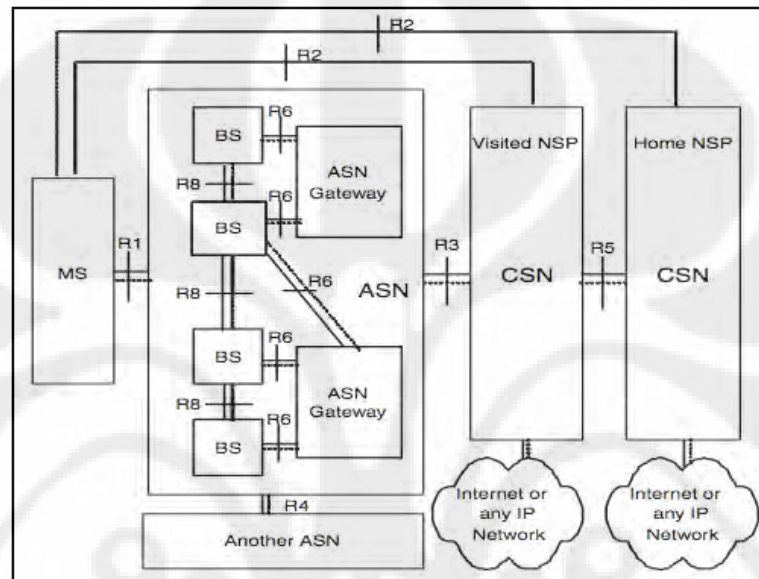
- *Packet Data Network Gateway* (P-GW)  
Berfungsi sebagai pengalokasi alamat IP dari UE serta mengelola QoS dari jaringan.
- *Serving Gateway* (S-GW)  
*Node* ini responsible terhadap pengiriman IP *packet* pengguna, berfungsi untuk men *store* informasi dari *mobility* apabila UE berpindah eNB (*handover*) serta mengelola proses *paging*.
- *Policy Control and Charging Rules Function* (PCCRF)  
*Node* ini berfungsi mengelola dalam hal *charging* serta kebijakan dalam penyelenggaraan layanan.
- *Home Subscriber Server* (HSS)  
*Node* ini sering juga disebut *Home Location Register* (HLR) yang berfungsi mengelola data dari pelanggan.

Pada sisi akses radio LTE RAN (*radio akses network*) terdiri dari eNB (*envelope NodeB*) sebagai terminal protokol *user plane* dan *control plane* dengan *User Equipment* (UE). Pada LTE dimungkinkan komunikasi langsung antar elemen sehingga menghilangkan fungsi RNC sebab antara UE dan eNB sodukung oleh *interface X2* yang menghubungkan eNB dengan jaringan *mesh* pada EPC.

### 2.2.2. *Worldwide Interoperability for Microwave Acces* (WiMAX)

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Acces*) adalah nama dagang sebuah rumpun teknologi *metropolitan area network* (MAN) yang dipromosikan oleh WiMAX Forum, yaitu kelompok vendor yang mengembangkan dan memproduksi peralatan yang mengimplementasikan standar *Institute of Electrical and Electronic Engineering* (IEEE) seri 802.16. Standar ini fokus pada pembahasan teknis untuk layer fisik dan kases jamak (PHY dan

MAC).. Teknologi WiMAX yang mampu mentransfer data dengan kecepatan dan cakupan area yang jauh lebih baik. Saat ini teknologi WiMAX telah dikembangkan lagi menjadi teknologi untuk komunikasi bergerak yang dinamakan dengan *Mobile WiMAX*. Arsitektur jaringan dari WiMAX ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Arsitektur Jaringan WiMAX [23]

Arsitekture pada *mobile WiMAX* menggunakan model *end-to-end network architecture* dengan berbasiskan pada *IP-platform*. Referensi dari jaringan WiMAX dikembangkan oleh *WiMAX Network Working Group (NWG)*. Dimana tersusun dari [22] :

- *Mobile Station (MS)*  
Yaitu peralatan yang digunakan untuk mengakses jaringan
- *Access Service Network (ASN)*  
Terdiri dari ASN GWs (*ASN Gateways*) dan *base station – base station* untuk membentuk sebuah *radio access network (RAN)*.
- *Base Station*  
Sebagai penyedia *air interface* dari MS ke jaringan. BS juga responsible terhadap *handoff triggering, radio resource management*, mengelola

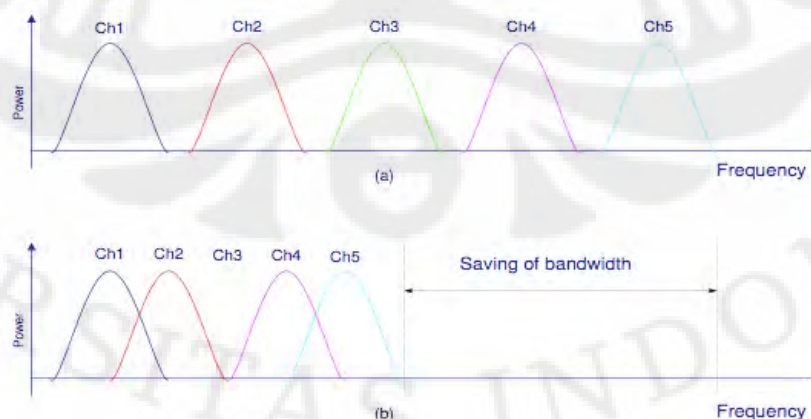
QoS, *Dynamic host control* (DHCP) proxy, *session management* serta *multicast group management*.

- *Access Service Network Gateway* (ASN Gateway)  
Bertindak sebagai lapisan 2 titik agregasi lalu lintas dalam suatu ASN. Selain itu, ASN-GW melakukan fungsi *AAA client*, mendirikan dan mengelola mobilitas kanal dengan BSS.
- *Connectivity Service Network* (CSN)  
Penyedia konektivitas IP dengan internet, *public switch telephone network* (PSTN) dan ASP. Selain itu CSN berfungsi sebagai *IP address management, operating and support system* (OSS) dan *gateways*.

### 2.2.3. Teknologi Pendukung LTE dan *mobile* WiMAX.

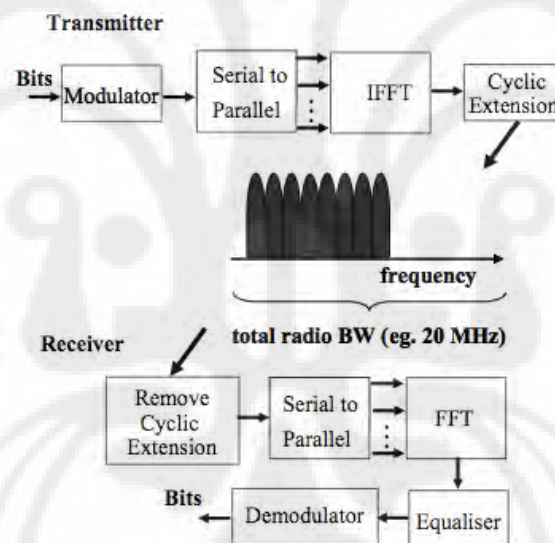
#### 2.2.3.1. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA).

*Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) merupakan salah satu model dari jenis *multiplexing orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM), yang digunakan dalam teknologi LTE pada sisi *downlink* sedangkan pada *mobile* WiMAX pada sisi *dowlink* maupun *uplink*. Prinsip utama dalam OFDMA adalah dengan membagi *carrier* ke dalam beberapa *subcarrier* yang memiliki frekuensi saling *orthogonal* satu sama lain untuk mengirimkan data secara paralel sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam penggunaan frekuensi, digambarkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4. Perbandingan OFDMA dengan FDMA [24]

Pada sisi *transmitter* terdapat *physical resource block* (PRB) yang terdiri dari *subcarrier-subcarrier* yang dimodulasikan dengan modulasi konvensional seperti QPSK, 16QAM dan 64QAM dan juga terdapat blok *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) yang berfungsi sebagai mengubah modulasi sinyal dari domain frekuensi ke domain waktu dengan mengubah pengiriman dari serial menjadi paralel. Dalam proses pengirimannya walaupun *subcarrier* saling tumpang tindih (*overlap*) pada domain waktu dan frekuensi tetapi tidak saling interferensi sebab saling *orthogonal* satu sama lain serta disediakan *cyclic prefix* (CP) yang lebih panjang dari response impuls kanal serta berfungsi mengantisipasi *loss* dan *orthogonality* akibat *multipath channel*. Pada sisi *receiver* terdapat blok *fast fourier transform* (FFT) yang megubah kembali sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi.

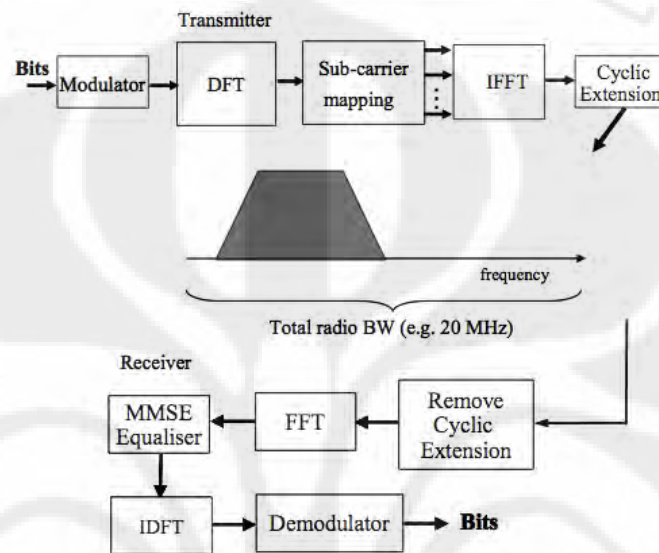


Gambar 2.5. Transmitter dan Receiver OFDMA [21]

### 2.2.3.2. Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA).

*Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) merupakan modifikasi dari OFDMA yang digunakan pada teknologi LTE pada sisi *uplink*. Pada sisi *transmitter* data yang berupa symbol dibuat dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT). Setelah dilakukan pemetaan dari *resources* didalam frekuensi domain data diubah

kembali kedalam domain waktu dengan menggunakan IFFT. Kemudian data ditransmisikan dengan *orthogonal subcarrier* seperti pada OFDMA hanya saja yang membedakan disini adalah SC-FDMA *subcarrier* ditransmisikan secara berurutan (*sequential*) tidak paralel seperti pada OFDMA.

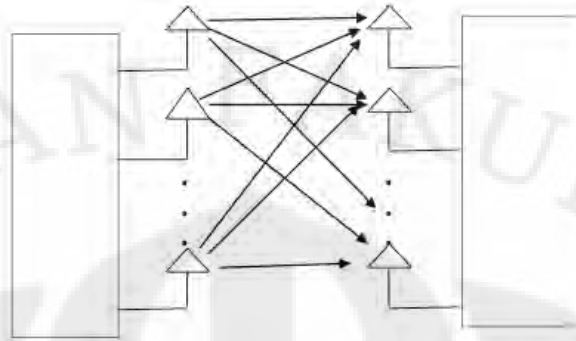


Gambar 2.6. Transmitter dan Receiver SC-FDMA [21]

Alasan *subcarrier* ditransmisikan secara berurutan adalah untuk mengurangi fluktuasi *envelope* pada bentuk gelombang yang ditransmisikan sehingga memiliki *peak-to-average power ratio* yang lebih rendah jika disbanding OFDMA. SC-FDMA juga terdapat CP seperti pada OFDM dan pada sisi *receiver* dihapus oleh *remove cyclic extension* dan sinyanya diubah kembali ke domain frekuensi dengan FFT.

### 2.2.3.3 Multiple Input Multiple Output (MIMO).

*Multiple Input Multiple Output* (MIMO) merujuk pada suatu sistem yang memiliki minimum dua antena pada sisi *basestation* maupun pada sisi *mobile station*, dengan menggunakan dua antena sekaligus dalam satu sistem dimungkinkan adanya pelipatgandaan jumlah data yang dikirimkan tanpa menambah alokasi frekuensi yang digunakan, pada teknologi MIMO menggunakan teknik *multiplexing* berupa *spatial multiplexing*.



Gambar 2.7. Skema MIMO [24]

Pada suatu kanal MIMO terdiri dari *channel gain* dan *phase information*. Dengan menggunakan pemisalan sistem MIMO ( $N \times M$ ) dimana kanal ( $N \times M$ ) terdiri dari matriks  $H_{M \times N}$  seperti pada persamaan 2.1. dimana  $h_{NM}$  merepresentasikan *channel gain* dari antenna pengirim  $M$  ke antenna penerima  $N$ . Untuk memperkirakan elemen matriks kanal MIMO, *signal reference* atau *pilot* dikirimkan secara terpisah dalam setiap antenna *transmitter*.

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1M} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2M} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \dots & h_{NM} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

### 2.3. Proses Perencanaan Jaringan Radio.

Dalam proses perencanaan jaringan radio tidak terdapat standar baku yang harus dilakukan dalam membangun sebuah jaringan nirkabel walaupun dalam beberapa perencanaan terdapat langkah-langkah yang hampir sama. Proses dari perencanaan tersebut lebih dipengaruhi oleh tipe proyek, kualitas dan target yang ingin dicapai dalam membangun jaringan tersebut dan lebih bersifat *case by case*.

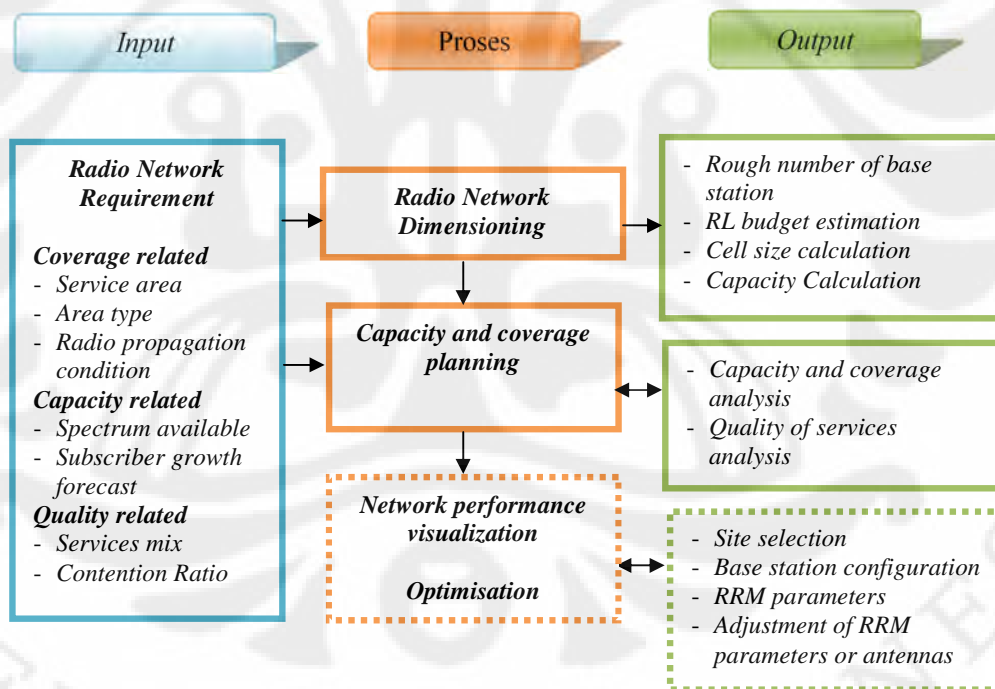
Network planning merupakan suatu proses yang cukup rumit dan terdiri dari beberapa tahap. Hasil yang diharapkan dalam sebuah network planning



adalah menghasilkan sebuah desain jaringan yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk membangun jaringan selular. Hal yang membuat sulit dalam merencanakan suatu jaringan adalah untuk dapat menggabungkan seluruh syarat dan kebutuhan secara optimal dan mendesain suatu jaringan dengan biaya yang efisien.

Syarat yang mendasar dalam sebuah jaringan selular adalah untuk mencapai coverage dan kualitas sesuai dengan target *coverage target* merupakan target untuk dapat melayani atau menjangkau wilayah geografis sesuai dengan yang telah ditetapkan. Sedangkan *quality target* adalah target yang berhubungan dengan kesuksesan dalam melakukan panggilan, *drop call ratio*, *cal setup success ratio* dan keberhasilan dalam melakukan *handover*.

Gambaran dari perencanaan jaringan radio ditunjukkan pada Gambar 2.8. proses tersebut mengacu pada *radio network planning* pada WCDMA [25].



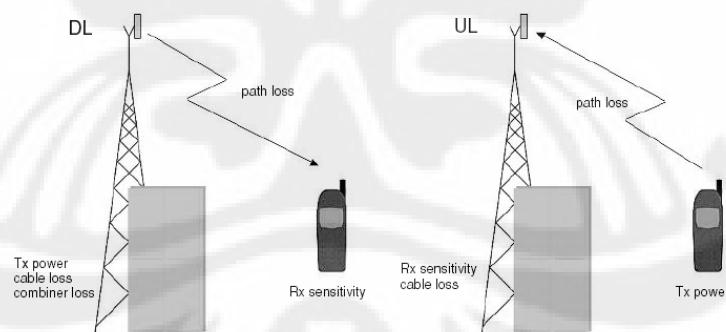
Gambar 2.8. Proses Perencanaan Jaringan Radio [25]

Perencanaan jaringan radio sebenarnya terdiri dari 3 tahap [54], yaitu *initial planning*, *detail planning* dan *optimization* dimana pada Gambar 2.8. *initial planning* ditunjukkan dengan kotak yang bergaris tegas, sedangkan untuk *detail planning* dan *optimization* ditunjukkan dengan kotak dengan garis putus-putus, dalam skripsi ini akan lebih dibahas mengenai hal-hal yang menjadi pendukung *initial planning* (perencanaan tahap awal).

#### 2.4. Radio Link Budget.

Tujuan dari penghitungan *radio link budget* adalah untuk mendapatkan jangkauan wilayah dari sebuah sel yang berdasarkan pada nilai *maximum allowable path loss* (MAPL) atau nilai *path loss* maksimum yang diperbolehkan antara *transmitter* dan *receiver* untuk memperoleh *signal-to-noise ratio* (SNR) yang minimum.

Salah satu parameter yang dibutuhkan dalam *radio link budget* adalah pemodelan propagasi gelombang radio, parameter ini yang digunakan untuk memperkirakan besar *propagation loss* antara *transmitter* dan *receiver* parameter lain yang dibutuhkan dalam perhitungan *radio link budget* adalah *transmission power*, *antenna gain*, *receiver sensitivity* serta *cable losses*.



Gambar 2.9. Parameter *Link Budget* [26]

Komponen-komponen yang perlu dihitung dalam *radio link budget* antara lain EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*), sensitivitas penerima (*receiver sensitivity*) dan *maximum path loss*. Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung komponen-komponen tersebut antar lain [27] :

$$\text{EIRP} = \text{TxPowerMax}_{db} + \text{TxGains}_{db} + \text{TxLosses}_{db} \quad (2.2)$$

Dimana :

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

$\text{TxPowerMax}_{db}$  = daya maksimum transmitter ( dBm )

$\text{TxGains}_{db}$  = *gain* antenna pada transmitter ( dB )

$\text{TxLosses}_{db}$  = loss kabel/konektor pada transmitter ( dB )

$$\text{RxSensitivity} = \text{SNR} + N_f + N_T \quad (2.3)$$

Dimana :

$\text{RxSensitivity}$  = sensitivitas receiver ( dBm )

$\text{SNR}$  = *signal to noise ratio* ( dB )

$N_f$  = *noise figure* receiver ( dB )

$N_T$  = *thermal noise* ( dB )

$$\begin{aligned} \text{MaxPathLoss} = & \text{EIRP} - \text{RxSensitivity} + \text{RxGains}_{db} + \text{RxLosses}_{db} \\ & + \text{FadeMargin} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Dimana :

$\text{MaxPathLoss}$  = *path loss* maksimum ( dB )

$\text{RxGains}_{db}$  = *gain* antenna pada receiver ( dB )

$\text{RxLosses}_{db}$  = loss kabel/konektor pada receiver ( dB )

$\text{FadeMargin}$  = batas *fading* sinyal yang diterima ( dB )

## 2.5. Model Propagasi Gelombang Radio.

Propagasi adalah proses bagaimana suatu gelombang merambat dari suatu tempat ke tempat lain. Pemodelan propagasi gelombang radio dikembangkan untuk memberikan perkiraan atau pendekatan seakurat mungkin suatu propagasi gelombang radio. Pemodelan propagasi dibuat dengan disesuaikan kondisi lingkungan yang bertujuan untuk memberikan prediksi

besarnya *path loss* antara *transmitter* dengan *receiver*. Pemodelan yang paling dikenal adalah Okumura-Hatta dan Walfish-Ikegami. Pemodelan Okumura-Hatta digunakan pada daerah cell dengan jangkauan luas sedangkan Walfish-Ikegami digunakan pada sell dengan radius yang kecil.

### 2.5.1 Model Okumura-Hata.

Model *Okumura-Hata* merupakan pemodelan propagasi yang paling umum dan digunakan pada *cell* dengan jangkauan luas (*macro cell*). Untuk mendekati kondisi yang sebenarnya di lapangan, maka Okumura dan Hata melakukan percobaan di kota Tokyo dengan mengukur level sinyal yang diterima di banyak titik di kota tersebut. Hasil dari pengukuran tersebut kemudian dibuat pemodelan empiris sehingga dapat digunakan di kota lain yang memiliki kemiripan karakteristik dengan kota Tokyo atau daerah *urban*. Model ini valid untuk parameter-parameter dengan pembatasan [26] :

Frekuensi  $f$  : 150 – 1500 MHz serta 1500-2000 MHz

Jarak antara MS dengan BTS  $d$  : 1 – 20 km

Tinggi antenna *transmitter*  $H_b = 3 – 200$  m

Tinggi antenna *receiver*  $H_m = 1 – 10$  m

Besarnya *path loss* pada model *okumura-hatta* dapat dihitung dengan persamaan [26] :

$$PL = A + B \log_{10}(f) - 13,82 \log_{10}(H_b) - a(H_m) + [44,9 - 6,55 \log_{10}(H_b)] \log_{10}(d) + L_{\text{other}} \quad (2.5)$$

Dimana

$PL$  = *Path Loss* (dB)

$f$  = frekuensi *carrier* (MHz)

$H_b$  = tinggi antenna BTS (m)

$aH_m$  = faktor koreksi tinggi antenna *receiver* (dB)

$d$  = jarak antara BTS dengan MS (*receiver*) (km)

$L_{\text{other}}$  = faktor koreksi dari jenis area (dB), dimana besarnya 0 dB untuk daerah *suburban* dan *rural* serta 3 dB untuk wilayah *urban*.

Nilai dari  $aH_m$  pada daerah *suburban* dan *rural* dapat dihitung dengan persamaan

$$a(H_m) = [1,1 \log_{10}(f) - 0,7] H_m - [1,56 \log_{10}(f) - 0,8] \quad (2.6)$$

Sedangkan pada daerah *urban* :

$$a(H_m) = \begin{cases} 8.29[\log_{10}(1.54H_m)]^2 - 1.1 & : f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3.2[\log_{10}(11.75H_m)]^2 - 4.97 & : f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases} \quad (2.7)$$

Dengan  $H_m$  adalah tinggi antenna *mobile station* dalam meter.

Besarnya nilai parameter  $A$  dan  $B$  tergantung pada frekuensi, dimana nilainya dapat dicari dengan persamaan :

$$A = \begin{cases} 69.55 & f = 150 - 1500 \text{ MHz} \\ 46.30 & f = 1500 - 2000 \text{ MHz} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$B = \begin{cases} 26.16 & f = 150 - 1500 \text{ MHz} \\ 33.90 & f = 1500 - 2000 \text{ MHz} \end{cases}$$

### 2.5.2. Model *Walfish-Ikegami*.

*Walfish-Ikegami* merupakan pemodelan empiris dari propagasi gelombang radio yang digunakan pada daerah *urban* khususnya digunakan pada *cell* dengan ukuran yang kecil (*micro cell*) dengan BTS yang terletak diatas atap gedung. Model *Walfish-Ikegami* dibedakan menjadi dua kasus, yaitu untuk kondisi *line-of-sight* (LOS) dan kondisi *non-line-of-sight* .

### 2.5.3. Model *Ray Tracing*.

Prinsip dari pemodelan *ray tracing* adalah dengan mengasumsikan bahwa partikel atau gelombang dapat dimodelkan sebagai sejumlah besar berkas sinar yang sangat sempit yang digunakan sebagai perkiraan dari

propagasi. Berapa jumlah dari refleksi dan difraksi yang akan dihitung tergantung kepada algoritma dari *network planning tool* yang digunakan.

## 2.6. Perencanaan Coverage Area

Dalam melakukan sebuah perencanaan *coverage area* hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui penggolongan karakteristik dari wilayah dimana akan dilakukan perencanaan seperti kondisi topografi dan kepadatan penduduk daerah tersebut. Hal ini dilakukan untuk menghitung luas *coverage area* dari BTS dimana daerah dengan karakteristik kepadatan penduduk yang berbeda akan memiliki pemodelan propagasi gelombang radio yang berbeda pula, sehingga luas jangkauan dari BTS akan berbeda untuk jenis karakteristik yang berbeda pula. Dimana penggolongan karakteristik wilayah berdasarkan kepadatan populasi ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Penggolongan Kriteria Area [28]

Area	Kepadatan rata-rata (per km <sup>2</sup> )
<i>Dense urban</i>	7500
<i>Urban</i>	3500
<i>Suburban</i>	1000
<i>Rural</i>	70
<i>Remote</i>	20

Dengan menggunakan pemodelan *Okumura-Hata*, maka dengan berdasarkan pada persamaan (2.5) maka besarnya radius dari sel dapat dihitung dengan persamaan :

Untuk daerah *dense urban* dan *urban* :

$$d = 10^{\frac{MAPL - A - B \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(H_b) + a(H_m) - 3}{(44,9 - 6,55 \log_{10}(H_b))}} \quad (2.9)$$

Untuk daerah *suburban* :

$$d = 10^{\frac{MAPL - A - B \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(H_b) + a(H_m)}{(44,9 - 6,55 \log_{10}(H_b))}} \quad (2.10)$$

Dengan memodelkan bentuk geometri dari sel berupa bidang *hexagonal* dan radius sel yang telah diketahui, maka luas area dari site tersebut dapat dihitung dengan persamaan [29] :

$$Luas\ Sel = 2.6 * cellradius^2 \quad (2.11)$$

Dengan mengetahui luas daerah perencanaan *service area* , maka jumlah *base station* yang diperlukan untuk melayani daerah tersebut dapat diitung dengan persamaan [29] :

$$Jumlah\ Base\ Station = \frac{LuasArea}{LuasSel} \quad (2.12)$$

## 2.7. Perencanaan Kapasitas.

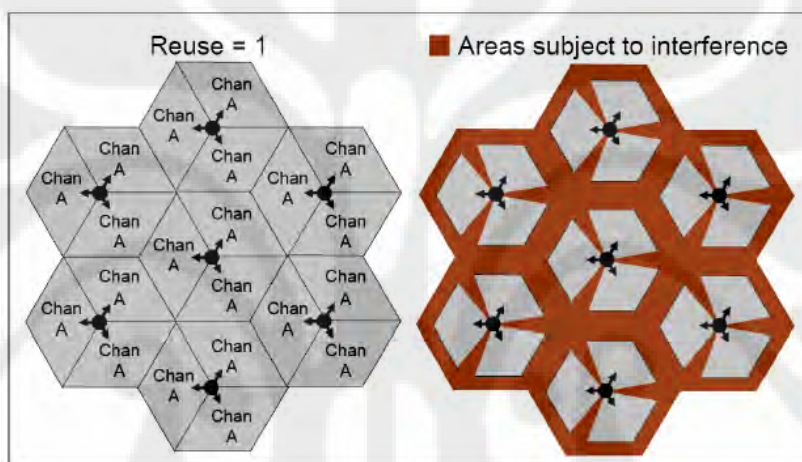
### 2.7.1. Perencanaan Kapasitas *Base Station*.

#### a. *Frequency Reuse*.

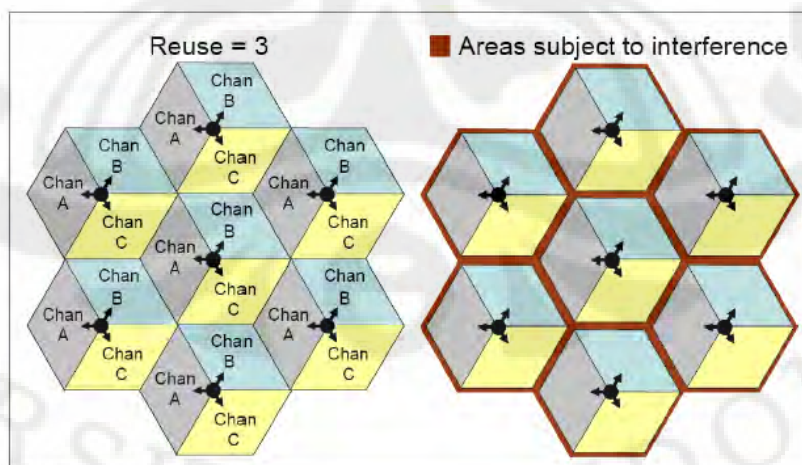
*Frequency Reuse* adalah penggunaan ulang kanal frekuensi dari suatu sel pada sel lain di lokasi yang berbeda dengan pola tertentu. Kanal frekuensi dibagi dan dialokasikan untuk sel atau sektor yang berbeda dalam satu *cluster* dan penggunaan frekuensi akan berulang pada *cluster* yang berbeda. *Frequency reuse* dilakukan dengan tujuan meningkatkan efisiensi alokasi frekuensi dan meningkatkan kapasitas sitem. Jarak antara dua sel yang memiliki frekuensi yang sama harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan interferensi.

Pada komunikasi selular konvensional pada umumnya menggunakan pola *reuse* tradisional dengan faktor *frequency reuse* sebesar tujuh untuk mengurangi *inter-cellular co-channel interference* (CCI). Dengan pola ini menjamin jarak minimal antara sel yang berinterferensi dengan proporsi 5:1, tetapi hanya 1/7 dari sumber daya dari frekuensi yang dapat dimanfaatkan pada masing-masing *base station*. Dengan teknologi seperti WCDMA dan OFDMA pola *frequency reuse* yang agresif dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan frekuensi secara keseluruhan, model yang sering digunakan pada OFDMA adalah satu *base station* dengan tiga sektor dan pola satu sektor.

*Frequency Reuse* biasa dinyatakan dengan  $(c, n, s)$  dimana  $c$  adalah jumlah dari *Base Station* dalam sebuah *cluster*,  $n$  adalah jumlah kanal frekuensi yang digunakan kembali dan  $s$  adalah jumlah sektor dalam sebuah *Base Station*. Pada model *base station* dengan tiga sektor dapat menggunakan pola  $(1,1,3)$  yaitu pola dimana pada satu *cluster* terdiri dari satu *base station* yang memiliki tiga sektor dimana pada masing-masing sektor memiliki kanal frekuensi yang sama. Sedangkan untuk pola  $(1,3,3)$  yaitu pola dimana pada satu *cluster* terdiri dari tiga sektor dimana pada masing-masing sektor memiliki kanal frekuensi yang berbeda. Gambaran dari kedua pola tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.10.



(a)



(b)

Gambar 2.10. Konfigurasi *Frequency Reuse* (a)  $(1,1,3)$ , (b)  $(1,3,3)$  [30]



b. *Throughput* per Sektor.

Dalam melakukan perencanaan kapasitas jaringan, kapasitas keseluruhan dari jaringan dapat dihitung dengan berdasarkan besar kapasitas dari masing-masing sektor (*site*). Besarnya rata-rata *throughput* dalam setiap sektor dibutuhkan untuk menghitung kapasitas jaringan yang bersarkan pada kapasitas tiap sektor. *Throughput* merupakan suatu ukuran besarnya *data rate* yang dapat digunakan untuk mengirimkan data secara baik dan sukses.

Dalam melakukan perhitungan besar *throughput* dalam setiap sektor perlu diketahui terlebih dahulu distribusi sebaran probabilitas SNR yang dapat diperoleh dari simulasi ataupun berdasarkan referensi. Dengan melihat grafik dari sebaran probabilitas SNR pada sistem OFDMA dan *link level data*, besarnya *throughput* pada setiap sektor dapat dihitung dengan persamaan [29] :

$$ThroughputSektor : \sum_{SNR} (probabilitasSNR \times ThroughputMCS) \quad (2.13)$$

Dimana :

*ThroughputSektor* = *Throughput* keseluruhan yang dihasilkan dalam satu sektor *base station* (Mbps)

SNR = nilai SNR yang dibutuhkan satu *Modulation dan Coding Scheme* (MCS) untuk bekerja (dB)

*ProbabilitasSNR* = Probabilitas perolehan nilai SNR yang diperlukan MCS

*ThroughputMCS* = *Throughput* yang dihasilkan MCS (Mbps)

2.7.2. *Contention Ratio*.

Dalam menentukan kapasitas dari sebuah jaringan hal yang perlu diperhatikan adalah menentukan kemampuan dari jaringan yang dibangun untuk melayani komunikasi yang masuk. Sebab jika kemampuan yang disediakan terlalu minim jika dibandingkan dengan jumlah permintaan pelanggan maka tidak semua permintaan dari pelanggan dapat terlayani sebab jaringan mengalami *congest*. Akan tetapi yang perlu diperhatikan adalah bahwa pada kenyataannya tidak pernah

*user* melakukan komunikasi pada saat yang bersamaan pada kondisi yang normal, sehingga kapasitas yang disediakan tidak perlu disamakan dengan jumlah *user* yang ada demi efisiensi dalam membangun sebuah jaringan telekomunikasi sehingga dapat menekan *network cost* serta memberikan layanan dengan harga yang relative terjangkau..

Untuk menetapkan penyediaan kapasitas jaringan diperlukan sebuah analisis *teletraffic* untuk mendapatkan parameter *contention ratio* yang merupakan rasio perbandingan jumlah *user* maksimal yang menggunakan satu unit kanal yang sama. Dengan mengetahui *contention ratio* maka dapat ditetapkan kapasitas jaringan yang harus dibangun. Nilai dari *contention ratio* yang umum digunakan untuk pelanggan *residential* adalah 1:30 dan untuk pelanggan bisnis adalah 1:10 [39].

### 2.7.3. Perkiraan Kapasitas Jaringan.

Dengan mengetahui jumlah pertumbuhan dari penduduk maka kapasitas dari jaringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [45] :

$$Kapasitas_{tahun-n} = Subscriber_{tahun-n} \times CR \times bitrate_{tahun-n} \quad (2.14)$$

Dimana :

$Kapasitas_{tahun-n}$  = Kapasitas Jaringan pada tahun ke  $n$  (Mbps)

$Subscriber_{tahun-n}$  = Jumlah pelanggan pada tahun ke  $n$

$CR$  = *contention ratio*

$Bitrate_{tahun-n}$  = *bitrate* per user yang disediakan pada tahun ke  $n$

## **BAB 3**

### ***DIMENSIONING JARINGAN***

#### **3.1. Perhitungan Kebutuhan Pengguna.**

Kebutuhan pengguna dari sistem komunikasi keselamatan publik iyalah personel-personel dan kantor (*office*) dari instansi-instansi pendukung keamanan publik. Dalam menentukan jumlah kebutuhan dari personel instansi keselamatan publik dilakukan melalui dua pendekatan, yang pertama adalah untuk instansi yang lebih bersifat sebagai koordinator bencana seperti BNPB dan Pemda DKI, pendekatan jumlah personel dilakukan dengan berdasarkan pada struktur organisasi penanganan bencana, sedangkan untuk instansi yang lebih bersifat sebagai aparat operasional seperti pemadam kebakaran, polisi dan kesehatan pendekatan jumlah personel dilakukan dengan menggunakan standar perbandingan jumlah ideal aparat dibandingkan dengan jumlah penduduk, hal ini bertujuan untuk mengantisipasi adanya perubahan kebijakan dari pemerintah, sehingga apabila jumlah aparat kemudian hari diidealkan sistem ini masih mampu untuk memenuhi kebutuhan.

##### **3.1.1. Jumlah dan Pertumbuhan Penduduk DKI Jakarta.**

Jumlah dan pertumbuhan penduduk DKI Jakarta perlu dihitung, sebab menjadi salah satu faktor pembanding untuk menghitung jumlah personel yang ideal di DKI Jakarta, yaitu dengan membandingkan jumlah dan pertumbuhan penduduk DKI Jakarta dengan kebutuhan personel yang ideal yang selanjutnya akan digunakan sebagai salah satu metode pendekatan dalam menentukan jumlah kebutuhan dalam suatu instansi. Jumlah penduduk DKI Jakarta per Februari 2010 ditunjukkan pada Tabel 3.1 [31] serta laju pertumbuhan penduduk DKI Jakarta 2000-2025 menurut BPS ditunjukkan pada Tabel 3.2. [32].

Tabel 3.1. Jumlah Penduduk DKI Jakarta [31]

Wilayah	Jumlah Penduduk
Jakarta Pusat	923.871
Jakarta Utara	1.422.505
Jakarta Barat	1.635.565
Jakarta Selatan	1.894.201
Jakarta Timur	2.624.831
Kepulauan Seribu	21.845
Jumlah Total	8.522.818

Tabel 3.2. Laju Pertumbuhan Penduduk DKI Jakarta [32]

Periode Tahun	Laju Pertumbuhan (%)
2000-2005	0,80
2005-2010	0,64
2010-2015	0,41
2015-2020	0,20
2020-2025	-0,01

Dengan menggunakan data dari Tabel 3.1 dan 3.2 maka dengan data tersebut dapat dihitung proyeksi jumlah penduduk DKI Jakarta dari tahun 2010 hingga 2020, dimana hasil dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Proyeksi Jumlah Penduduk DKI Jakarta

Tahun	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep. Seribu
2010	923.871	1.422.505	1.635.565	1.894.201	2.624.831	21.845
2011	927.658	1.428.337	1.642.271	1.901.967	2.635.593	21.935
2012	931.462	1.434.193	1.649.004	1.909.765	2.646.399	22.024
2013	935.281	1.440.074	1.655.765	1.917.595	2.657.249	22.115
2014	939.116	1.445.978	1.662.554	1.925.457	2.668.144	22.205
2015	942.966	1.451.906	1.669.370	1.933.352	2.679.083	22.297

2016	944.852	1.454.810	1.672.709	1.937.219	2.684.441	22.341
2017	946.741	1.457.720	1.676.054	1.952.763	2.689.810	22.385
2018	948.635	1.460.635	1.679.406	1.944.975	2.695.190	22.431
2019	950.532	1.463.557	1.682.765	1.948.865	2.700.580	22.475
2020	952.434	1.466.484	1.686.130	1.952.763	2.705.981	22.520

(Sambungan Tabel 3.3)

### 3.1.2. Kebutuhan Personel Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) adalah sebuah Lembaga Pemerintah Non Departemen yang mempunyai tugas membantu Presiden Republik Indonesia dalam: mengkoordinasikan perencanaan dan pelaksanaan kegiatan penanganan bencana dan kedaruratan secara terpadu, serta melaksanakan penanganan bencana dan kedaruratan mulai dari sebelum, pada saat, dan setelah terjadi bencana yang meliputi pencegahan, kesiapsiagaan, penanganan darurat, dan pemulihan.

Mengingat begitu vital nya tugas dan peran BNPB dalam penanganan bencana maka BNPB dapat dikategorikan instansi yang terkait dengan keselamatan Publik. Dimana struktur organisasi dari BNPB ditunjukkan lampiran A. Dalam menentukan kebutuhan pada BNPB maka pertama kali adalah mengklasifikasikan personel antara personel operasional dan non operasional, kemudian menentukan bagian yang berhubungan dengan sistem komunikasi dari instansi selanjutnya adalah berdasarkan jabatan struktural dimana pejabat setingkat Deputy juga dikategorikan sebagai pengguna jaringan telekomunikasi sehingga secara ringkas dapat ditunjukkan pada Table 3.1.

Tabel 3.4. Kebutuhan BNPB (sumber BNPB)

Jabatan	Jumlah Personel
Kepala BNPB	1
Inspektorat Utama	1
Sekretariat Utama	1
Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan	1
Deputi Bidang Penanganan Darurat	1

Deputi Bidang Rehabilitasi dan Rekontruksi	1
Deputi Bidang Logistik dan Peralatan	1
<b>Jumlah Total</b>	<b>7</b>
Bagian	Jumlah Personel
Pusat Data Informasi dan Humas	10
Direktorat Pengurangan Resiko Bencana	7
Direktorat Pemberdayaan Masyarakat	10
Direktorat Kesiapsiagaan	10
Direktorat Tanggap Darurat	10
Direktorat Bantuan Darurat	10
Direktorat Perbaikan Darurat	10
Direktorat Penilaian Kerusakan	7
Direktorat Pemulihan dan Peningkatan Fisik	10
Direktorat Pemulihan dan Peningkatan Sosial Ekonomi	7
Direktorat Penanganan Pengungsi	10
Direktorat Logistik	7
Direktorat Peralatan	10
<b>Jumlah Total</b>	<b>118</b>
<b>JUMLAH TOTAL KEBUTUHAN PERSONEL BNPB</b>	<b>125</b>
<b>JUMLAH KEBUTUHAN KANTOR</b>	<b>1</b>

(Sambungan Tabel 3.4)

### 3.1. Kebutuhan Pemda DKI Jakarta

Kebutuhan dari pengguna jaringan telekomunikasi nirkabel untuk keselamatan publik pada Pemda DKI Jakarta didasarkan pada struktur organisasi dan prosedur tetap penanggulangan bencana dan penanganan pengungsi propinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta. Dimana terdapat tiga struktur organisasi yang didasarkan pada tingkatan daerah, yaitu Satkorlak pada tingkat Propinsi DKI Jakarta, Satlak pada tingkat kota madya dan unit operasional tingkat kecamatan.

#### a. Tingkat Propinsi DKI Jakarta.

Struktur organisasi untuk Satkorlak DKI Jakarta di tunjukkan pada lampiran B (a). Dimana informasi dari bagan pada lampiran B (a) dapat secara ringkas ditampilkan pada Table 3.5.

Tabel 3.5. Kebutuhan Satkorlak DKI Jakarta [32]

Komponen Penyusun Satkorlak DKI Jakarta	
Komponen	Jumlah
Ketua	1
Wakil Ketua	5
Pelaksana Harian	1
Sekretaris	1
Unsur Instansi Vertikal/TNI-Polri	4
Unsur Pemerintah Daerah	26
Unsur Organisasi Profesi/Sosial Masyarakat	7
Kepala Dinas Tramtib dan Linmas	1
<b>Jumlah Personel</b>	<b>46</b>
<b>Jumlah Kantor</b>	<b>1</b>

## b. Tingkat Kota Madya.

Susunan Organisasi Satlak DKI Jakarta dalam setiap Kota Madya ditunjukkan pada lampiran B (b). Karena Jakarta terbagi menjadi lima Kota Madya dan satu Kabupaten, maka jumlah yang didapatkan diatas dikalikan enam sesuai dengan pembagian wilayah DKI Jakarta. Dimana informasi dari bagan lampiran B (b) dapat secara ringkas ditampilkan pada Table 3.6.

Tabel 3.6. Kebutuhan Satlak PBP Kota Madya [32]

Komponen Penyusun Satlak PBP Kota Madya	
Komponen	Jumlah
Ketua	1
Wakil Ketua	3
Pelaksana Harian	1
Sekretaris	1
Unsur Teritorial	2
Unsur Pemerintah Daerah	23
Unsur Organisasi Profesi/Sosial Masyarakat	5

Kepala Dinas Tramtib dan Linmas	1
Koordinator Satgas	3
<b>Jumlah Personel</b>	<b>40</b>
<b>Jumlah Personel se-DKI Jakarta = 6 x 40</b>	<b>240</b>
<b>Jumlah Kantor</b>	<b>6</b>

(Sambungan Tabel 3.6)

c. Tingkat Kecamatan.

Gambar bagan struktur unit operasional PBP pada tingkat Kecamatan di DKI Jakarta ditunjukkan pada lampiran B (c). Dengan berdasarkan pembagian wilayah DKI Jakarta, DKI Jakarta terbagi dalam 42 Kecamatan dan 265 Kelurahan, sehingga dari bagan lampiran B (c). dapat diperoleh informasi secara ringkas yang ditunjukkan pada Table 3.7.

Tabel 3.7. Kebutuhan Unit Operasional PBP [32]

Komponen Penyusun Unit Operasional PBP	
Komponen	Jumlah
Ketua	42
Wakil Ketua	2 x 42 = 84
Pelaksana Harian	42
Sekretaris	42
Lurah	265
Kepala Dinas Tramtib dan Linmas	42
Anggota Masyarakat	265
<b>Jumlah Personel</b>	<b>782</b>
Kecamatan	42
Kelurahan	265
<b>Jumlah Kantor</b>	<b>307</b>

Dari data yang telah dijelaskan diatas dapat ditentukan jumlah total Kebutuhan dari Pemda DKI Jakarta yang ditunjukkan pada Tabel 3.8.



Tabel 3.8. Kebutuhan Pemda DKI Jakarta

Komponen	Jumlah
Personel	<b>1068</b>
Kantor	<b>314</b>

### 3.1.3. Kebutuhan Personel Dinas Pemadam Kebakaran.

Kebutuhan dari jaringan komunikasi keselamatan publik pada Dinas Pemadam Kebakaran ditunjukkan pada personel-personel yang bersifat operasional, dimana bagan struktur organisasi personel operasional ditunjukkan pada lampiran C.

Dari bagan struktur lampiran C dapat dijelaskan bahwa kepala suku dinas merupakan pimpinan pada tingkat kota madya, kasi sektor merupakan pimpinan pada tingkat kecamatan, dibawahnya terdapat kepala pleton dimana satu kepala pleton membawahi tiga kepala regu.

Pendekatan jumlah Kebutuhan Dinas Pemadam Kebakaran dilakukan dengan menghitung jumlah ideal dari personel pemadam kebakaran yang dibutuhkan pada saat ini, jumlah ideal personel ideal yang dibutuhkan Dinas Pemadam Kebakaran pada saat ini adalah dalam setiap kelurahan yang ada di DKI Jakarta terdapat satu pos dimana rata-rata dalam satu pos terdapat dua unit tim pemadam, dimana satu unit terdiri dari satu kepala regu dan lima anggota regu. Dimana perhitunagn secara rinci ditunjukkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Kebutuhan Pemadam Kebakaran

Komponen	Jumlah
Kepala Dinas	1
Kepada Suku Dinas	6
Kasi Sektor	42
Kepala Pleton	177
Kepala Regu	530

Anggota Regu	2650
<b>Jumlah Personel</b>	<b>3406</b>
Kantor Dinas	1
Kantor Suku Dinas	6
Kantor Sektor	42
<b>Jumlah Kantor</b>	<b>49</b>

(Sambungan Tabel 3.9)

### 3.1.4. Kebutuhan Personel Kepolisian

Untuk wilayah yang termasuk dalam daerah administrasi DKI Jakarta Polda Metro Jaya dibagi kedalam delapan Polres dan 46 Polsek, dimana pendekatan jumlah Kebutuhan dari anggota Kepolisian dilakukan dengan membandingkan jumlah penduduk pada masing-masing daerah dengan jumlah anggota polisi yang ideal yang distandarkan oleh PBB, yaitu 1:400[34]. Sehingga dengan mengacu pada data Tabel 3.3. Jumlah ideal personel Polisi yang dibutuhkan pada masing-masing daerah ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10. Kebutuhan Kepolisian

<b>Jumlah Kebutuhan Personel</b>							
Thn.	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep. Seribu	<b>Total DKI Jakarta</b>
2010	2.310	3.556	4.089	4.736	6.562	55	<b>21.307</b>
2015	2.357	3.630	4.173	4.833	6.698	56	<b>21.747</b>
2020	2.381	3.666	4.215	4.882	6.765	56	<b>21.966</b>
<b>Jumlah Kebutuhan Kantor</b>							
Polda							1
Polres							8
Polsek							46
<b>Jumlah Kebutuhan Total</b>							<b>55</b>

### 3.1.5. Kebutuhan Petugas Kesehatan.

Kebutuhan dari petugas kesehatan yang bersifat instansi terdiri dari Dinas Kesehatan DKI Jakarta, rumah sakit dan puskesmas. Untuk DKI Jakarta sendiri terdiri dari 6 Suku Dinas Kesehatan, 106 rumah sakit dan 331 Pusekesmas.

Sedangkan untuk yang bersifat personel terdiri dari dokter spesialis, dokter umum, dokter gigi, perawat dan bidan, dimana dalam menentukan pendekatan menghitung jumlah personel petugas kesehatan dilakukan dengan membandingkan jumlah penduduk DKI Jakarta dengan jumlah petugas ideal sesuai dengan perbandingan yang dikeluarkan oleh Bapenas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.11 [35].

Tabel 3.11. Rasio Jumlah Petugas Kesehatan [35]

Jenis Petugas	Rasio Per 100.000 Penduduk
Dokter Spesialis	6
Dokter Umum	40
Dokter Gigi	11
Perawat	117
Bidan	100

Dengan berdasarkan pada data pada Tabel 3.11 dan Tabel 3.3, maka dapat dihitung jumlah petugas kesehatan yang ideal untuk Propinsi DKI Jakarta

Tabel 3.12. Kebutuhan Petugas Kesehatan.

Jumlah Personel Dokter Spesialis							
Thn.	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep Seribu	Total DKI Jakarta
2010	55	85	98	114	157	1	511
2015	57	87	100	116	161	1	522
2020	57	88	101	117	162	1	527
Jumlah Personel Dokter Umum							
Thn.	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep Seribu	Total DKI Jakarta
2010	369	569	654	758	1050	9	3.409
2015	377	581	668	773	1072	9	3.480
2020	381	587	674	781	1082	9	3.515
Jumlah Personel Dokter Gigi							

Thn.	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep Seribu	Total DKI Jakarta
2010	102	156	180	208	289	2	938
2015	104	160	184	213	295	2	957
2020	105	161	185	215	298	2	966
Jumlah Personel Perawat							
Thn.	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep Seribu	Total DKI Jakarta
2010	55	85	98	114	157	1	9.972
2015	57	87	100	116	161	1	10.117
2020	57	88	101	117	162	1	10.280
Jumlah Personel Bidan							
Thn.	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Kep Seribu	Total DKI Jakarta
2010	55	85	98	114	157	1	8.523
2015	57	87	100	116	161	1	8.699
2020	57	88	101	117	162	1	8.786
Tahun				<b>Total Seluruh DKI Jakarta</b>			
2010				<b>23.353</b>			
2015				<b>23.835</b>			
2020				<b>24.075</b>			
<b>Kantor</b>				<b>Jumlah</b>			
Dinas Kesehatan				6			
Rumah Sakit				106			
Puskesmas				331			
<b>Total Kantor</b>				<b>443</b>			

(Sambungan Tabel 3.12)

### 3.2. Jenis Layanan yang Disediakan.

Pada jaringan telekomunikasi untuk keselamatan publik ini layanan yang disediakan dibagi menjadi tiga jenis layanan secara umum, yaitu *voice*, transfer data dan *video call*. Sedangkan untuk pengguna layanan dibedakan menjadi dua, yaitu yang bersifat personel dan bersifat kantor (*office*), untuk pengguna yang bersifat personel, kebutuhan *bitrate* layanan yang disediakan disesuaikan dengan

standar untuk keselamatan publik yang dikeluarkan oleh Verison[36], sedangkan pengguna yang bersifat *office* lebih didasarkan pada *benchmarking* layanan *broadband* di beberapa negara[37], [38], dimana pada pengguna yang bersifat *office* komunikasi yang dilakukan lebih bersifat dari satu kantor ke kantor yang lain sehingga dibutuhkan *bitrate* yang lebih tinggi . Dimana kebutuhan *bitrate* layanan ini selanjutnya akan meningkat pada tahun 2015 dan 2020, hal ini digunakan untuk mengantisipasi adanya aplikasi layanan dengan kualitas yang lebih tinggi dan mengantisipasi adanya penambahan Kebutuhan yang belum terperhitungkan sebelumnya. Dimana secara ringkas kebutuhan kapasitas layanan ditunjukkan pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13. Kebutuhan *Bitrate* Layanan.

<b>Personel</b>			
Jenis Layanan	Kebutuhan <i>bitrate</i>		
	2010	2015	2020
<i>Voice</i>	32 kbps	32 kbps	64 kbps
Transfer data	256 kbps	256 kbps	512 kbps
<i>Video call</i>	384 kbps	512 kbps	1 Mbps
<b>Office</b>			
Jenis Layanan	Kebutuhan <i>bitrate</i>		
	2010	2015	2020
<i>Voice</i>	64 kbps	64 kbps	128 kbps
Transfer data	512 kbps	1 Mbps	1 Mbps
<i>Video call</i>	512 kbps	1 Mbps	2 Mbps

### 3.3 Perhitungan Kebutuhan *Bandwidth*.

Pada pengguna yang bersifat personel fasilitas layanan yang dapat diakses dibagi berdasarkan pada sifat dan kekhususan dari personel yang ada, dimana pada skripsi ini pembagian dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang digunakan oleh ITU-R M.2033, yaitu 100% personel berhak mendapat

layanan *voice* atau semua personel mendapat layanan *voice*, 50% personel berhak mendapatkan layanan *voice* dan transfer data, serta 25% personel berhak mendapat layanan *voice*, transfer data dan *video call* [14].

Sedangkan pada setiap kantor instansi dikondisikan terdapat dua jenis layanan, yaitu satu yang bersifat *office* dan satu yang bersifat personel, layanan yang bersifat *office* lebih diperuntukkan untuk komunikasi antar instansi, sedangkan yang bersifat personel lebih diperuntukkan untuk komunikasi antara instansi atau personel yang ada di kantor dengan personel yang ada dilapangan.

Pada perhitungan kebutuhan *bandwidth* digunakan *contention ratio* standar pelanggan *residential* yaitu sebesar 1:30 [39]. Hasil dari perhitungan *bandwidth* yang dibutuhkan ditunjukkan pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14. Jumlah Kebutuhan *Bandwdith*

Wilayah	Layanan	Kebutuhan <i>bandwidth</i> (CR=1:30) (Mbps)		
		2010	2015	2020
Jakarta Pusat	<i>Voice</i>	6,4	6,5	13,2
	Transfer data	27,6	30,4	56,4
	<i>Video call</i>	22,2	31,6	63,7
Jakarta Utara	<i>Voice</i>	8,6	8,8	17,8
	Transfer data	36,2	38,9	74,4
	<i>Video call</i>	28	39,9	80,4
Jakarta Barat	<i>Voice</i>	10,4	10,6	21,4
	Transfer data	43,9	47,5	90
	<i>Video call</i>	34,7	49	98,8
Jakarta Selatan	<i>Voice</i>	12	12,2	24,8
	Transfer data	50,8	55,1	104,3
	<i>Video call</i>	40,2	56,8	114,5
Jakarta Timur	<i>Voice</i>	16	16,3	33
	Transfer data	67	71,7	137,6
	<i>Video call</i>	52,5	73,5	148,2
	<i>Voice</i>	0,27	0,27	0,6

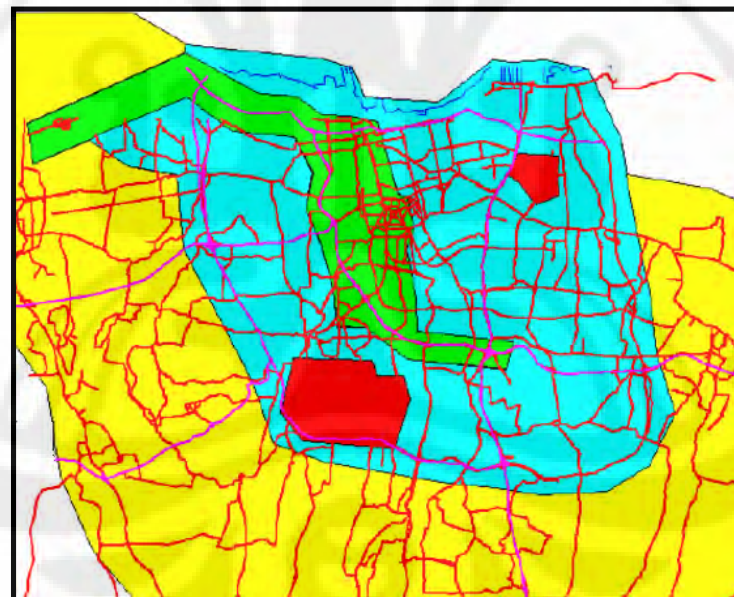
Kep. Seribu	Transfer data	1,3	1,6	2,6
	Video call	1,1	1,7	3,5

(Sambungan Tabel 3.14)

### 3.4. Perhitungan Jumlah *Base Station*.

Dalam menentukan jumlah *base station* yang dibutuhkan maka perlu menghitung besarnya radius dari satu sel dengan sebelumnya menentukan besarnya MAPL dari *link budget*, salah satu hal yang penting dalam perhitungan radius sel adalah mengetahui kategorisasi dari wilayah yang ingin dihitung.

Wilayah DKI Jakarta hanya terdiri dari dua kategori wilayah, yaitu *dense urban* dan *urban*. Dimana wilayah *dense urban* mencakup wilayah seluas 114 km<sup>2</sup> sedangkan untuk wilayah *urban* seluas 564,92 km<sup>2</sup> dan Kepulauan Seribu seluas 11,8 km<sup>2</sup>. Dimana gambaran tentang pembagian kategori wilayah DKI Jakarta ditunjukkan pada Gambar 3.1.



■ = dense urban  
■ - ■ = urban

Gambar 3.1. Pembagian Kategori Wilayah DKI Jakarta [40]

Karena teknologi yang digunakan dalam sistem komunikasi disini adalah LTE dan WiMAX, maka selanjutnya adalah menghitung *link budget* dari masing-masing sehingga didapat MAPL masing-masing. Dimana perhitungan dari *link budget* ditunjukkan pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15. *Link Budget*

<b>Transmitter (UE)</b>	LTE	Mobile WiMAX	
<i>Max. TX power</i> (dBm)	24	23	a
<i>TX antenna gain</i> (dBi)	0	0	b
<i>Body loss</i> (dB)	0	0	c
EIRP (dBm)	24	23	d = a+b+c
<b>Receiver (Base Station)</b>			
<i>Noise figure</i> (dB)	5	4	e
<i>Thermal noise</i> (dB)	-118.41	-118.82	f = k*T*B
<i>Receiver noise floor</i> (dB)	-113.41	-114.82	g = e+f
SINR (dB)	-7	0.8	h
<i>Receiver sensitivity</i> (dBm)	-120.41	-114.02	i = g + h
<i>Interference margin</i> (dB)	3	1.75	j
<i>Cable loss</i> (dB)	2	2	k
<i>RX antenna gain</i> (dBi)	15	18	l
<i>MHA gain</i>	2	2	m
<b>Maximum path loss</b>	156.41	153.27	n = d - i - j + k + l - m
<i>log-normal fading margin</i> (dB)	12.82	7.69	o
<i>Soft handover gain</i> (dB)	3	3	p
<i>Indoor Loss</i> (dB)	0	0	q
MAPL	146.59	148.58	r = n - o + p - q

Dengan berdsarkan pada standar yang dikeluarkan oleh Verison [36] ditetapkan bahwa tinggi *base station* untuk daerah *dense urban* adalah 25 m dan untuk daerah *urban* adalah 35 m, dengan menggunakan persamaan 2.9. maka besarnya radius jangkauan dari sel dapat ditentukan dan selanjutnya dapat dihitung jumlah *base station* yang dibutuhkan.



Tabel 3.16. Jumlah *Base Station* yang Dibutuhkan untuk LTE

<b>DKI Jakarta</b>			
Jenis Wilayah	Jarak jangkau Sel (km)	Luas Sel (km <sup>2</sup> )	Jumlah BS
<i>Dense Urban</i>	3,4	29,7	4
<i>Urban</i>	4	41,5	14
<b>Jumlah Total Base Station</b>			18
<b>Kepulauan Seribu</b>			
Jenis Wilayah	Jarak Jangkau Sel (km)	Luas Sel (km <sup>2</sup> )	Jumlah BS
<i>Urban</i>	4	41.5	1
<b>Jumlah Total Base Station</b>			1

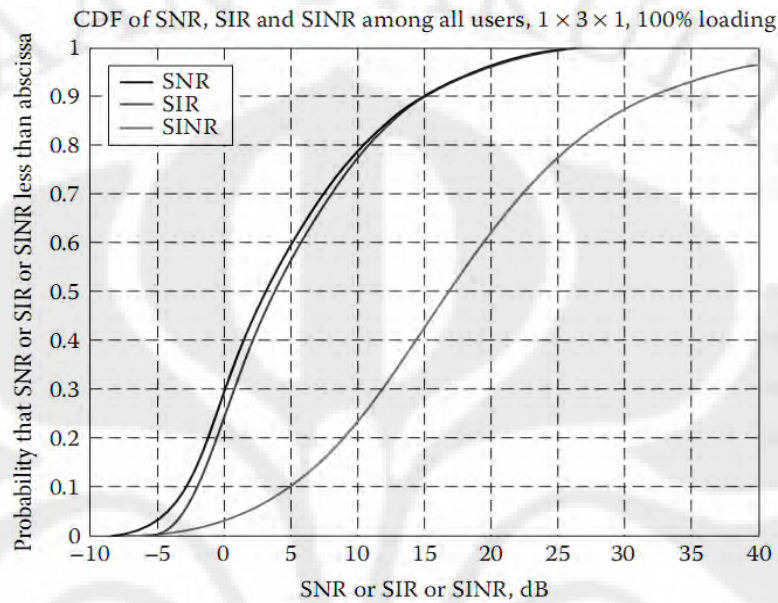
Tabel 3.17. Jumlah *Base Station* yang Dibutuhkan untuk *Mobile WiMAX*

<b>DKI Jakarta</b>			
Jenis Wilayah	Jarak jangkau Sel (km)	Luas Sel (km <sup>2</sup> )	Jumlah BS
<i>Dense Urban</i>	3,8	38,3	3
<i>Urban</i>	4,5	53	12
<b>Jumlah Total Base Station</b>			15
<b>Kepulauan Seribu</b>			
Jenis Wilayah	Jarak Jangkau Sel (km)	Luas Sel (km <sup>2</sup> )	Jumlah BS
<i>Urban</i>	4,5	53	1
<b>Jumlah Total Base Station</b>			1

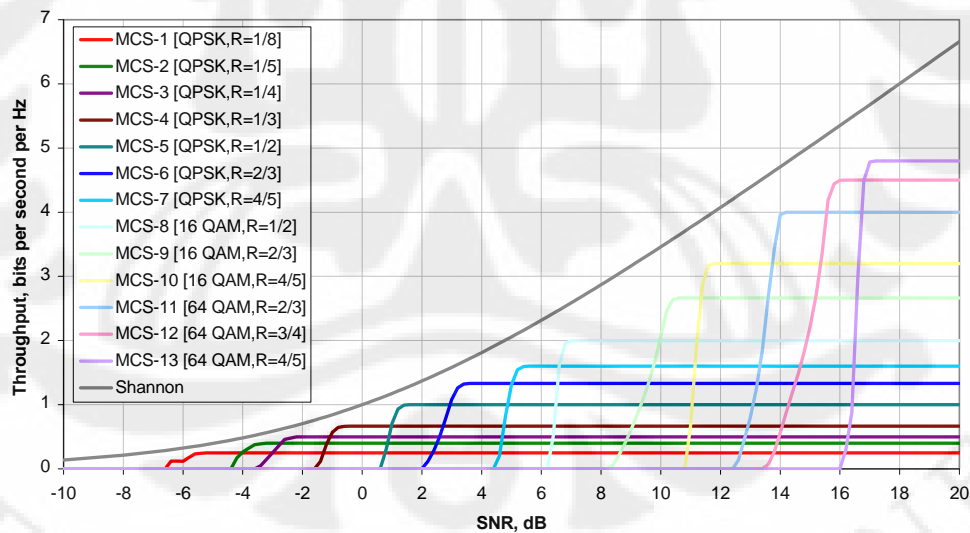
### 3.5. *Throughput* per Sektor.

Dalam menghitung besarnya *throughput* pada sistem LTE dan *mobile WiMAX*, digunakan bantuan grafik sebaran probabilitas SNR pada sistem OFDMA yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. dan grafik *link level simulation data* yang menggambarkan kualitas SNR pada efisiensi spektrum untuk setiap

modulation and coding scheme (MCS) yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. untuk LTE dan Gambar 3.4 untuk *mobile WiMAX*.



Gambar 3.2. Grafik Sebaran Probabilitas SNR OFDMA [41]



Gambar 3.3. Grafik Efisiensi Spektrum LTE [42]

Pada skripsi ini, lebar nya *bandwidth* yang dialokasikan untuk komunikasi keselamatan publik ditentukan dengan melakukan *benchmarking* dari

kebijakan negara-negara yang telah membuat regulasi atau *draft* pemanfaatan pita 700 MHz untuk komunikasi keselamatan publik, yaitu sebesar  $2 \times 10$  MHz, dengan lebar *bandwidth* yang telah ditentukan, maka berdasarkan Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. dapat diperoleh informasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.18.

Tabel 3.18. *Throughput* MCS pada LTE

MCS	SNR Min (dB)	Probabilitas MCS	Efisiensi Spektrum (bps/Hz)	<i>Throughput</i> per MCS (Mbps)
QPSK, R = 1/8	-5.5	0.11	0.25	2.5
QPSK, R = 1/5	-3	0.02	0.45	4.5
QPSK, R = 1/4	-2.5	0.11	0.5	5
QPSK, R = 1/3	-1	0.04	0.65	6.5
QPSK, R = 1/2	1	0.21	1	10
QPSK, R = 2/3	3.2	0.07	1.3	13
QPSK, R = 4/5	5	0.08	1.6	16
16 QAM, R = 1/2	7	0.1	2	20
16 QAM, R = 2/3	10.5	0.02	2.7	27
64 QAM, R = 4/5	11.25	0.08	3.25	32.5
64 QAM, R = 2/3	14	0.04	4	40
64 QAM R = 3/4	16	0.02	4.5	45
64 QAM R = 4/5	17	0.06	4.8	48

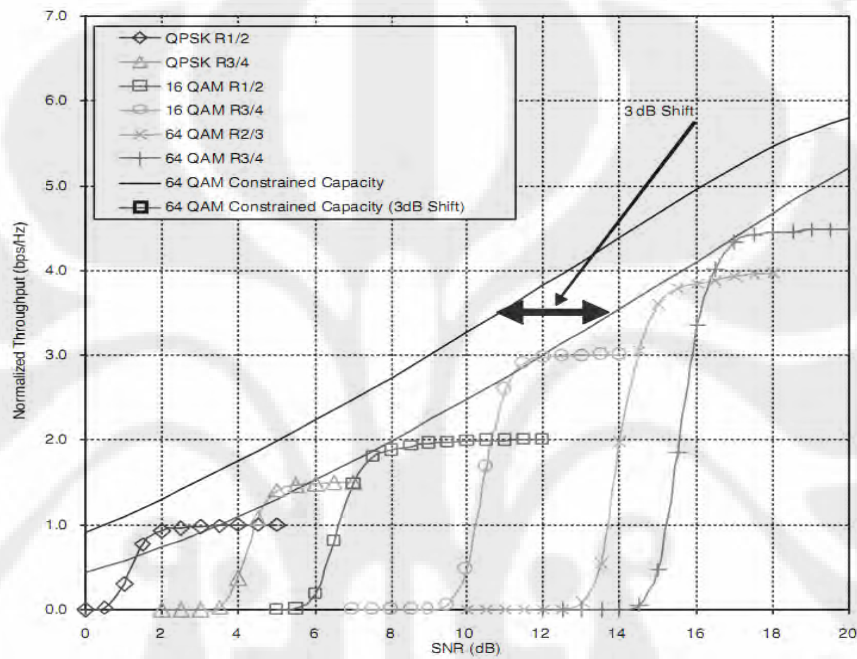
Sedangkan pada *Mobile* WiMAX besarnya *throughput* pada MCS, dapat dihitung dengan memperhatikan informasi grafik pada Gambar 3.2. dan Gambar 3.4.

Tabel 3.19. *Throughput* MCS pada *Mobile* WiMAX.

MCS	SNR Min (dB)	Probabilitas MCS	Efisiensi Spektrum (bps/Hz)	<i>Throughput</i> per MCS (Mbps)
QPSK, R = 1/2	2	0.18	1	10
QPSK, R = 3/4	5	0.15	1.5	15

16 QAM, R = 1/2	8	0.06	2	20
16 QAM, R = 2/3	12	0.09	3	30
64 QAM, R = 2/3	15.5	0.04	4	40
64 QAM, R = 3/4	17	0.06	4.5	45

(Sambungan Tabel 3.19)



Gambar 3.4. Grafik Efisiensi Spektrum *Mobile WiMAX* [23]

Dengan menggunakan persamaan 2.13, maka besar *throughput* per sektor untuk masing-masing dapat dihitung, yaitu  $\pm 16$  Mbps untuk LTE dan  $\pm 12$  Mbps untuk *mobile WiMAX*.

## BAB 4

### PEMBAHASAN DAN ANALISIS

#### 4.1. Analisis Coverage Area dan Kapasitas Base Station.

Untuk dapat mencakup seluruh daerah Jakarta dan Kepulauan Seribu, jumlah *base station* yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan pada pendekatan luas dari daerah DKI Jakarta dan Kep. Seribu dibagi dengan luas cakupan dari satu *base station*. Hal ini ditentukan dengan membandingkan kapasitas yang dibutuhkan per sektor dengan *throughput* per sektor pada masing-masing teknologi, dimana besarnya kapasitas yang dibutuhkan pada masing-masing sektor masih rendah jika dibandingkan dengan *throughput* per sektor. Sehingga pendekatan perhitungan jumlah *base station* tidak dilakukan dengan berdasarkan pada kebutuhan dari kapasitas per sektor. Dimana hasil secara ringkas ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jumlah *Base Station* yang Dibutuhkan.

Wilayah	Jumlah <i>base station</i> yang dibutuhkan	
	LTE	WiMAX
DKI Jakarta	18	15
Kep. Seribu	1	1

Setelah dihitung proyeksi besarnya kebutuhan *bitrate* hingga tahun 2020, dan banyaknya *base station* yang dibutuhkan maka besarnya kapasitas yang dibutuhkan pada setiap *base station* dapat dihiutng dengan persamaan

$$Kapasitas_{\text{tahun ke-}n} = \frac{\text{Subscriber}_{\text{tahun-}n} \times CR \times \text{Bitrate}_{\text{tahun-}n}}{\sum \text{Base Station}} \quad (4.1)$$

$Kapasitas_{tahun\ ke-n}$  = Kapasitas yang dibutuhkan *Base Station* pada tahun ke-n.  
(Mbps)

$Subscriber_{tahun-n}$  = Jumlah pengguna pada tahun ke-n.

$CR$  = *Contention Ratio*.

$Bitrate_{tahun-n}$  = *Bitrate* yang dibutuhkan pada tahun ke-n (Mbps)

*Base Station* = Jumlah *Base Station* yang diperlukan

Pada Skripsi ini besarnya *contention ratio* ditentukan berdasarkan standar pelanggan *residential* yaitu sebesar 1:30 [39], sedangkan konfigurasi *frequency reuse* yang digunakan adalah (1,1,3). Dengan demikian dapat ditentukan besarnya kapasitas yang diperlukan pada masing-masing sektor, dimana hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.2. Kapasitas yang Diperlukan Tiap Sektor

Tahun	Kapasitas per sektor yang dibutuhkan (Mbps)			
	Jakarta		Kep Seribu	
	LTE	WiMAX	LTE	WiMAX
2010	9	10	1	1
2015	10	12	2	2
2020	19	24	3	3



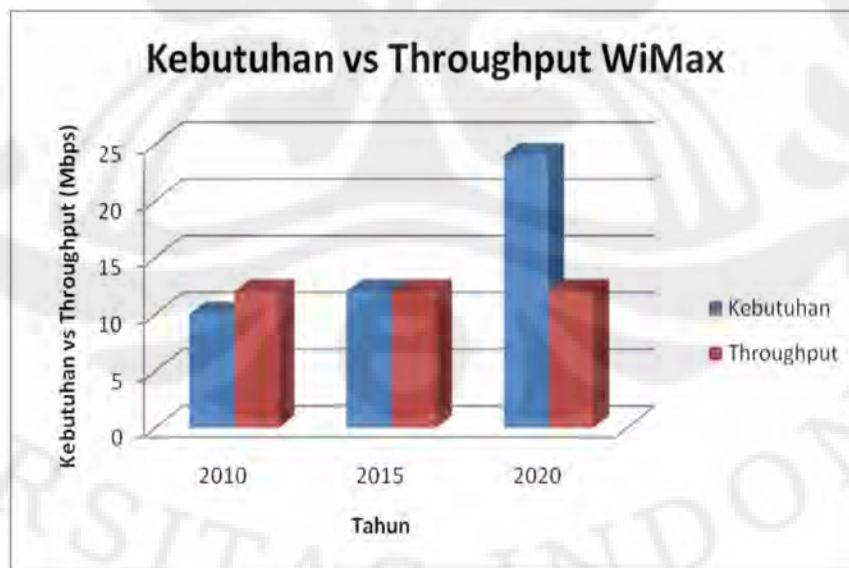
Gambar 4.1. Grafik Kapasitas yang Dibutuhkan per Sektor DKI Jakarta.

#### 4.2. Analisis Kebutuhan *Bitrate*.

Dengan bertambahnya kebutuhan jumlah pengguna dan kebutuhan *bitrate* dari tahun ke tahun, maka perlu adanya analisis apakah besarnya *throughput* dari setiap sektor masih dapat memenuhi kebutuhan kapasitas yang diperlukan dalam setiap sektor.

Dengan melihat hasil perhitungan pada Tabel 4.2. terlihat bahwa dengan mengalokasikan spektrum sebesar  $2 \times 10$  MHz untuk komunikasi keselamatan publik pada saat ini dapat memenuhi kebutuhan sumber daya frekuensi yang dibutuhkan untuk komunikasi pendukung keselamatan publik dengan didukung dengan layanan yang bersifat *mobile broadband*.

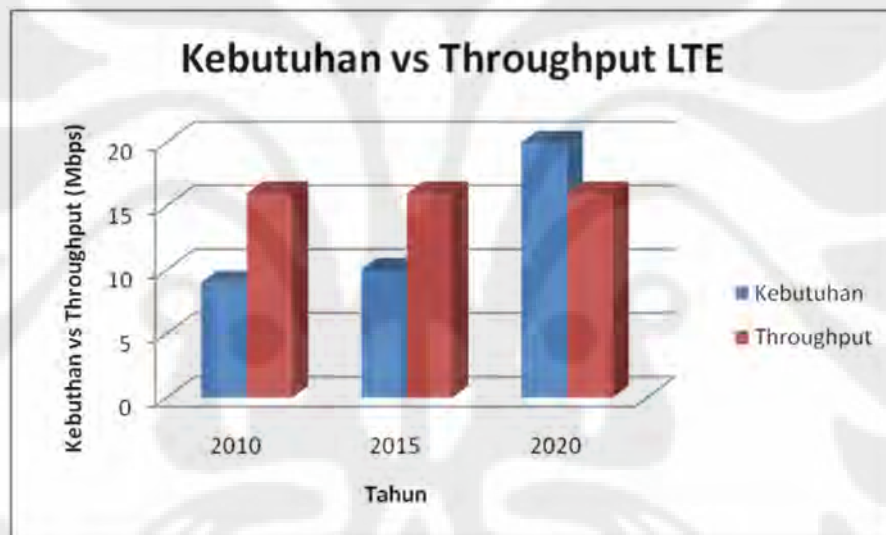
Pada tahun 2015 alokasi spektrum tersebut juga masih mampu memenuhi kebutuhan dari layanan komunikasi tersebut, hanya saja untuk teknologi *Mobile WiMAX* besarnya kebutuhan *bitrate* telah memiliki nilai yang sama dengan besar dari *throughput* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. sedangkan untuk LTE kebutuhan *bitrate* masih relatif jauh lebih kecil dibandingkan dengan besarnya *throughput* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Kebutuhan *Bandwidth vs Throughput Mobile WiMAX*.

Pada tahun 2020, besarnya alokasi spektrum sudah tidak dapat lagi mencukupi kebutuhan *bitrate* baik pada LTE maupun pada *Mobile WiMAX*. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk dapat mencukupi kebutuhan *bitrate* tersebut, adapun solusi yang dapat dilakukan adalah :

1. Melakukan penambahan dari alokasi spektrum, dimana besar dari penambahan dijelaskan selanjutnya.
2. Menambah jumlah *base station*.
3. Menambah jumlah sektor dari *base station*.
4. Dilakukan pemecahan sel pada daerah-daerah yang dianggap padat dan sibuk.



Gambar 4.3. Grafik Kebutuhan *Bandwidth vs Throughput Mobile LTE*

Besarnya alokasi spektrum (*bandwidth*) yang yang ditambahkan dalam setiap sektor dalam satu *base station* apabila solusi ini dijadikan pilihan, dapat dihitung dengan mengetahui besarnya efisiensi spektrum, dengan persamaan

$$BW = \frac{\text{KapasitasDibutuhkan} - \text{KapasitasTersedia}}{\text{EfisiensiSpektrum}} \quad (4.2)$$

*BW* = *Bandwidth* yang ditambahkan per sektor (Mhz)



*KapasitasDibutuhkan* = Kapasitas per sektor yang dibutuhkan (Mbps)

*KapasitasTersedia* = Kapasitas per sektor yang tersedia (*throughput* per sektor)  
(Mbps)

*EfisiensiSpeltrum* = Efisiensi spektrum (bps/Hz/cell)

Dengan demikian besarnya penambahan spektrum yang dibutuhkan untuk LTE dan *MobileWimax* dapat dilihat dari hasil perhitungan yang ditunjukkan Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Besarnya Penambahan Spektrum yang Dibutuhkan.

Tahun	Tambahkan <i>bandwidth</i> (MHz)			
	DKI Jakarta		Kep. Seribu.	
	LTE	WiMAX	LTE	WiMAX
2010	0	0	0	0
2015	0	0	0	0
2020	2,5	10	0	0

Seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.2. pada tahun 2020 diasumsikan bahwa pada tahun tersebut terjadi peningkatan kualitas layanan dan aplikasi yang digunakan secara signifikan sehingga berdampak pada besarnya kebutuhan *bandwidth*, dengan membandingkan pada hasil perhitungan kebutuhan spektrum dapat dilihat bahwa pada tahun 2020 terjadi peningkatan kebutuhan spektrum yang cukup signifikan pula khususnya pada *mobile* WiMAX. Dengan terlihat jika pertumbuhan jumlah pengguna tidak begitu memiliki dampak yang signifikan pada jumlah spektrum yang dibutuhkan, kebutuhan akan kualitas layananlah yang memiliki dampak yang lebih signifikan dari kebutuhan spektrum.

Untuk daerah Kepulauan Seribu, besarnya spektrum yang disediakan masih dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kapasitas hingga tahun 2020, baik untuk teknologi LTE maupun *mobile* WiMAX, bahkan besarnya kapasitas yang dibutuhkan tiap sektor hingga tahun 2020, masih relatif jauh dibawah *throughput* per sektor. Hal ini disebabkan jumlah pengguna yang ada di

Kepulauan Seribu relatif jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan yang ada di wilayah DKI Jakarta.

#### 4.3. Analisis Pemilihan Teknologi.

Dengan berdasarkan pada hasil perhitungan jumlah *base station* yang dibutuhkan untuk masing-masing teknologi, banyaknya *base station* yang dibutuhkan pada teknologi LTE lebih besar jika dibandingkan dengan yang dibutuhkan dengan teknologi *mobile WiMAX*, sebab *mobile WiMAX* memiliki radius jangkauan *base station* yang lebih jauh.

Apabila dipandang dari segi investasi maka pemilihan *mobile WiMAX* sebagai teknologi yang digunakan dinilai lebih menguntungkan sebab membutuhkan biaya investasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan investasi pada LTE, sebab pada *mobile WiMAX* banyaknya perangkat yang harus diinvestasikan dalam membangun jaringan lebih sedikit jika dibandingkan dengan LTE. Akan tetapi, apabila dipandang dari segi kapasitas *base station* yang dibutuhkan, besarnya kapasitas yang dibutuhkan per sektor pada setiap *base station* pada *mobile WiMAX* akan lebih besar jika dibandingkan dengan LTE, sedangkan apabila dilihat dari hasil perhitungan besarnya *throughput* pada masing-masing teknologi besarnya *throughput* per sektor pada *mobile WiMAX* lebih rendah jika dibandingkan dengan LTE, sehingga dengan berdasarkan pada Gambar 3.1. terlihat bahwa besarnya kapasitas per sektor yang dibutuhkan pada *mobile WiMAX* pada tahun 2010 berdasarkan pada skenario yang digunakan memiliki selisih yang tidak terlalu jauh jika dibandingkan dengan besar dari *throughput* per sektornya, bahkan pada tahun 2015 besarnya kapasitas per sektor yang dibutuhkan sudah sama dengan besarnya *throughput* per sektor, dan pada tahun 2020 besarnya kapasitas yang dibutuhkan setiap sektor telah jauh melampaui dari *throughput* yang tersedia, oleh karena itu diperlukan adanya solusi seperti yang telah dijelaskan pada Sub Bab 4.2. dimana dalam pelaksanaan solusi tersebut akan dibutuhkan biaya investasi lagi.

Sedangkan pada LTE, besarnya kapasitas per sektor yang dibutuhkan masih relatif jauh dengan besarnya *throughput* per sektor pada LTE, sehingga

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pada tahun 2010 dan 2015 dengan berdasarkan pada skenario yang digunakan besarnya kapasitas per sektor yang dibutuhkan masih relatif jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan besarnya *throughput*, walaupun pada tahun 2020 besarnya kapasitas yang diperlukan per sektor telah lebih besar jika dibandingkan dengan besarnya *throughput* per sektor, akan tetapi besarnya spektrum yang dibutuhkan tidak begitu signifikan jika dibandingkan dengan besarnya penambahan spektrum yang dibutuhkan pada *mobile WiMAX*, sehingga dalam pelaksanaan solusi untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan biaya investasi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan *mobile WiMAX*.

Apabila dipandang dari segi standar, *mobile WiMAX* merupakan teknologi yang bersifat *open standard* [46] sedangkan LTE bersifat *proprietary standard* yang dimiliki oleh 3GPP [47]. Dengan sifat *open standard* yang dimiliki oleh *mobile WiMAX*, maka pemilihan *mobile WiMAX* sebagai teknologi yang digunakan memiliki keuntungan karena bersifat *open standard* maka besar kemungkinan perangkat-perangkat atau komponen pendukung teknologi *mobile WiMAX* akan diproduksi secara massal, dengan sifat *open standard* tersebut memungkinkan *vendor* untuk memproduksi perangkat *pieces by pieces* sehingga tidak harus *end to end* seperti pada produk yang bersifat *proprietary* [46] sehingga dapat menekan biaya produksi dan dapat memberikan banyak pilihan dalam pemilihan penggunaan perangkat sehingga ketergantungan terhadap satu *supplier* dapat dihindari. Selain itu, kemungkinan besar perangkat dari *mobile WiMAX* juga diproduksi oleh industri dalam negeri, dan sesuai dengan Peraturan Menkominfo No 7/2009 tentang Penataan Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (Wireless Broadband), bahwa dalam penyelenggaraan BWA di Indonesia wajib memenuhi kandungan lokal (TKDN) minimal 30% untuk *subscriber station* dan 40% untuk *base station*. Sehingga hal ini juga akan membuat perangkat dari *mobile WiMAX* menjadi lebih murah.

Sedangkan pada LTE yang bersifat *proprietary standard* produksi dari perangkat-perangkat dan komponen pendukung cenderung dilakukan oleh *vendor-vendor* besar, sehingga hal ini dapat menimbulkan ketergantungan kepada satu *supplier* perangkat, walaupun tidak menutup kemungkinan adanya kontribusi

industri dalam negeri mengikat Peraturan Menkominfo No 7/2009, akan tetapi besarnya kontribusi dalam negeri tidak dapat sebesar teknologi *mobile WiMAX* yang bersifat *open standard*.

Apabila dipandang dari segi regulasi, secara spesifik pada kedua teknologi tersebut belum memiliki regulasi dalam pemakaian teknologi *mobile broadband* pada pita 700 MHz sebab masih digunakan untuk TV analog, akan tetapi dengan berdasarkan pada *white paper* Penyelenggaraan TV Digital di Indonesia, pada *road map* yang ditampilkan bahwa kedepan salah satu pemanfaatan kekosongan pita 700 MHz adalah digunakan sebagai komunikasi *mobile broadband* dan termasuk didalamnya komunikasi yang diperuntukkan untuk keselamatan publik. Untuk regulasi tentang WiMAX yang ada di Indonesia saat ini masih sebatas pada WiMAX yang bersifat *fixed* yang diatur dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informastika nomor 8 Tahun 2009 dan untuk *mobile WiMAX* belum ada. Sedangkan untuk LTE Indonesia belum memiliki regulasi sama sekali yang mengatur tentang LTE.

Dari penjelasan diatas kelebihan dan kekurangan LTE dibandingkan dengan *mobile WiMAX* dapat secara ringkas ditunjukkan pada Tabel 4.4.

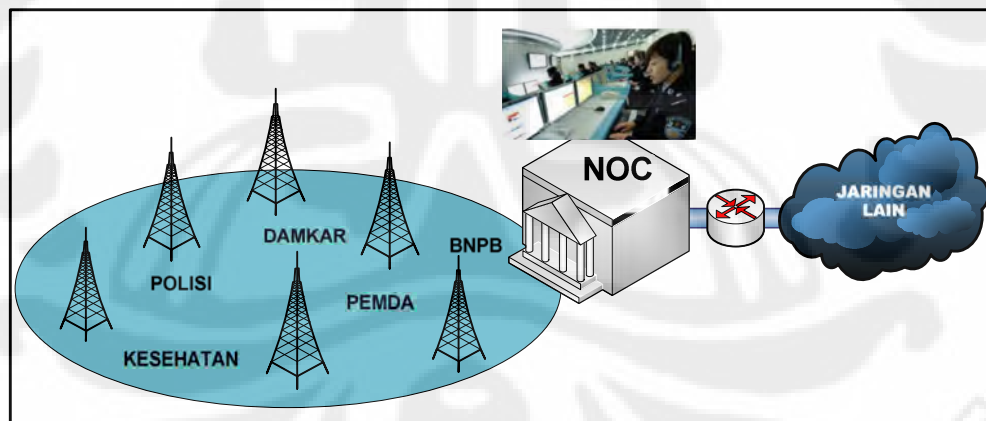
Tabel 4.4. Perbandingan Kekurangan dan Kelebihan Penggunaan Teknologi LTE dan *Mobile WiMAX*.

No	LTE	<i>Mobile WiMAX</i>
1	<i>Base Station Lebih banyak</i>	<i>Base station lebih sedikit</i>
2	Kebutuhan kapasitas per sektor lebih kecil	Kebutuhan kapasitas per sektor lebih besar
3	<i>Capex</i> lebih besar	<i>Capex</i> lebih kecil
4	<i>Throughput</i> per sektor lebih besar	<i>Throughput</i> per sektor lebih kecil
5	Bersifat <i>proprietary standard</i>	Bersifat <i>open standard</i>
6	TKDN cenderung lebih rendah	TKDN cenderung lebih tinggi
7	Cenderung bergantung pada satu <i>supplier</i> perangkat	Tingkat ketergantungan terhadap satu <i>supplier</i> perangkat lebih rendah
8	Regulasi belum ada	Masih sebatas layanan yang bersifat <i>fixed WiMAX</i>

#### 4.4. Skenario Penanganan dan Koordinasi.

Untuk mendukung terciptanya suatu koordinasi antar instansi yang terkait dengan keselamatan publik, antar personel maupun dengan masyarakat, maka perlu ditetapkan suatu skenario koordinasi. Hal ini dilakukan agar dapat memberi gambaran pola dari koordinasi yang dilakukan untuk menangani hal-hal yang terkait dengan keselamatan publik, baik dalam bentuk koordinasi reguler sehari-hari, koordinasi dalam menghadapi bencana, koordinasi menghadapi laporan dari masyarakat, serta akses yang diberikan kepada masyarakat untuk dapat melaporkan kejadian yang terkait dengan keselamatan publik, seperti kebakaran, tindakan kriminal maupun bencana alam.

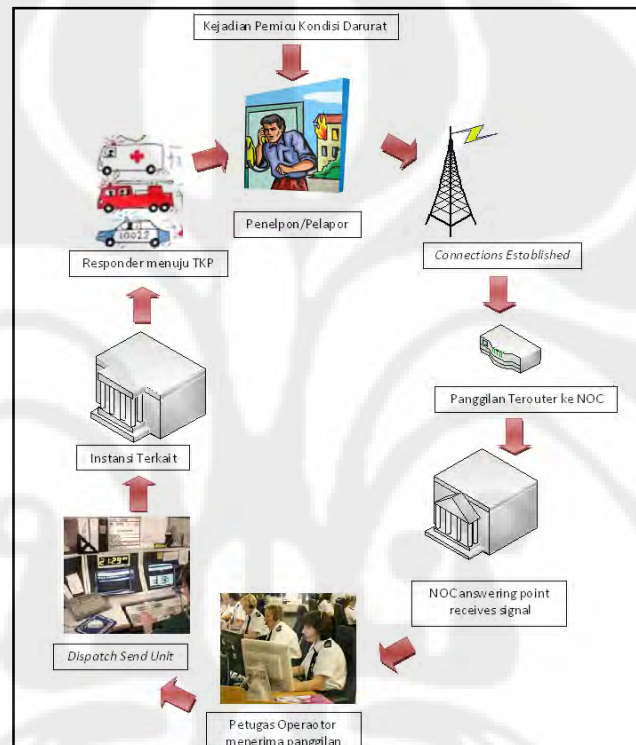
Skenario yang diusulkan dalam Skripsi ini yang pertama adalah bahwa sistem sistem komunikasi keselamatan publik ini memiliki suatu pusat pengelolaan informasi yang selanjutnya disebut *network operation center* (NOC). Dimana pada NOC ini informasi baik yang berasal dari masyarakat dan instansi-instansi keselamatan publik diterima dan kemudian dikelola sesuai dengan peruntukannya. Gambaran mengenai skenario ini ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Gambaran Penempatan NOC.

Pada skenario ini diusulkan adanya suatu pemusatan dalam penyampaian informasi yang terkait dengan keselamatan publik ke dalam suatu nomor tujuan tertentu, sehingga apabila terdapat masyarakat yang ingin memberikan laporan

atau aduan yang berkaitan dengan keamanan publik dapat langsung menghubungi satu nomor tersebut tanpa harus membedakan apakah berkaitan dengan Polisi, Pemadam Kebakaran maupun instansi keselamatan publik yang lain, dan selanjutnya NOC lah yang akan menyampaikan informasi tersebut terhadap instansi yang berkaitan dengan laporan dan pengaduan tersebut. Skema dari penanganan laporan dan aduan dari masyarakat ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Skema Penanganan Laporan

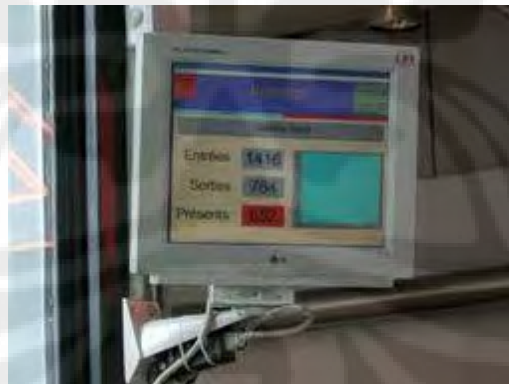
Selain sebagai pusat penerimaan informasi yang berasal dari masyarakat NOC juga memiliki beberapa fungsi yang lain, fungsi dari NOC diantaranya adalah :

1. Pusat pengelolaan informasi.
2. Pusat pengelolaan data.
3. Sebagai pusat penerimaan informasi yang berasal dari masyarakat yang kemudian disampaikan kepada instansi-instansi keselamatan publik yang sesuai dengan laporan maupun pengaduan dari masyarakat tersebut.

4. Pusat interkoneksi antara jaringan komunikasi keselamatan publik dengan jaringan komunikasi yang lain.

Skenario kedua adalah tentang koordinasi yang bersifat dari dari kantor ke kantor, seperti yang dijelaskan pada Sub Bab 3.2, bahwa layanan yang disediakan dibedakan menjadi dua yaitu yang bersifat personal dan bersifat kantor (*office*), hal ini dimaksudkan bahwa dalam setiap kantor instansi terkait keselamatan publik terdapat dua jenis alat komunikasi dengan layanan yang berbeda, yang satu memiliki layanan yang bersifat *office* dan yang satu memiliki layanan yang bersifat personal.

Layanan yang bersifat *office* lebih diperuntukkan sebagai media komunikasi yang bersifat dari kantor ke kantor baik dalam satu instansi maupun antar instansi terkait dengan keselamatan publik, sehingga dalam skenario ini diasumsikan dalam satu kantor terdapat suatu monitor, dimana dengan monitor ini diharapkan dapat digunakan sebagai media menyalurkan informasi dan dapat digunakan sebagai media koordinasi tanpa harus melalui tatap muka langsung, sedangkan komunikasi yang bersifat personel lebih digunakan sebagai media komunikasi dan koordinasi antara kantor dengan personel di lapangan.



Gambar 4.6. Monitor yang Ditempatkan dalam Setiap Kantor.

Skenario yang ketiga adalah tentang koordinasi antara instansi dengan personel yang ada dilapangan. Pada dasarnya dalam koordinasi personel yang ada dilapangan dibawah koordinasi instansi sesuai dengan instansi dari personel

tersebut, akan tetapi tidak menutup kemungkinan adanya koordinasi yang dilakukan antar instansi khususnya dalam kondisi darurat atau luar biasa. Sedangkan dalam menghadapi kondisi pasca bencana alam koordinasi lebih ditekankan pada instansi yang khusus menangani bencana alam seperti BNPB dan Pemda.

Dalam mempermudah dan memperjelas dalam pengkoordinasian dapat digunakan skenario penataan penomoran (*numbering*), dimana dalam setiap instansi memiliki nomor yang khas sehingga dapat mempermudah dalam membedakan antar instansi. Dalam perencanaan penomoran pada sistem komunikasi keselamatan publik dapat dilakukan dengan mengacu pada *National Public Safety Telecommunications Council (NPTC)* dimana dalam *700 MHz Public Safety Broadband Task Force Report and Recommendations* merekomendasikan bahwa setiap pengguna memiliki sebuah *Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number (MSISDN)* yang dikoordinasikan dengan *mobile station identification number (MSIN)* [8].

Dengan melihat teknologi pendukung jaringan ini yaitu LTE dan *mobile WiMAX* yaitu telah didukung dengan sistem yang berbasis IP, maka dalam sistem penomoran dapat juga didukung dengan menggunakan sistem *enum* dengan disesuaikan pada standar ITU-T E.164, yaitu suatu sistem dimana pengguna yang berada di jaringan IP dan layanan-layanan IP yang tersedia dapat dikenali oleh sebuah nomor publik.

Dalam melaksanakan penanganan dan koordinasi dilapangan, para personel pendukung keselamatan publik dapat didukung dengan beberapa aplikasi antara lain adalah [48], [49] :

1. *Voice and video call.*

Merupakan aplikasi standar yang digunakan petugas yang berupa layanan suara dan berupa layanan suara sekaligus gambar.

2. *Push to talk (PTT).*

Merupakan layanan suara *real-time* melalui layanan IP yang dijalankan melalui jaringan data paket. Layanan ini merupakan layanan komunikasi satu arah yang memungkinkan dua ponsel saling berbicara seperti pembicaraan pada dua pesawat *walkie talkie* atau *handie talkie (HT)*.



3. *Incident Video.*

Dengan aplikasi *incident video* petugas dari keselamatan publik dapat mengetahui gambaran secara langsung dan jelas kondisi yang ada dilapangan, sehingga mempermudah dalam perencanaan pengambilan tindakan.

4. *Broadband data dispatch.*

Dengan aplikasi ini petugas dapat menerima informasi awal baik berupa gambar, video maupun data-data yang berkaitan dengan informasi tentang suatu kejadian.

5. *Mobile Geospatial Information System.*

Aplikasi ini merupakan suatu aplikasi yang terdiri dari peta digital 3D, dimana dengan aplikasi ini dapat diketahui *database* dari sebuah bangunan, mulai dari skematik bangunan hingga struktur bawah tanah dari bangunan.

6. *Blueforce tracking (BFT).*

Merupakan aplikasi yang digunakan untuk memonitor posisi dari petugas dilapangan.



Gambar 4.7. Mobile Geospatial Information System [47]

Skenario ke empat adalah skenario dalam menangani sistem komunikasi dalam keadaan yang darurat. Dalam menghadapi kondisi pasca bencana alam terdapat kemungkinan bahwa sarana dan prasarana sistem komunikasi pendukung keselamatan publik mengalami gangguan dan kerusakan yang diakibatkan oleh bencana alam tersebut, sehingga perlu disediakan sarana pendukung untuk

mengantisipasi adanya gangguan dan kerusakan tersebut, yaitu dengan menyediakan *mobile base station*. Dimana dengan *mobile base station* ini diharapkan dapat mendukung sistem komunikasi yang mengalami gangguan dan kerusakan sehingga komunikasi tetap dapat berjalan secara lancar. Walaupun disini telah dibangun suatu sistem komunikasi baru dan terintegrasi akan tetapi adanya sistem komunikasi *radio amatir* masih tetap diperlukan sebagai sarana komunikasi pendukung terutama untuk komunikasi *peer to peer* untuk daerah yang sulit yang tidak terjangkau seperti di gorong-gorong dan *basement*.



Gambar 4.8. Mobile Base Station

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan mengenai perencanaan tahap awal jaringan radio untuk komunikasi keselamatan publik pada frekuensi 700 MHz di wilayah DKI Jakarta adalah :

1. Sistem komunikasi radio terestrial yang dapat dibangun sebagai pendukung sistem komunikasi keselamatan publik pada frekuensi 700 MHz adalah dengan menggunakan konsep komunikasi seluler dengan satu pusat pengelolaan informasi dan koordinasi, teknologi pendukung yang memiliki peluang besar untuk digunakan adalah 3GPP *Long Term Evolution* (LTE) dan *mobile* WiMAX yang mendukung layanan *mobile broadband* berbasis *multimedia*.
2. Jumlah *base station* yang diperlukan untuk mencakup wilayah Propinsi DKI Jakarta adalah 19 untuk LTE dan 16 untuk *mobile* WiMAX.
3. Kapasitas tiap sektor pada *base station* yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sesuai skenario adalah 9 Mbps untuk LTE, 10 Mbps untuk *mobile* WiMAX pada tahun 2010, 10 Mbps untuk LTE, 12 Mbps untuk *mobile* WiMAX pada tahun 2015, dan 19 Mbps untuk LTE, 24 Mbps untuk *mobile* WiMAX pada tahun 2020.
4. Lebar pita frekuensi yang harus disediakan untuk memenuhi komunikasi keselamatan publik yang mendukung layanan *broadband* minimum selebar  $2 \times 10$  MHz.
5. Dengan berdasarkan skenario, untuk memenuhi kebutuhan *bit rate* pada tahun 2020 dapat dilakukan :
  - a. Menambahkan dari alokasi spektrum, sebesar  $2 \times 2,5$  MHz untuk LTE dan  $2 \times 10$  MHz untuk *mobile* WiMAX.
  - b. Menambah jumlah *base station*.
  - c. Menambah jumlah sektor dari *base station*.
  - d. Dilakukan pemecahan sel pada daerah yang padat dan sibuk.

## DAFTAR REFERENSI

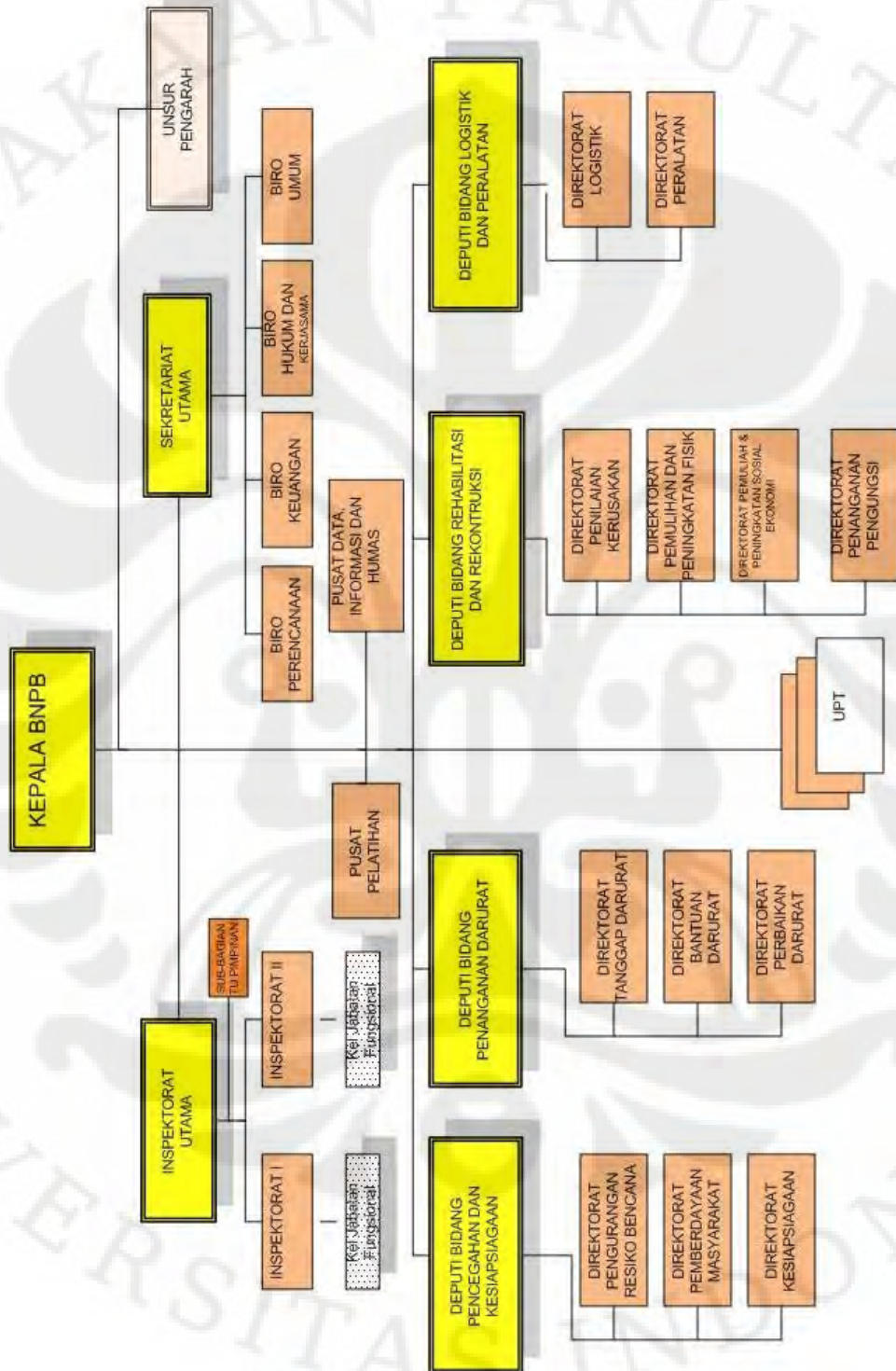
- [1] Fluvana Country. *Comprehensive Plan*. Fulvana Country Virginia. 2009.
- [2] Silvinati, Anasia. *INDONESIA: Safety and Security Equipment*. The U.S. Commercial Service. 2008.
- [3] Mabes POLRI. *Rancangan Roadmap Jaringan Komunikasi POLRI*. Divisi Telematika Mabes POLRI. 2008.
- [4] LPPM ITB. *Kajian Kebijakan dan Disain Pengembangan Sistem Komunikasi Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Pada Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta*. Pemda DKI – ITB. 2008.
- [5] Hallahan, Ryan. *Quantifying the Cost of a Nationwide Broadband Public Safety Wireless Network*. Journal Carnegie Mellon University. 2008.
- [6] Federal Communications Commission. *National Broadband Plan. Connecting America : The National Broadband Plan*. Federal Communications Commission. 2009.
- [7] Federal Communications Commission. *Emergency Communications during the Minneapolis Bridge Disaster: A Technical Case Study by the Federal Communications Commission's Public Safety and Homeland Security Bureau's Communications Systems Analysis Division*. 2008.
- [8] Buchana, David. *NPSTC 700 MHz Public Safety Broadband Task Force Report and Recommendations*. National Public Safety Telecommunications Council. 2009.
- [9] Baruan, Sandeep. *Disaster Communications in India*. <http://www.qsl.net/vu2msy/UTILITY.htm#DISASTER%20COMMUNICATION%20IN%20INDIA>
- [10] Annexure V. *The Indian Wireless Telegraphs (Amateur Radio) Rules, 1978*. Ministry of Communications, Government of India. Controller of Publications, Civil Lines, New Delhi. 1979.
- [11] *COAI PROPOSAL FOR THE 700 MHZ BAND*. Cellular Operators Associations of India. <http://210.212.79.13/DocFiles/Proposal%20from%20COAI.doc>

- [12] *TEMA proposal for 700 MHz band plan. Telecom Equipment Manufacturers' Association of India.*  
<http://210.212.79.13/DocFiles/Proposal%20from%20TEMA.doc>
- [13] *Joint Task Group (JTG) – India. GSM Association* [http://www.gsmworld.com/documents/india\\_letter\\_to\\_JTG\\_FINAL\\_040909.pdf](http://www.gsmworld.com/documents/india_letter_to_JTG_FINAL_040909.pdf)
- [14] REPORT ITU-R M.2033. *Radiocommunication Objectives and Requirements for Public Protection and Disaster Relief.* ITU. 2003.
- [15] Hewitt, Tim. *WiMAX Forum® Position Paper for WiMAX™ Technology in the 700 MHz Band.* WiMax Forum. 2008.
- [16] *Draft 'Buku Putih' Penyelenggaraan Televisi Digital Terrestrial Tetap (TVD-TT).* Departemen Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. 2009.
- [17] Debeasi, Paul. *Why is 700 MHz is so Valuable.* <http://www.searchmobilecomputing.com>. 2008
- [18] Cramton, Peter. *The 700 MHz Spectrum Auction: An Opportunity to Protect Competition In a Consolidating Industri.* Frontline Wireless, LCC. 2007.
- [19] Wibisono, Gunawan. *Konsep Teknologi Seluler.* Bandung. Informatika. 2007.
- [20] *Introductions to Cellular Communications.* <http://www.gsmfavorites.com/documents/introduction/gsm/>
- [21] Holma, Harri. *LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access.* John Wiley & Sons Ltd. 2009.
- [22] Ali Shah, Syed Hamid. *Comparison Between WiMAX and 3GPP LTE.* Thesis Master of Sience in Electrical engineering. Blekinge Institute of Technology. 2009.
- [23] Andrews, Jeffrey G. *Fundamentals of WiMAX Understanding Broadband Wireless Networking.* New Jersey. Prentice Hall. 2007.
- [24] Wu, Zhongshan, *MIMO OFDM Communication Systems: Channel Estimation and Wireless Location,* PhD Thesis, Dept. of Electrical & Computer Engineering, Louisiana State University, USA. 2006.
- [25] Holma, Harri. *WCDMA for UMTS.* John Wiley and Sons, Ltd. 2002.
- [26] Mishra, Ajay R. *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation. 2G/2.5G/3G ... Evolution to 4G.* West Sussex. John Wiley and Sons, Ltd. 2007.

- [27] Lloyd-Evans, R. *QoS in Integrated 3G Networks*. Norwood. Artech House, Inc. 2002.
- [28] Elnegaard, N. K. *Mobile Broadband Evolution and The Possibilities*. Elektronik. 2009.
- [29] Syed, Abdul Basit. *Dimensioning of LTE Network Description of Model and Tool, Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution*. Master Thesis of Science in Technology. Helsinki University of Technology. 2009.
- [30] Lehne, Per Hjalmar. *OFDM(A) for Wireless Communication*. R&I Research Report Telenor. 2008.
- [31] Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil DKI Jakarta. *Jumlah Penduduk Provinsi DKI Jakarta*.  
<http://www.kependudukancapil.go.id/index.php/statistik>
- [32] Badan Pusat Statistik. *Proyeksi Penduduk Indonesia 2000-2025*.  
<http://www.datastatistik-indonesia.com/proyeksi/index.php>
- [33] Satuan Koordinasi Pelaksana Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi Propinsi DKI Jakarta. *Struktur Organisasi dan Prosedur Tetap Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi Propinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta*. Pemda DKI Jakarta. 2002.
- [34] Kepolisian Negara Republik Indonesia. *Belajar Sejenak Pencegahan kejahatan dari dan di Korea*. [http://www.polri.go.id/indexwide.php?op=-news&id\\_rec=825](http://www.polri.go.id/indexwide.php?op=-news&id_rec=825)
- [35] Direktorat Kesehatan Gizi Masyarakat Deputy Bidang Sumber Daya Manusia dan Kebudayaan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. *Kajian Kebijakan Perencanaan Tenaga Kesehatan*. Bapenas. 2005.
- [36] Verison 0.6 . *Public Safety 700 MHz Broadband Statement of Requirement*. Verison. 2007.
- [37] Telecom Regulatory Authority of India. *Status Paper on Broadband Speed*. New Delhi. 2008.
- [38] Us Broadband Coalition. *Report of The US Broadband Coalition on a National Broadband Strategy*. Washington DC. 2009.
- [39] Ahmadzadeh, A. M. *Capacity and Cell-Range Estimation for Multitrafic User in Mobile WiMAX*. Madrid. 2008.
- [40] PT. Telkomsel. *DKI Jakarta Data*. Jakarta. 2009.

- [41] Zhang, Y. *Mobile WiMAX Toward Broadband Wireless Metropolitan Area Networks*. Boca Raton. Auerbach. 2008.
- [42] 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project. *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios; (Release 8)*. Valbonne. 3GPP. 2009.
- [43] 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project. *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios; (Release 9)*. Valbonne. 3GPP. 2009.
- [44] 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project. *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); and Evolved Universal terrestrial Radio Access Network (U-TRAN); Overall description; Stage 2 (Release 9)*. Valbonne. 3GPP. 2009.
- [45] Tellabs. *Forecasting the Take-up of Mobile Broadband Services*. Tellabs White Paper. 2009.
- [46] Abate, Z. *WiMAX RF System Engineering*. Artech House. Norwood. 2009.
- [47] Khausal, Shyam. *WiMAX in 700 MHz*. WiMAX Forum India Regional Presentation. 2008.
- [48] Yoga Perdanan, Aditya. *Perkiraan Kebutuhan Spektrum Frekuensi Untuk Impelentasi Layanan Mobile Broadband di Indonesia*. Skripsi Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia. 2009.
- [49] Newman, Stagg. *Public Safety Interoperable Communications and the 700 MHz D Block Proceeding*. Testimony for FCC En Banc Hearing. 2008.
- [50] Wibisono, Gunawan. *Peluang dan Tantangan Bisnis WiMAX di Indonesia*. Infomatika. Bandung. 2007.
- [51] Sachin. *WiMAX or LTE*. <http://www.4gwirelessjobs.com/articles/article-detail.php?WiMAX-or-LTE-&Arid=MTI5&Auid=MTI2>
- [52] Public Safety Fondation of America. *700 MHz "D" Block : Public Safety Application Needs Assessment*. Public Technology Institute White Paper. 2010.
- [53] Fire Department City of New York, Police Department City of New York. NYC Information Technology and Communications. *700 MHz Broadband Public Safety Applications And Spectrum Requirements*. New York. 2010.
- [54] LTE Planning Principles. Telecom Training. MPIRICAL. 2009.

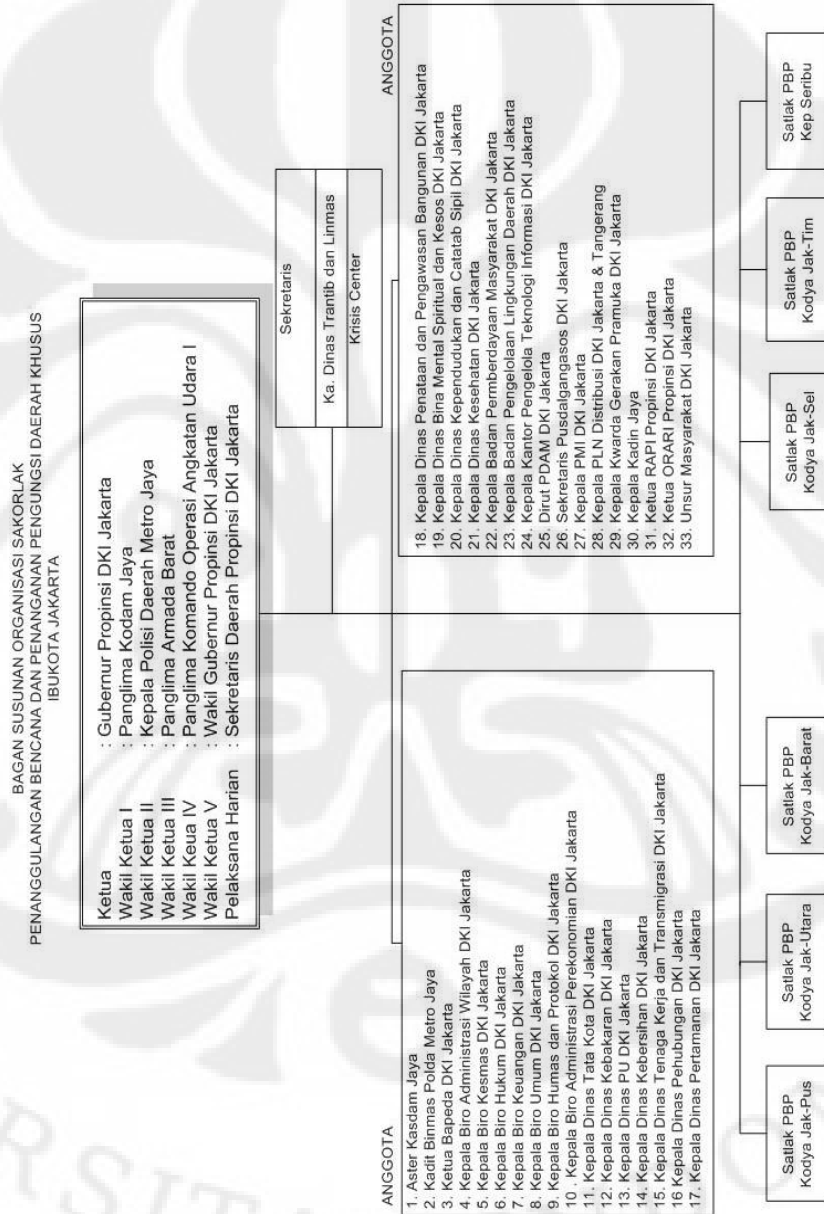
LAMPIRAN A STUKTUR ORGANISASI BNPB





## LAMPIRAN B STRUKTUR ORGANISASI PENANGGULANGAN BENCANA DAN PENANGANAN PENGUNGSI PROPINSI DKI JAKARTA

### a. Struktur organisasi untuk Satkorlak DKI Jakarta







## Lampiran D Format Kuisisioner

### **Kuesioner Sistem Jaringan Telekomunikasi Instansi Pemerintah yang Ruanglingkup Tupoksinya Penanganan *Public Safety***

Kuesioner ini sangat berguna sebagai bahan penulisan Penelitian Disertasi berjudul **“Sistem Jaringan Telekomunikasi Instansi Pemerintah yang Ruang lingkup Tupoksinya Penanganan *Public Safety*”**

Data-Data yang diperlukan :

1. Konfigurasi Jaringan Telekomunikasi Eksisting.
2. Rencana Pengembangan Jaringan Telekomunikasi
3. Teknologi yang digunakan
4. Bila menggunakan frekuensi radio, bekerja pada frekuensi berapa
5. Data biaya implementasi
6. Sejak kapan di bangun jaringannya
7. Layanan yang digunakan (voice, data, video)
8. Jumlah pengguna jaringan
9. Bentuk komunikasi internal, misalnya dari kantor pusat ke kantor cabang, dan antar instansi pemerintah lainnya. Komunikasi dengan instansi lainnya apakah sering, jarang, tidak pernah.
10. Kebutuhan kedepan : bentuk jaringan dan layanan yang diinginkan.
11. Data pengadaan peralatan telekomunikasi dalam 5 tahun terakhir.