

**PERANCANGAN DAN ANALISIS DESAIN JARINGAN *MOBILE WIMAX*  
(*WORLDWIDE INTEROPEABILITY FOR MICROWAVE ACCESS*) 802.16e  
DI DAERAH SUB URBAN (STUDI KASUS DI KOTA KEDIRI)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**ZIKRIE PRAMUDIA ALFARISHI**

**NIM. 105060309111005**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**PERANCANGAN DAN ANALISIS DESAIN JARINGAN *MOBILE WIMAX***  
***(WORLDWIDE INTEROPEABILITY FOR MICROWAVE ACCESS) 802.16e***  
**DI DAERAH SUB URBAN (STUDI KASUS DI KOTA KEDIRI)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**ZIKRIE PRAMUDIA ALFARISHI**

**NIM. 105060309111005**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Dosen Pembimbing I**

**Ali Mustofa ST., MT**  
**NIP. 19710601200003 1 001**

**Dosen Pembimbing II**

**Gaguk Asmungi ST., MT.**  
**NIP. 19670627199802 1 001**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

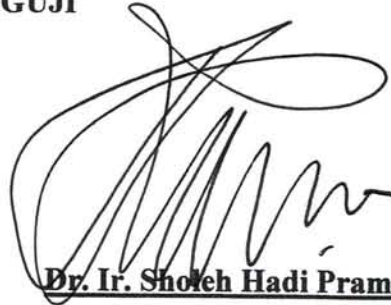
**KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 12 Agustus 2014

**DOSEN PENGUJI**



**Ir. Endah Budi Purnomowati, M.T.**  
NIP. 19621116 198903 2 002



**Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.**  
NIP. 19580728198701 1 001



**Ir. Wahyu Adi Priyono, MSc.**  
NIP. 19600518 198802 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



**M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph. D.**  
NIP. 19741203 200012 1 001

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah memberi petunjuk dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Perancangan dan Analisis Desain Jaringan *Mobile Worldwide Interoperability For Microwave Access* di Daerah Sub Urban (Studi Kasus di Kota Kediri)”.

Kota Kediri sebagai daerah yang berkembang dan sedang meningkatkan kualitas hidup masyarakatnya dengan berbagai macam rangsangan pertumbuhan ekonomi dan pendidikan. Hal ini sangat berpengaruh pada aktifitas dan gaya hidup penduduknya khususnya di dalam hal pemenuhan kebutuhan akan komunikasi dan informasi. WiMAX 802.16e merupakan salah satu teknologi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan performansi yang lebih tinggi daripada teknologi *wireless* sebelumnya serta sangat mendukung kondisi LOS dan NLOS, teknologi ini sangat implementatif terhadap kondisi geografis dan karakteristik wilayah Kota Kediri.

Dengan selesainya Skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, M.S., Rektor Universitas Brawijaya yang telah memberikan saya kesempatan menuntut ilmu di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Ali Mustofa, S.T., M.T. sebagai pembimbing pertama yang telah membimbing penulisan dan analisis data dengan sabar, dan senantiasa memberi semangat, sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini.



3. Gaguk Asmungi, S.T., M.T. sebagai pembimbing kedua yang dengan sabar telah membimbing untuk bisa menulis dengan baik, dan senantiasa memberi semangat, sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini.
4. Ir. Wahyu Adi Prijono, M.T., Ir. Endah Budi P., M.T., Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. sebagai tim penguji Skripsi.
5. Kawan – kawan seperjuangn Elektro UB Wahyu, Fredrick, anas, Wisnu, Ira, Fauzi dan semuanya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu..
6. Ibunda Mudsyarofah dan ayahanda Drs. Prayitno, M.Si. atas segala dukungan dan doanya.
7. Aylinda Wahyuni Putri, S.Gz. sebagai pembimbing kehidupan yang telah menyemangati, mendoakan, membantu terselesaikannya Skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis membuka diri untuk segala saran dan kritik yang membangun.

Akhirnya, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 10 Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR GRAFIK .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
ABSTRAK .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Mobile WiMAX (802.16e) .....	5
2.1.1 <i>Broadband Wireless Access (BWA)</i> .....	6
2.1.2 <i>Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)</i> .....	7
2.1.3 <i>Standar Mobile WiMAX</i> .....	8
2.1.4 <i>WiMAX Forum</i> .....	9
2.1.5 <i>Arsitektur WiMAX</i> .....	10
2.1.6 <i>Elemen/ Perangkat WiMAX</i> .....	15
2.1.7 <i>Komunikasi WiMAX</i> .....	19
2.1.8 <i>Topologi WiMAX</i> .....	21



2.1.9	Spektrum Frekuensi WiMAX .....	23
2.1.10	Protokol IEEE 802.16e.....	24
2.1.11	Prinsip Kerja WiMAX .....	30
2.1.12	Kelebihan dan Kelemahan WiMAX 108.16e .....	31
2.2	Klasifikasi Daerah.....	32
2.2.1	Daerah Urban .....	33
2.2.2	Daerah Suburban.....	33
2.2.3	Daerah Rural .....	33
2.3	Peramalan Jumlah Pelanggan.....	34
2.3.1	Peramalan Jumlah Penduduk .....	35
2.3.2	Usia Produktif .....	39
2.3.3	Faktor Penetrasi.....	40
2.3.4	Pelanggan WiMAX.....	40
2.4	Perencanaan Menggunakan <i>Mobile WiMAX (802.16e)</i> .....	40
2.4.1	Kapasitas Kanal.....	40
2.4.2	<i>Bandwidth</i> .....	41
2.4.3	<i>Bit rate</i> .....	42
2.4.4	Modulasi QPSK .....	43
2.4.5	<i>Quadrature Amplitude Modulation (QAM)</i> .....	44
2.4.6	<i>Pathloss</i> .....	45
2.4.7	Radius sel .....	46
2.4.8	Lokasi BS .....	49

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Jenis Data dan Cara Pengambilan Data .....	51
3.1.1	Data Primer .....	51
3.1.2	Data Sekunder .....	52
3.1	Variabel dan Cara Analisis Data.....	52
3.2.1	Variabel Data.....	52
3.2.2	Cara Analisis Data.....	53
3.2	Kerangka Solusi Permasalahan .....	54
3.3.1	Peramalan Jumlah Pelanggan.....	54





3.3.2 Konfigurasi Jaringan <i>Mobile Wimax</i> .....	56
3.3.3 Perencanaan Jaringan <i>Mobile Wimax</i> .....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Kondisi Wilayah Perencanaan .....	59
4.2 Peramalan Jumlah Pelanggan.....	61
4.2.1 Perkiraan Jumlah P.enduduk .....	61
4.2.2 Usia Produktif .....	70
4.2.3 Penentuan Faktor Penetrasi dan Jumlah Pelanggan .....	72
4.3 Konfigurasi Jaringan <i>Mobile WiMAX</i> .....	73
4.4 Perencanaan Jaringan <i>Mobile WiMAX</i> .....	75
4.4.1 Kapasitas Kanal .....	75
4.4.2 <i>Bandwidth</i> .....	77
4.4.3 <i>Bit Rate</i> .....	79
4.4.4 <i>Pathloss</i> .....	81
4.4.5 Radius Maksimum BS .....	83
4.4.6 Penentuan Lokasi BS .....	87
4.4.7 Kabel Transmisi .....	88
4.4.8 Penentuan Jenis Antena BS .....	95
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	98
5.2 Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA .....	100
LAMPIRAN	

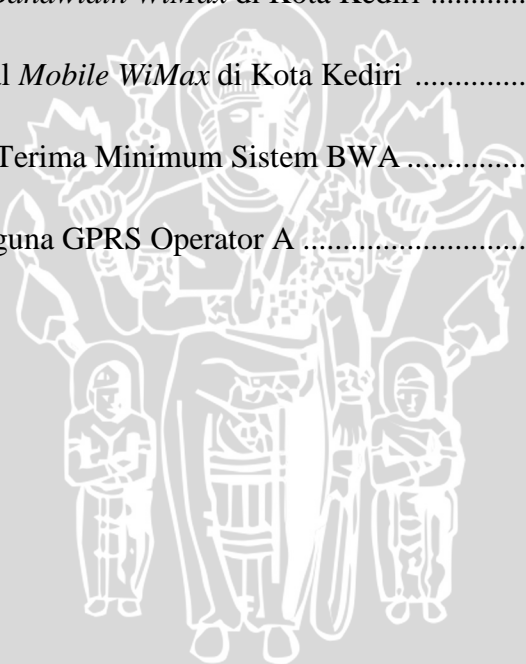


## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Lambang WiMAX Forum.....	11
Gambar 2.2 Arsitektur WiMAX .....	12
Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan WiMAX.....	12
Gambar 2.4 Arsitektur SS WiMAX Fujitsu.....	13
Gambar 2.5 Arsitektur BS WiMAX Fujitsu .....	15
Gambar 2.6 Jangkauan Antena <i>Omnidirectional</i> (360° dari <i>Base Station</i> ).....	18
Gambar 2.7 Jangkauan Antena Sektor 60°C dari <i>Base Station</i> .....	18
Gambar 2.8 Antena <i>Panel</i> .....	19
Gambar 2.9 Tipe-tipe antena WiMAX.....	19
Gambar 2.10 Konfigurasi <i>Point to Point</i> dan <i>Point to Multipoint</i> .....	22
Gambar 2.11 Protokol IEEE 802.16/16e.....	24
Gambar 2.12 Perbandingan FDD dan TDD.....	26
Gambar 2.13 Hubungan Radius Jangkauan dengan Sistem Modulasi.....	27
Gambar 2.14 Prinsip Kerja WiMAX .....	30
Gambar 2.15 <i>Multipath</i> (Lintasan Jamak) pada Sistem Komunikasi <i>Wireless</i> ...	32
Gambar 2.16 Metode <i>Trend Linier</i> .....	36
Gambar 2.17 Metode <i>Trend Kuadratik</i> .....	37
Gambar 2.18 Metode <i>Trend Eksponensial</i> .....	38
Gambar 2.19 Diagram <i>Konstelasi</i> Modulasi QPSK .....	43
Gambar 2.20 Diagram <i>Konstelasi</i> 16 QAM .....	44
Gambar 2.21 Diagram <i>Konstelasi</i> 64 QAM .....	44
Gambar 3.1 Diagram Alir Solusi Permasalahan .....	54
Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan Jaringan <i>Mobile</i> WiMAX .....	57
Gambar 4.1 Peta Kota Kediri .....	63

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Jumlah Penduduk Kota Kediri Tahun 2008-2012 .....	64
Grafik 4.2 Nilai Faktor Penetrasi Kota Kediri .....	74
Grafik 4.3 Jumlah Pelanggan <i>WiMax</i> Operator A .....	75
Grafik 4.4 Kebutuhan Kapasitas Kanal Operator A .....	78
Grafik 4.5 Kebutuhan <i>Bandwidth WiMax</i> di Kota Kediri .....	81
Grafik 4.6 Bit rate Total <i>Mobile WiMax</i> di Kota Kediri .....	84
Grafik 4.7 Batas Daya Terima Minimum Sistem BWA .....	86
Grafik 4.8 Trafik Pengguna GPRS Operator A .....	93



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Parameter-Parameter Sistem Mobile WiMAX .....	7
Tabel 2.2 Beberapa Jenis Perangkat Akses WiMAX .....	20
Tabel 2.3 Pembagian Klasifikasi Daerah .....	34
Tabel 2.4 Daya Terima Minimum Sistem BWA .....	46
Tabel 2.5 Model Parameter 802.16 rev.e untuk Tipe <i>Terrain</i> yang Berbeda .....	48
Tabel 4.1 Luas Wilayah Kota Kediri .....	62
Tabel 4.2 Jumlah Penduduk Kota Kediri Tahun 2008 – 2012 .....	64
Tabel 4.3 Jumlah Penduduk dan Bangunan di Kota Kediri .....	65
Tabel 4.4 Peramalan Jumlah Penduduk Kecamatan Pesantren.....	65
Tabel 4.5 Analisis Persentase Kesalahan pada Tiap Kecamatan .....	68
Tabel 4.6 Parameter Peramalan Jumlah Penduduk di Kecamatan Kota .....	69
Tabel 4.7 Parameter Peramalan Jumlah Penduduk di Kecamatan Pesantren .....	71
Tabel 4.8 Parameter Peramalan Jumlah Penduduk di Kecamatan Mojoroto.....	72
Tabel 4.9 Perkiraan Jumlah Penduduk Kota Kediri Tahun 2016.....	73
Tabel 4.10 Data Jumlah BTS per Operator di Indonesia .....	74
Tabel 4.11 Lokasi BS Operator A di Kota Kediri.....	74
Tabel 4.12 Nilai Faktor Penetrasi Kota Kediri.....	75
Tabel 4.13 Jumlah Pelanggan WiMAX Operator A tahun 2014 .....	76
Tabel 4.14 Kebutuhan Kapasitas Kanal Operator A tahun 2014.....	79
Tabel 4.15 Kebutuhan <i>Bandwidth</i> WiMAX di Kota Kediri .....	81
Tabel 4.16 <i>Bit rate</i> Total <i>Mobile</i> WiMAX di Kota Kediri .....	84
Tabel 4.17 Batas Daya Terima Minimum Sistem BWA.....	85
Tabel 4.18 Model Parameter SUI Propagation Model.....	86
Tabel 4.19 Radius Base .....	91
Tabel 4.20 Trafik Pengguna GPRS Bulan Maret 2012 .....	92
Tabel 4.21 Lokasi Penempatan BS di Kota Kediri .....	92
Tabel 4.22 Spesifikasi Kabel Transmisi .....	93
Tabel 4.23 Spesifikasi Antena .....	94
Tabel 5.1 Rekomendasi Perencanaan <i>Mobile</i> WiMAX di Kota Kediri.....	95



## ABSTRAK

**Zikrie Pramudia Alfarishi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2014, *Perancangan dan Analisis Desain Jaringan Mobile WiMAX 802.16e di Daerah Sub Urban (Studi Kasus di Kota Kediri)*, Dosen pembimbing : Ali Mustofa, ST. MT. dan Gaguk Asmungi, ST., MT.**

Jaringan *mobile* WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) 802.16e mempunyai banyak keunggulan dibandingkan teknologi WiFi atau WLAN. Keunggulan itu diantaranya adalah kemampuan transfer data yang cukup tinggi, kapasitas dan *throughput* yang tinggi, mendukung mekanisme *handoff*, penyimpanan daya untuk *mobile device* serta mendukung LOS dan NLOS. Dari beberapa keunggulan tersebut tentunya dapat dijadikan acuan untuk membuat suatu perencanaan jaringan *wireless* yang handal di sebuah daerah. Kota Kediri adalah salah satu kota berkembang yang ada di Jawa Timur dan tergolong dalam kategori sub urban dengan kepadatan penduduk rata-rata sebesar 119 jiwa/Ha, dan pertumbuhan penduduk yang mencapai 5% per tahun. Dengan karakteristik wilayah yang bertumpu pada industri dan pendidikan sangat berpengaruh terhadap kebutuhan akan sistem komunikasi dan informasi. Melalui analisis matematis dan grafis diketahui ada beberapa parameter yang direkomendasikan sebagai acuan untuk penerapan *mobile* WiMAX 802.16e di Kota Kediri, antara lain: kebutuhan trafik 61,52 Erlang, 46 kapasitas kanal, *bandwidth* sebesar 3,75 MHz, bit rate 22,5 Mbps, dengan modulasi 64 QAM dan *pathloss* sebesar 124 dB. Sesuai dengan karakter geografis, sistem ini menggunakan konsep WMAN dengan topologi *point to multipoint* dan *base station* sejumlah 3 buah yang masing-masing dengan radius sel 3 Km.

Kata Kunci: Perancangan, *Mobile* WiMAX 802.16e, Sub Urban, Kediri

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Jaringan internet tanpa kabel/*nirkabel* sangat sering disebut dengan *wireless* telah menjadi salah satu kebutuhan bahkan gaya hidup bagi masyarakat, baik di perkotaan maupun pedesaan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan akan kebutuhan komunikasi dan informasi. Sebagai suatu sarana yang mendukung kebutuhan komunikasi dan informasi, teknologi *nirkabel* tentunya harus mempunyai keandalan dalam hal akses data baik teks, gambar, suara, maupun video. Contoh jaringan *nirkabel* yang sudah ada sekarang ini adalah *Wireless-Fidelity* (Wi-Fi) atau biasa disebut dengan WLAN. Namun Wi-Fi mempunyai beberapa kelemahan diantaranya cakupan area dan *transfer rate* yang terbatas. Hal ini berbanding terbalik dengan kondisi kebutuhan masyarakat akan suatu jaringan yang memiliki *transfer rate* yang tinggi, cakupan area yang lebih luas, serta kemampuan untuk bisa mengakses data meskipun dalam keadaan bergerak.

Sekarang ini muncul suatu teknologi *nirkabel* yang terbaru yang disebut *mobile WiMAX* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Teknologi ini secara resmi disebut sebagai standar 802.16e. *Mobile WiMAX* datang untuk menjawab permasalahan yang ada di sektor *broadband*. *Mobile WiMAX* merupakan perpanjangan dari WiMAX tetap yang memiliki standar 802.16d dan memiliki spektrum 2.6 GHz yang memungkinkan orang tetap berkomunikasi saat berjalan kaki atau berkendara. Kemampuannya mentransfer data cukup tinggi,



yaitu 100 Mbps. Selain itu, *Mobile WiMAX* (802.16e) mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan teknologi sebelumnya dalam hal kecepatan transfer data, kapasitas dan *throughput* lebih tinggi, mendukung mekanisme *handoff*, penyimpanan daya untuk *mobile device*, modulasi adaptifnya serta mendukung LOS dan non LOS.

Dari beberapa keunggulan *mobile WiMAX* (802.16e) di atas, tentunya dapat dijadikan sebagai acuan untuk membuat suatu perencanaan jaringan *nirkabel* yang handal berbasis *mobile WiMAX* (802.16e). Proses perencanaan jaringan *mobile WiMAX* (802.16e) ini harus disesuaikan dengan keadaan wilayah serta seberapa besar *bandwidth* di daerah tersebut. Kota Kediri dengan jumlah penduduk sebesar 630.000 jiwa dengan kepadatan rata-rata efektif sebesar 100 jiwa/Ha pada tahun 2012 dan bertambah di tahun - tahun berikutnya. Di samping itu Kota Kediri salah satu kota industri dan sedang berkembang menjadi kota pendidikan tentunya perlu suatu jaringan internet *mobile* yang mampu mengakomodir akan kebutuhan informasi dengan kecepatan cukup tinggi.

Hasil dari penulisan skripsi ini diharapkan menjadi salah satu pertimbangan dalam melakukan perencanaan jaringan *mobile WiMAX* (802.16e) di Kota Kediri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang maka rumusan masalah ditekankan pada:

1. Bagaimana merancang jaringan *mobile WiMAX* (802.16e) di Kota Kediri?



2. Bagaimana menerapkan konsep WMAN dalam mendesain konfigurasi jaringan *mobile* WiMAX (802.16e) di Kota Kediri?
3. Bagaimana performansi yang bisa ditunjukkan pada jaringan *mobile* WiMAX (802.16e)?

### 1.3 Batasan Masalah

Penelitian jaringan *mobile* WiMAX (802.16e) ini dilakukan di Kota Kediri. Aspek penelitian ini didasarkan pada:

1. Standar yang digunakan adalah *Mobile* WiMAX (802.16e) yang mengacu pada IEEE 8A216.
2. Perancangan disesuaikan dengan karakteristik geografis Kota Kediri.
3. Penentuan parameter penunjang disesuaikan dengan data salah satu perusahaan operator telekomunikasi yang ditunjuk.
4. Perencanaan jaringan *mobile* WiMAX (802.16e) ini digunakan untuk keperluan sambungan internet.
5. Konfigurasi yang digunakan adalah WMAN.
6. Pada perancangan ini tidak membahas tentang sistem keamanan jaringan

### 1.3 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah kajian dalam mewujudkan suatu rancangan jaringan internet berbasis *mobile* WiMAX (802.16e) di Kota Kediri.



#### 1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab. Bab I Pendahuluan, membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, dan tujuan. Bab II Dasar Teori, memuat tentang *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN), *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX) 802.16e, perencanaan WMAN menggunakan mobile WiMAX (802.16e). Bab III Metodologi Penelitian, memuat tentang jenis data dan cara pengambilan data variabel dan cara analisa data dan kerangka solusi permasalahan dalam mengerjakan penelitian, sistematika penulisan, serta rencana kegiatan. Bab IV Hasil dan Pembahasan, memuat tentang perencanaan terperinci tentang struktur jaringan *mobile* WiMAX (802.16e) di Kota Kediri beserta dengan analisa dan perhitungannya. Bab V Penutup, berisi kesimpulan dan saran dari analisa yang telah dilakukan yang diperoleh dari perencanaan sebelumnya.

## BAB II

### DASAR TEORI

Perkembangan teknologi dalam dunia telekomunikasi semakin memudahkan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhannya dalam bidang tersebut. Saat ini *wireless/nirkabel* adalah salah satu teknologi yang sedang berkembang yang menyediakan layanan tanpa menggunakan kabel, sehingga menggunakan medium udara. Jaringan *nirkabel* saat ini penggunaannya sudah sangat luas. Komunikasi data berupa teks, suara, gambar maupun video dapat dilayani oleh jaringan *nirkabel* dengan suatu jarak tertentu. Teknologi yang digunakan pada jaringan *nirkabel* antara lain *infrared*, frekuensi radio dan sebagainya. Sedangkan piranti yang biasa digunakan untuk mendukung fasilitas *nirkabel* diantaranya adalah komputer, *laptop*, telepon seluler, televisi dan lain sebagainya.

Perkembangan teknologi *nirkabel* juga semakin cepat. Saat ini layanan *nirkabel* sudah dapat digunakan dalam keadaan *mobile*, sehingga semakin memudahkan konsumen. Industri seluler adalah salah satu bidang industri yang memanfaatkan perkembangan ini, dan karena perkembangan inilah maka pelayanan yang diberikan bisa semaksimal mungkin. Karena hal ini, kebutuhan masyarakat terhadap seluler sudah menjadi salah satu kebutuhan dasar masyarakat modern.

Saat ini, jaringan *nirkabel* yang dapat menyediakan layanan yang handal menjadi prioritas dalam pengembangannya. Kendala yang dihadapi layanan ini



adalah mengenai *coverage area* dan *transfer rate*. Sebuah jaringan *nirkabel* yang baik adalah jaringan yang mampu melayani banyak *user* namun dengan *transfer rate* yang cukup besar.

Hadirnya *mobile WiMAX* menjadi sebuah angin segar bagi perkembangan jaringan *nirkabel*, dengan menerapkan konvergensi antara *mobile* dan *fixed broadband network* melalui teknologi *broadband radio*. Dalam penjaminan kualitas dan regulasi pelayanan, peran dari suatu institusi sangat diperlukan. IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineer*) adalah salah satu institusi yang berperan dalam penentuan standarisasi layanan *wireless*. Dalam membangun sebuah standarisasi untuk jaringan *wireless*, IEEE telah menetapkan beberapa hal yang harus dipenuhi, seperti frekuensi yang digunakan, *bandwidth* sistem, modulasi yang digunakan, *power management* dan sebagainya.

### 2.1 Mobile WiMAX (802.16e)

*Mobile WiMAX* merupakan salah satu teknologi sistem *Broadband Wireless Access* (BWA) yang menyediakan data *rate* tinggi. *Mobile WiMAX* merupakan pengembangan dari standar *WiMAX* yang sebelumnya. Sehingga *mobile WiMAX* merupakan solusi *Broadband Wireless Access* (BWA) yang juga memungkinkan penggabungan antara jaringan *mobile broadband* dan *fixed broadband* dengan cakupan area layanan yang luas serta arsitektur jaringan yang fleksibel. Sistem ini memiliki standar *bandwidth* 5 MHz hingga 10 MHz. Jumlah *subcarrier* yang dapat digunakan pada *mobile WiMAX* bersifat *scalable*,

sedangkan pada standar WiMAX yang sebelumnya jumlah *subcarrier* bersifat tetap atau *fixed*. (AmitabhKumar,2008)

**Tabel 2.1 Parameter-Parameter Sistem Mobile WiMAX**

Parameter	Value
Operating Frequency	2300 MHz
Duplex	TDD
Channel Bandwith	5 MHz
Modulation Techniques	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Radius Cell	2-5 kilometers
BS Height	32 meters
Mobile Terminal Height	1,5 meters
BS Maximum Power Amplifier Power	35 dBm
BS Antenna Gain	16 dBi
MS Antenna Gain	0 dBi
Mobile Terminal Maximum PA Power	23 dBm
Operating Temperature	0°C - 40°C

Sumber: WiMAX Forum, 2006

### 2.1.1 *Broadband Wireless Access (BWA)*

Saat ini teknologi *wireless* mulai bergerak ke arah teknologi *Broadband WirelessAccess (BWA)*. Teknologi ini dipersiapkan untuk layanan multimedia generasi keempat (4G).Teknologi *Broadband Wireless Access (BWA)* adalah suatu teknologi akses yang menjanjikan *bandwidth* yang lebar dengan kecepatan data yang tinggi. Terdapat perbedaan antara teknologi BWA dengan teknologi *nirkabel* yang sudah ada (*mobile communication* seperti GSM), yaitu pada tujuan penggunaan dan kecepatannya. Penggunaan teknologi *nirkabel* diutamakan untuk layanan suara (*voice*) sedangkan untuk menyalurkan data hanya digunakan



kecepatan sebesar 9,6 Kbps. Dibandingkan dengan teknologi *nirkabel*, teknologi *broadband wireless* menjanjikan layanan pengiriman data (bisa berisi data multimedia) dengan kecepatan antara 1,5 Mbps sampai dengan 128 Mbps. Menurut rekomendasi ITU-T no.I.113, komunikasi *broadband* didefinisikan sebagai komunikasi dengan kecepatan transmisi antara 1,5 Mbps hingga 2 Mbps.

Standar *Broadband Wireless Access* (BWA) yang saat ini umum diterima dan secara luas digunakan adalah standar yang dikeluarkan oleh *Institut of Electrical and Electronics Engineering* (IEEE). Beberapa standar BWA antara lain adalah standar 802.11 untuk jaringan *Wireless Fidelity* (WiFi), 802.15 untuk *Personal Area Network* (PAN), dan 802.16 untuk jaringan *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX). (Gunawan Wibisono, 2009)

### **2.1.2 *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX)**

*Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX) merupakan standar industri yang bertugas menginterkoneksi berbagai standar teknis yang bersifat *global* menjadi satu kesatuan. WiMAX merupakan saluran komunikasi radio yang memungkinkan terjadinya jalur internet dua arah dari jarak puluhan kilometer. Dengan memanfaatkan gelombang radio, teknologi ini bisa dipakai dengan frekuensi berbeda, sesuai dengan kondisi dan peraturan penggunaan frekuensi di negara *user*.

Pada awalnya standar IEEE 802.16 beroperasi pada frekuensi 10-66 GHz dan memerlukan *tower line of sight*. Pengembangan IEEE 802.16a kemudian diperbaharui pada bulan Maret 2004 menjadi 802.16-2004 (dikenal juga dengan



806.16d) menggunakan rentang frekuensi yang lebih rendah yaitu sebesar 2-11 GHz, sehingga mudah diatur dan tidak membutuhkan *tower line of sight*. Standar 802.16d, dikenal juga dengan *fixed WiMAX*, diperbaharui lagi menjadi 802.16e padatahun 2005 dengan menambahkan kemampuan untuk aplikasi *user* yang bergerak atau *mobile*. Oleh karena itu, standar 802.16e dikenal juga sebagai *mobile WiMAX*.

Standar WiMAX dibentuk oleh gabungan industri-industri perangkat *wireless* dan *chip-chip* komputer di seluruh dunia. Industri-industri ini bergabung dalam suatu forum kerjayaitu WiMAX Forum. WiMAX Forum bertugas untuk merumuskan standar interkoneksi antar teknologi BWA yang mereka miliki pada produk-produknya. (Gunawan Wibisono, 2009)

### 2.1.3 Standar Mobile WiMAX

Perkembangan *mobile WiMAX* berawal dari pembentukan grup IEEE 802.16 yang berfokus pada pengembangan sistem *point-to-point LOS* (*line of sight*) untuk komunikasi *wireless broadband* yang beroperasi pada frekuensi 10 GHz - 66 GHz. Selanjutnya grup ini mengeluarkan revisi yaitu 802.16a yang dapat mendukung aplikasi *non line of sight* (NLOS) pada frekuensi 2 GHz - 11 GHz. Karena mendukung aplikasi NLOS, maka standar ini menjadi solusi awal untuk transmisi jarak jauh dengan banyak bangunan antara *transmitter* dan *receiver*. Standar ini juga mendukung aplikasi *point-to-multipoint*. Pada tahun 2004 IEEE mengeluarkan standar IEEE 802.16rev 2004 atau juga disebut IEEE 802.16d dan

pada tahun 2005 IEEE mengeluarkan standar IEEE 802.16e yang merupakan pengembangan dari standar IEEE 802.16d yakni mendukung aplikasi *mobile*.

Standar yang digunakan *mobile* WiMAX mengacu pada standar IEEE 802.16e. Standar WiMAX 802.16e mendukung untuk aplikasi *portable* dan *mobile* sehingga dikondisikan mampu *handoff* dan *roaming*.

Berdasarkan IEEE 802.16e-2005 pada *mobile* WiMAX dibedakan dalam tiga PHY layer yang berbeda, mencakup *single-carrier transmission*, *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (OFDM), dan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA). Pada *single-carrier* dan OFDM menggunakan TDMA murni, sedangkan pada OFDMA menggunakan dimensi waktu dan frekuensi untuk alokasi sumberdaya. Dari ketiga teknologi di atas, OFDMA telah dipilih oleh WiMAX forum sebagai teknologi dasar untuk layanan *mobile*.

#### 2.1.4 WiMAX Forum

Wimax Forum yang merupakan organisasi non-profit dibentuk pada April 2001 dan memiliki lambang yang ditunjukkan pada gambar 2.1. WiMAX Forum bertugas untuk mempromosikan dan mensertifikasi aspek *compatibility* dan *interoperability* dari teknologi atau produk *broadband wireless* yang menggunakan standar IEEE 802.16. Produk yang telah mendapat sertifikasi WiMAX Forum (*WiMAX Forum Certified™*) dijamin memenuhi standar *interoperability* dan *compatibility*.

Anggota WiMAX Forum terdiri dari manufaktur komponen, sistem *wireless*, *service provider*, *network operator*, dan organisasi ekosistem.



Berdasarkan data pada bulan Oktober 2007, anggota WiMAX Forum lebih dari 470 perusahaan, termasuk 141 operator. Pada bulan Januari 2005, WiMAX Forum telah menetapkan Cetecom di Spanyol sebagai laboratorium independen yang akan melakukan pengetesan perangkat WiMAX. Pengetesan sistem WiMAX telah dimulai pada bulan November 2005. (Gunawan Wibisono, 2009)



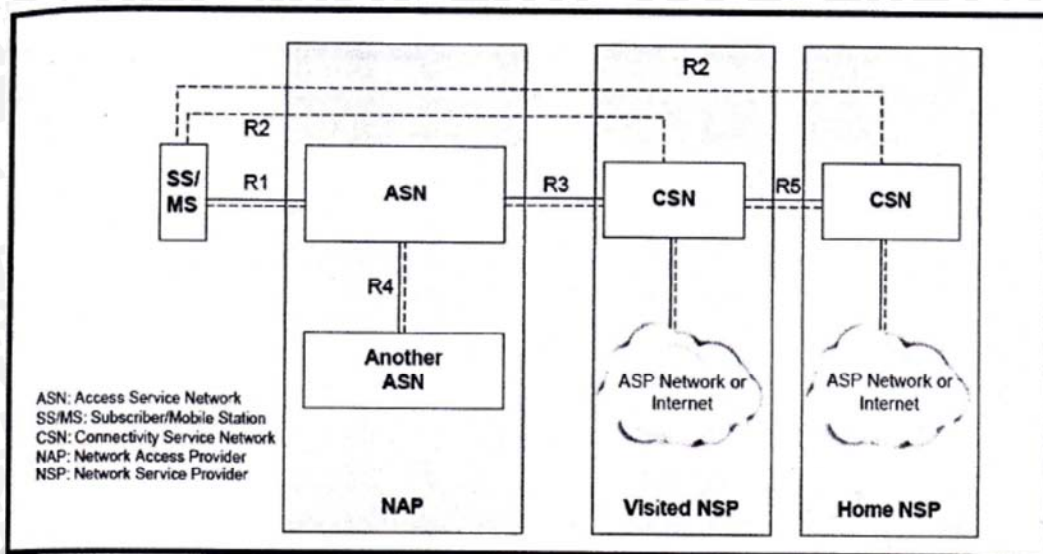
**Gambar 2.1 Lambang WiMAX Forum**

Sumber :<http://wimaxforum.org>

### 2.1.5 Arsitektur WiMAX

Arsitektur WiMAX secara umum terdiri dari tiga bagian, yaitu *Mobile Station* (MS) atau *Subscriber Station* (SS), *Access Service Network* (ASN) dan *Connectivity Service Network* (CSN). ASN terdiri dari dua bagian, yaitu *Base Station* (BS) dan *ASN Gateway*. BS dihubungkan secara *point to multipoint* untuk melayani pelanggan sampai *radius* beberapa kilometer tergantung pada frekuensi, daya pancar dan sensitivitas penerima. Sedangkan SS terdapat di pelanggan yang dapat berupa *fixed*, *portable* maupun *mobile*.

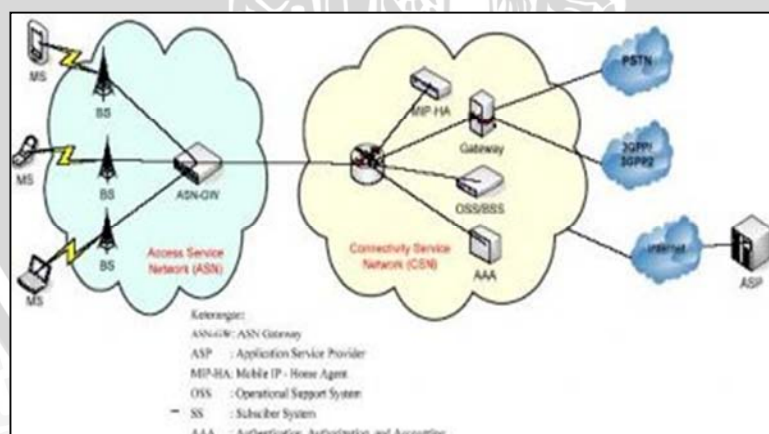




**Gambar 2.2 Arsitektur WiMAX**

Sumber: Nat Natarajan, Prekash Iyer, Muthaiah Yenkatachalam, Anand Bedekar, and Eren Gonen. 2008: 150

Sedangkan dalam aplikasi di lapangan, konfigurasi WiMAX ditunjukkan dengan gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Konfigurasi jaringan WiMAX**

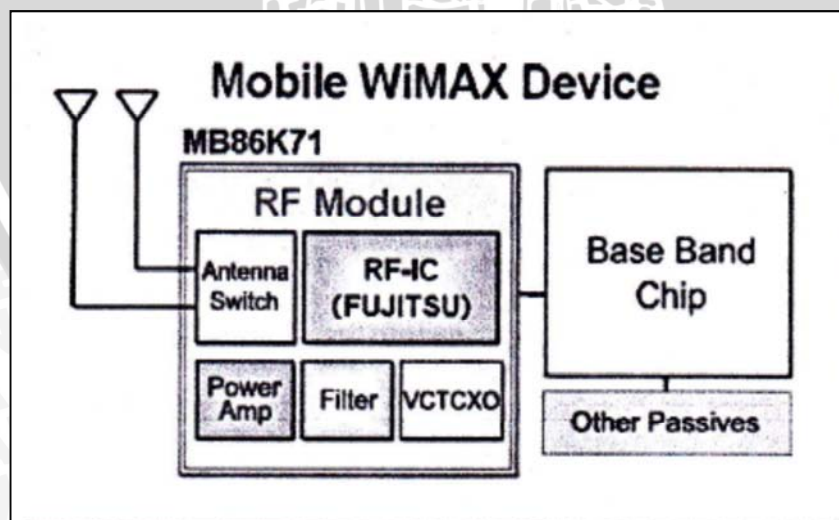
Sumber: <http://www.digilib.itelkom.ac.id>

Konfigurasi jaringan WiMAX pada gambar di atas merupakan konfigurasi untuk jenis pelanggan yang *fixed* atau tidak bergerak maupun bergerak tetapi dengan pergerakan yang terbatas atau *limited mobility*.

Bagian-bagian arsitektur WiMAX terdiri atas: *Subscriber Station (SS)*, *Access Service Network (ASN)* dan *Connectivity Service Network (CSN)*.

**a. Subscriber Station (SS)**

SS merupakan perangkat yang berada di pelanggan yang menyediakan sambungan antara pelanggan dengan BS dan terdiri dari tiga bagian utama yaitu modem, radio dan antena. Modem merupakan antarmuka antara jaringan pelanggan dan *access network*. Sedangkan radio merupakan antarmuka antara modem dan antena. Ketiga bagian tersebut dapat terpisah, terintegrasi per bagian atau terintegrasi penuh dalam satu atau dua perangkat. SS dapat berupa pelanggan bisnis, perkantoran dan perumahan yang merupakan layanan untuk *public network*.



**Gambar 2.4 Arsitektur SS WiMAX Fujitsu**

Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2006: 57





Fungsi masing-masing module dalam perangkat SS WiMAX:

- *Antena Switch*: Pemilih frekuensi yang ditangkap yang selanjutnya akan diteruskan ke sistem.
- *RF-IC*: mengatur dan mengontrol kerja sistem RF.
- *Power Amplifier*: menguatkan daya yang diterima oleh sistem RF.
- *Filter*: melakukan pemilihan terhadap frekuensi yang diinginkan.
- *VCTCXO (Voltage Controlled, Temperature, Compensated Crystal Oscillator)*: mengatur kontrol, suhu, dan rugi rugi kristal osilator.
- *Base Band Chip*: pusat kerja dari SS WiMAX yang mengatur dan mengontrol semua hal yang dilakukan oleh SS WiMAX.

**b. Access Service Network (ASN)**

ASN merupakan subsistem yang memberikan semua fungsionalitas koneksi radio dengan pelanggan WiMAX. Tugas utama dari ASN adalah sebagai berikut:

- Menyediakan konektivitas ke pelanggan WiMAX.
- Mengatur mekanisme *radio resource management (RRM)*, seperti *handover* (IEEE 802.16e).
- *Paging and location management* (IEEE 802.16e)
- Mengkoneksikan antara SS dengan CSN.
- *Tunneling data dan signaling* antara ASN dengan CSN.

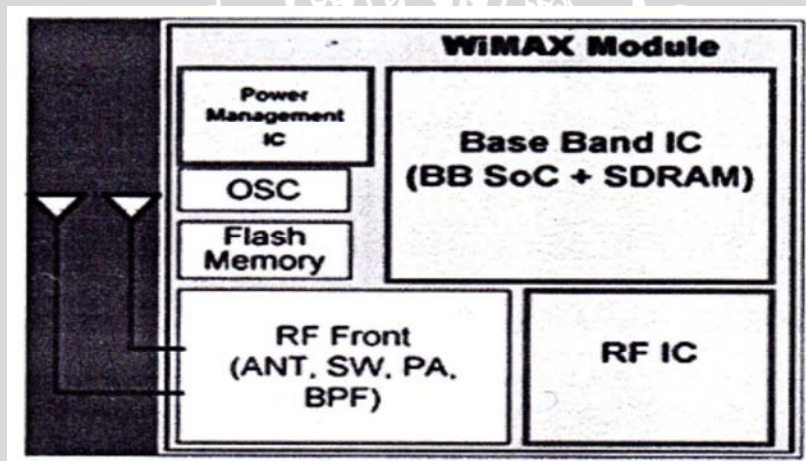




Pada jaringan WiMAX, ASN terdiri dari dua bagian yaitu *Base Station* (BS) dan *ASN Gateway*.

i. *Base Station* (BS)

BS merupakan perangkat *transceiver* (*transmitter* dan *receiver*) yang bertanggungjawab untuk melayani SS. BS terdiri dari satu atau lebih radio *transceiver*, dimana setiap radio *transceiver* terhubung ke beberapa SS di dalam sebuah area. Radio modem terhubung dengan *multiplexer*. Contohnya adalah *switch*, dimana pada *switch* terjadi pengumpulan trafik dari berbagai sektor dan meneruskan trafik tersebut ke *router* yang menyediakan koneksi ke jaringan ISP.



Gambar 2.5 Arsitektur BS WiMAX Fujitsu

Sumber : Gunawan Wibisono dan Gunadi Dwi Hantoro, 2006 : 60

Fungsi masing - masing module dalam perangkat SS WiMAX:

- *Power Management IC*: kontroler dalam pembagian konsumsi daya elektrik dalam perangkat BS.
- *Flash memory*: menghapus dan menulis data dalam operasi satu pemrograman.

- *Baseband IC*: pusat kerja dari BS WiMAX yang mengatur dan mengontrol semua hal yang dilakukan oleh BS WiMAX.
- *RF Front*: Sistem dalam penerimaan gelombang elektromagnetik, yang terdiri dari antenna, *power amplifier*, *band pass filter* dan SW.
- RF IC: mengatur dan mengontrol kerja sistem RF.

ii. *ASN Gateway*

*ASN Gateway* bertugas untuk *radio source management* dan *admission control*, *routing* ke CSN, *location management* dan *paging*.

c. *Connectivity Service Network (CSN)*

CSN mempunyai fungsi utama untuk menyediakan konektivitas antara SS dengan layanan WiMAX dan fungsi jaringan umum lainnya. Dalam arsitektur WiMAX, tugas CSN secara keseluruhan adalah:

- Alokasi *IP address* pada SS.
- Layanan *billing* pada pelanggan.
- Mengontrol koneksi akses internet dan akses ke jaringan IP yang lain.
- *Quality of Service (QoS) management*.

### 2.1.6 Elemen/ Perangkat WiMAX

Elemen atau perangkat WiMAX secara umum terdiri dari *Base Station* (BS) dan *Customer Premise Equipment (CPE)* di sisi pelanggan. Namun masih ada perangkat tambahan seperti antena. Beberapa perangkat yang digunakan



dalam teknologi WiMAX dapat diuraikan sebagai berikut (Gunawan Wibisono, 2009):

**a. Base Station (BS)**

Base Station (BS) merupakan perangkat *transceiver* (*transmitter* dan *receiver*) yang biasanya dipasang satu lokasi dengan jaringan *Internet Protocol* (IP). Dari BS ini akan disambungkan ke beberapa *Customer Premise Equipment* (CPE) dengan media *interface* gelombang radio (RF) yang mengikuti standar WiMAX.

**b. Antena**

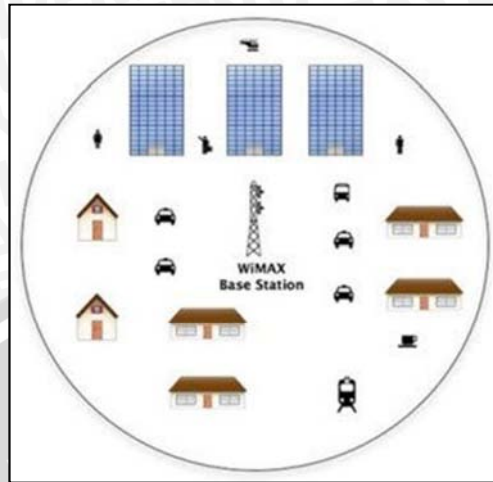
Antena merupakan alat untuk mengubah sinyal radio yang merambat pada sebuah konduktor menjadi gelombang elektromagnetik di udara. Antena memiliki sifat resonansi sehingga antena akan beroperasi pada daerah tertentu. Ada beberapa tipe antena yang dapat mendukung implementasi WiMAX, yaitu:

- Antena Omnidirectional

Antena omnidirectional merupakan jenis antena yang memiliki pola pancaran sinyal ke segala arah ( $360^\circ$ ). Gambar 2.6 menunjukkan jangkauan antena omnidirectional. Antena jenis ini dapat digunakan untuk konfigurasi *point to multipoint* (PtMP) sehingga dapat melayani jumlah pelanggan yang lebih banyak. Namun kesulitannya adalah pada terbatasnya jangkauan daya pancar dan pengalokasian frekuensi untuk tiap sel agar tidak terjadi interferensi.





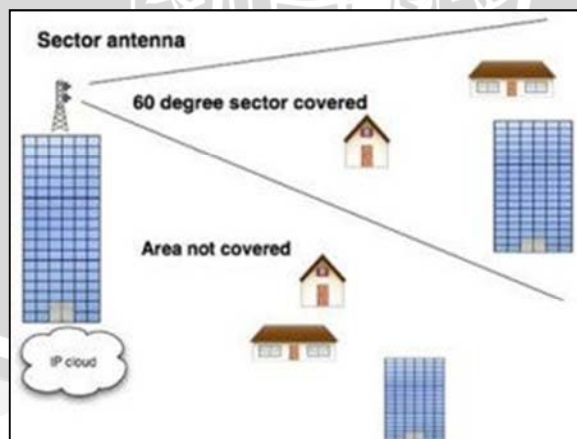


**Gambar 2.6** Jangkauan Antena *Omnidirectional* ( $360^\circ$  dari *Base Station*)

Sumber: <http://www.wimax360.com>

- Antena Sektor

Antena sektor adalah jenis antena yang pola radiasinya ke arah sektor tertentu yaitu  $60^\circ, 90^\circ$  atau  $120^\circ$  tergantung dari area yang akan dilayani. Gambar 2.7 menunjukkan jangkauan area antena sektor  $60^\circ$ .



**Gambar 2.7** Jangkauan Antena Sektor  $60^\circ$  dari *Base Station*

Sumber: <http://www.wimax360.com>

- Antena Panel

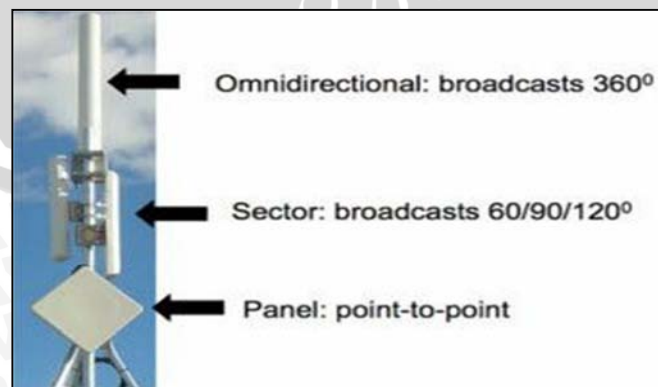
Antena panel digunakan untuk konfigurasi *point to point* (PtP) yang digunakan untuk transmisi data antar base station (BS) WiMAX. Gambar 2.8 menunjukkan antena panel.



**Gambar 2.8 Antena Panel**

Sumber: <http://www.wimax360.com>

Gambar 2.9 mengilustrasikan 3 tipe antena yang digunakan pada WiMAX. Dari atas kebawah terdapat antena *omnidirectional*, antena sektor dan antena *panel*.



**Gambar 2.9 Tipe-tipe antena WiMAX**

Sumber: <http://www.wimax360.com>

### c. *Customer Premise Equipment (CPE)*

Secara umum *Subscriber Station (SS)* atau *Customer Premise Equipment (CPE)* terdiri dari *Outdoor Unit (ODU)* dan *Indoor Unit (IDU)*, perangkat radionya ada yang terpisah dan ada yang terintegrasi dengan antena. *Indoor Unit* merupakan titik koneksi ke komputer pelanggan dan berfungsi sebagai *power injector* ke *Outdoor Unit*. Berdasarkan mekanisme aksesnya, pada sistem WiMAX didefinisikan beberapa pengertian yaitu *fixed access*, *nomadic access*, *portability*, *simple mobility* dan *full mobility*. Tabel 2.2 memperlihatkan jenis perangkat tersebut dikaitkan dengan standar 802.16.

**Tabel 2.2 Beberapa Jenis Perangkat Akses WiMAX**

Definition	Devices	Location / Speed	Handoffs	802.16-2004	802.16e
Fixed Access	Outdoor and Indoor CPES	Single/Stationery	No	Yes	Yes
Nomadic Access	Indoor CPEs, PCMCIA Cards	Multiple / Stationery	No	Yes	Yes
Portability	Laptop PCMCIA	Multiple / Walking speed	Hard Handoffs	No	Yes
Simple Mobility	Laptop, PDA, smart phones	Multiple / Low Vehicular	Hard Handoffs	No	Yes
Full Mobility	Laptop, PDA, Smartphones	Multiple / High Vehicular	Soft Handoffs	No	Yes

Sumber: Gunawan Wibisono dan Gunadi DwiHantoro, 2009

### 2.1.7 Komunikasi WiMAX

Dalam komunikasinya, WiMAX dapat melayani dua bentuk komunikasi wireless, yaitu *Non-line-of-sight* dan *Line-of-sight*. (Jeffrey G. Andrews, 2007)



**a. Non-line-of-sight (NLOS)**

Suatu layanan jarak pendek dimana sebuah antenna pada CPE (*Customer Premise Equipment*) terhubung dengan pemancar WiMAX. Dalam mode ini, WiMAX menggunakan frekuensi rendah yaitu 2-11 GHz.

**b. Line-of-sight (LOS)**

Sebuah antenna pada CPE tertuju langsung ke pemancar WiMAX. Koneksi *line-of-sight* lebih kuat dan lebih stabil dibandingkan dengan *non-line-of-sight* sehingga dapat mengirimkan data yang lebih besar dengan sedikit gangguan. *Line-of-sight* menggunakan frekuensi yang lebih besar dengan jangkauan frekuensi mencapai 66 GHz. Penggunaan spektrum frekuensi yang besar akan mengakibatkan *bandwidth* yang besar pula.

### 2.1.8 Topologi WiMAX

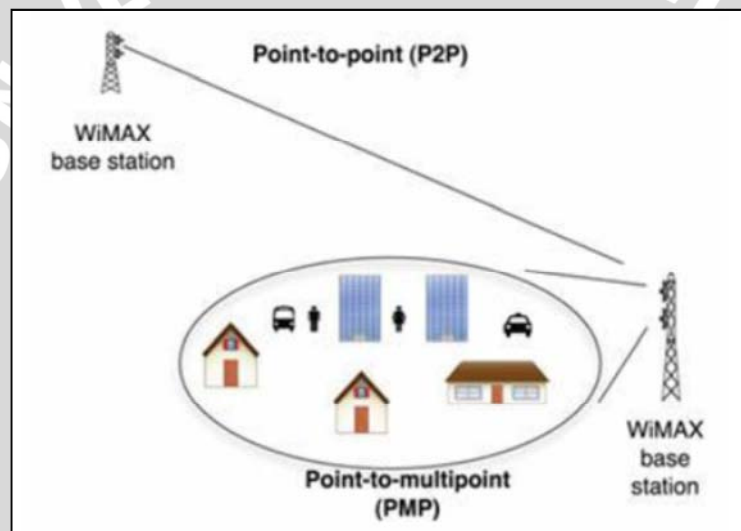
Secara umum WiMAX mempunyai topologi yang hampir serupa dengan topologi teknologi jaringan *wireless* yang lain. WiMAX mempunyai beberapa topologi jaringan dalam pembuatan jaringannya, yaitu *point to point*, *point to multipoint* dan *mesh network*.

**a. Point to Point**

*Point to point* adalah jaringan yang menghubungkan antara terminal pemancar dan terminal penerima. Pada sisi pemancar dan sisi penerima terdapat 1 perangkat pemancar dan 1 perangkat penerima. Topologi *point to point* digunakan untuk menjalin hubungan antar *base station*.

**b. Point to Multipoint**

*Point to multipoint* adalah jaringan yang menghubungkan antara sisi pemancar dan sisi penerima. Hubungan ini terjadi antara sebuah pemancar dan banyak perangkat penerima. Kondisi yang terjadi adalah *non line of sight* (NLOS). Contoh dari hubungan ini adalah hubungan antara *base station* dengan *subscriber station*.



**Gambar 2.10** Konfigurasi *Point to Point* dan *Point to Multipoint*

Sumber: <http://www.wimax.com>

**c. Mesh Network**

*Mesh Network* berfungsi sebagai *router* bagi *end user* terminal yang lain. *Mesh Network* menawarkan peningkatan *coverage* WAN karena setiap *subscriber* berfungsi sebagai BS baru bagi *subscriber* disampingnya.

### 2.1.9 Spektrum Frekuensi WiMAX

Sebagai teknologi yang berbasis pada frekuensi, kesuksesan WiMAX sangat bergantung pada ketersediaan dan kesesuaian spektrum frekuensi. Sistem *wireless* mengenal dua jenis *band* frekuensi yaitu *licensed band* dan *unlicensed band*. *Licensed band* membutuhkan lisensi atau otoritas dari regulator. Operator yang memperoleh *licensed band* diberikan hak eksklusif untuk menyelenggarakan layanan dalam suatu area tertentu. Sementara *unlicensed band* yang tidak membutuhkan lisensi dalam penggunaannya memungkinkan setiap orang menggunakan frekuensi secara bebas di semua area.

WiMAX Forum menetapkan 2 *band* frekuensi utama pada *certification profile* untuk *fixed* WiMAX, yaitu *band* 3,5 GHz dan 5,8 GHz. Sementara untuk *mobile* WiMAX ditetapkan 4 *band* frekuensi pada sistem profil *release-1*, yaitu *band* 2,3 GHz, 2,5 GHz, 3,3GHz dan 3,5 GHz. (WiMAX Forum, 2006)

Secara umum terdapat beberapa alternatif frekuensi untuk teknologi WiMAX sesuai dengan peta frekuensi dunia. Dari alternatif tersebut *band* frekuensi 3,5 GHz menjadi frekuensi mayoritas *fixed* WiMAX di beberapa negara, terutama untuk negara-negara di Eropa, Kanada, Timur-Tengah, Australia dan sebagian Asia. Sementara frekuensi yang mayoritas digunakan untuk *mobile* WiMAX adalah 2,5 GHz.

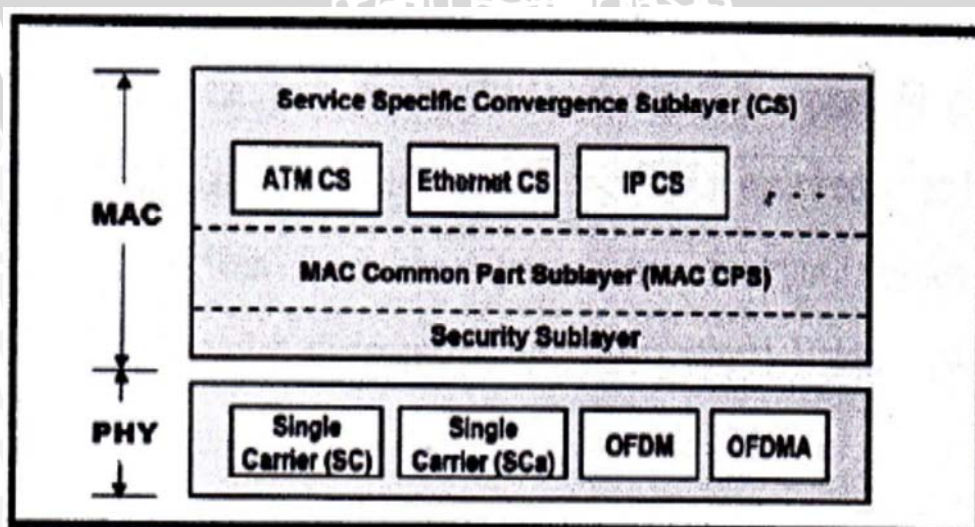
Frekuensi *fixed* WiMAX di *band* 3,3 GHz hanya di negara-negara Asia. Hal ini terkait dengan penggunaan *band* 3,5 GHz di Asia digunakan untuk komunikasi satelit, demikian juga dengan di Indonesia. *Band* 3,5 GHz di Indonesia digunakan oleh satelit Telkom untuk memberikan layanan *broadcast*



TV. Apabila frekuensi 3,5 GHz digunakan secara bersama antara satelit dan BWA maka akan menimbulkan potensi interferensi. Sedangkan untuk *mobile* WiMAX digunakan frekuensi 2,3 GHz, sesuai dengan peraturan Dirjen Pos dan Telekomunikasi tahun 2007. (Gunadi Wibisono, 2009)

### 2.1.10 Protokol IEEE 802.16e

Fungsi-fungsi komunikasi dibagi menjadi suatu rangkaian *layer* yang *hierarkis*. Masing-masing lapisan menampilkan subrangkaiannya yang masih berkaitan yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan sistem yang lain. Karakteristik standar 802.16/16e ditentukan oleh spesifikasi teknis dari *layer Physical* (PHY) dan *Medium Access Control* (MAC). Perbedaan karakteristik kedua *layer* ini akan membedakan varian-varianannya. Gambar 2.11 menunjukkan protokol IEEE 802.16/16e.



Gambar 2.11 Protokol IEEE 802.16/16e

Sumber: Kwang-Cheng Chen and J. Roberto B. de Marca, 2008

*Physical layer* berfungsi untuk mengalirkan data di level fisik. Sedangkan *Medium Access Control (MAC) layer* berfungsi sebagai penterjemah protokol-protokol yang ada di atasnya seperti ATM, *Ethernet* dan IP. *MAC layer* dibagi lagi menjadi tiga *sublayer* yaitu *Service Specific Convergence Sublayer (SS-CS)* yaitu *sublayer* untuk mengakomodasi perkembangan teknologi masa depan, *MAC Common Part Sublayer* dan *Security Sublayer*. *MAC layer* juga berfungsi untuk mengakomodasi *throughput* data kecepatan tinggi melalui *physical layer*.

(Kwang-Cheng Chen, 2008)

#### a. Physical Layer (PHY)

Berdasarkan gambar 2.11, terdapat 4 pilihan standar *air interface* yang digunakan dalam *physical layer* IEEE 802.16/6e dengan masing-masing standar memiliki spesifikasi yang berbeda diantaranya adalah:

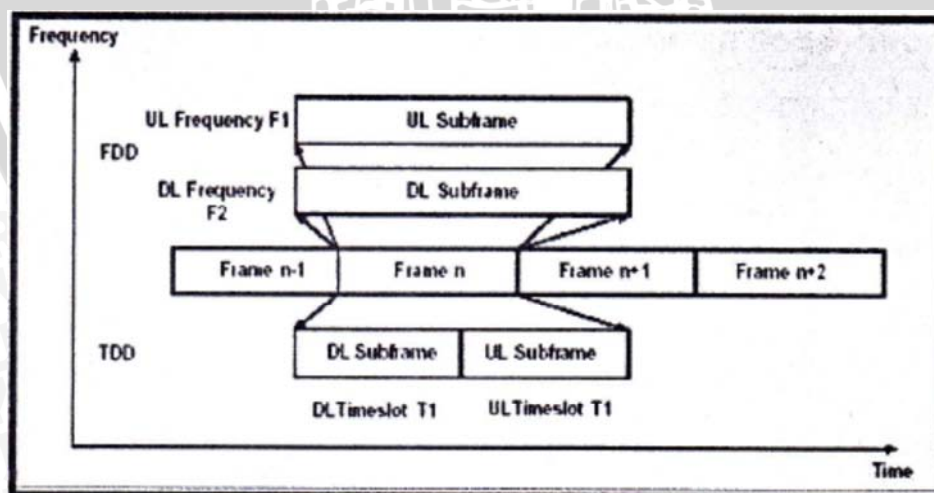
- *Wireless MAN-SC*: *air interface* yang menggunakan teknik modulasi *single carrier* yang bekerja pada frekuensi 10-66 GHz.
- *Wireless MAN-Sca*: *air interface* yang menggunakan teknik modulasi *single carrier* yang bekerja pada frekuensi di bawah 11 GHz.
- *Wireless MAN-OFDM*: *air interface* yang menggunakan skema *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* dengan menggunakan *carrier* sebanyak 256. Tipe ini bekerja pada frekuensi dibawah 11 GHz.
- *Wireless MAN-OFDMA*: *air interface* yang menggunakan skema *Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)* dengan jumlah *carrier* hingga 2048 dan bekerja pada frekuensi di bawah 11 GHz. Metode ini juga mendukung penggunaan *scalable FFT* sebesar 128, 512, 1024 dan 2048.



Selain pemilihan standar air interface yang akan digunakan, hal-hal lain yang berkaitan dengan *physical layer*, yaitu:

- Sistem Dupleks

Untuk sistem dupleks pada standar WiMAX dapat diterapkan *Frequency Division Duplexing* (FDD) dan *Time Division Duplexing* (TDD) atau keduanya FDD dan TDD. Fitur ini memberikan kemudahan pengaturan spektrum frekuensi yang akan digunakan agar diperoleh efisiensi spektrum yang optimal. Hal ini juga sejalan dengan fleksibilitas penggunaan kanal yang diperkenankan. Gambar 2.12 menggambarkan perbandingan sistem dupleks FDD dan TDD. Dalam sistem FDD, digunakan dua frekuensi yang berbeda untuk transmisi *uplink* dan *downlink* sedangkan dalam system TDD, digunakan 1 frekuensi yang sama untuk transmisi *uplink* dan *downlink*. Namun sistem dupleks yang digunakan pada *mobile* WiMAX adalah *Time Division Duplexing* (TDD). (Amitabh Kumar, 2008)



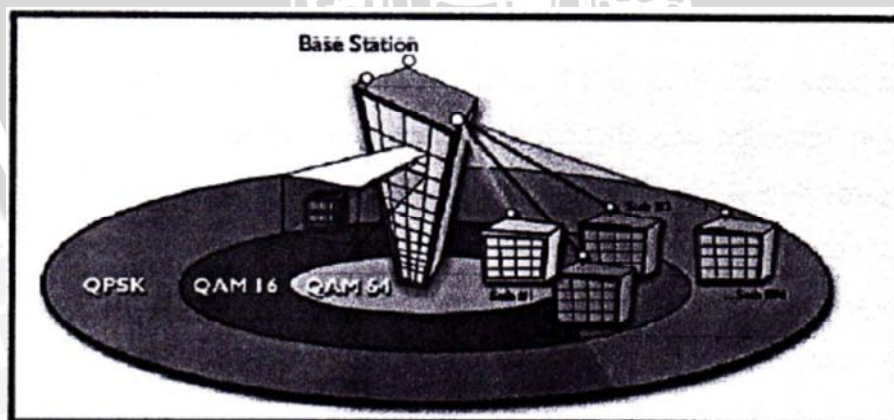
Gambar 2.12 Perbandingan FDD dan TDD

Sumber: Jakub Wolnicki, 2005



- Modulasi Adaptif

Salah satu kelebihan yang dimiliki sistem WiMAX adalah modulasi adaptif. Modulasi adaptif, secara efektif dapat mengatur keseimbangan kebutuhan *bandwidth* dan kualitas sambungan (*link quality*) atau biasanya dapat diukur dengan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Apabila kualitas sinyal cukup baik, maka digunakan modulasi yang lebih tinggi untuk memberikan kapasitas *bandwidth* yang lebih besar. Apabila kualitas *link* menurun, sistem modulasinya digeser menjadi lebih rendah untuk menjaga kestabilan dan kualitas sambungan. Perpindahan modulasi dapat diatur secara otomatis dan dinamis dari 64-QAM, 16-QAM dan QPSK. Dengan semakin jauh jarak yang akan ditempuh maka redaman akan semakin besar dan ini akan menyebabkan laju bit akan semakin rendah. Gambar 2.13 memperlihatkan hubungan antara radius jangkauan dengan sistem modulasi yang digunakan. (Amitabh kumar, 2008)



**Gambar 2.13 Hubungan Radius Jangkauan dengan Sistem Modulasi**

Gambar 2.13 menunjukkan modulasi tingkat tinggi seperti 64-QAM digunakan untuk melayani SS yang lokasinya dekat dengan BS. Modulasi 64-

QAM memiliki kualitas sinyal paling baik dan modulasi ini terdegradasi ke level yang lebih rendah seperti QPSK sesuai dengan penurunan kualitas sinyal dan untuk memperoleh jangkauan yang lebih jauh. Hal ini bertujuan untuk memperoleh *throughput* dan jarak yang diinginkan sesuai dengan kondisi lingkungan.

- *Forward Error Correction* (FEC)

*Forward Error Correction* (FEC) atau teknik perbaikan kesalahan diterapkan pada sistem WiMAX untuk menurunkan kebutuhan minimum SNR dan meningkatkan *throughput*. Beberapa teknik pengkodean yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut:

- *Convolutional Encoding* (CC)
- *Turbo Coding* (TC)
- *Low Density Parity Check* (LDPC)

CC bersifat *mandatory* sedangkan TC dan LDPC bersifat *optional*.

- *Smart Antena*

WiMAX mendukung penggunaan teknologi *smart antena* untuk mentransmisikan sinyalnya. Beberapa teknologi *smart antena* adalah SISO (*Single Input Single Output*), MISO (*Multiple Input Single Output*), SIMO (*Single Input Multiple Output*) dan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) yang memungkinkan penggunaan antena lebih dari satu baik pada sisi *receiver* maupun *transmitter*. (Ramjee prasad, 2009)



## b. *Media Access Control (MAC)*

MAC protokol pada WiMAX didesain untuk aplikasi PtMp. Mekanisme pengalokasian dipersiapkan untuk menangani ratusan SS atau CPE per kanal dan setiap SS dimungkinkan lagi untuk menggunakan secara bersama dengan beberapa pengguna akhir. Digunakan dua jalur berkecepatan data tinggi untuk komunikasi dua arah antara BS dan SS, masing-masing disebut dengan *uplink* (UL) untuk komunikasi menuju BS dan *downlink* (DL) untuk komunikasi dari BS. Secara umum *downlink* ditransmisikan secara *broadcast* dari BS dan semua SS menerima sinyal *downlink* tersebut tanpa koordinasi langsung antar SS yang ada. Pada penggunaan sistem TDD, ditentukan waktu pancaran untuk *downlink* dan *uplink*. (Gunawan Wibisono, 2009)

MAC *layer* mempunyai karakteristik *connection identifier* (CID). CID digunakan untuk membedakan kanal *uplink* dan *downlink*. Setiap SS memiliki MAC *address* dengan lebar standar 48 bit. Dalam mekanisme sambungan antar SS dengan BS, terdapat tiga jenis manajemen sambungan (*connection*) untuk setiap arah, yang masing-masing memerlukan tingkat penanganan QoS yang berbeda. Ketiga sambungan tersebut adalah (Gunawan Wibisono, 2009):

- *Basic Connection*, menjalankan transfer yang relatif singkat. Melibatkan *radio link control* (RLC) dan kritis terhadap waktu.
- *Primary Management Connection*, menjalankan transfer relatif lama, lebih toleran terhadap *delay*, dan digunakan untuk pengaturan sambungan.
- *Transport Connection*, digunakan untuk pengaturan layanan, QoS dan parameter-parameter trafik.

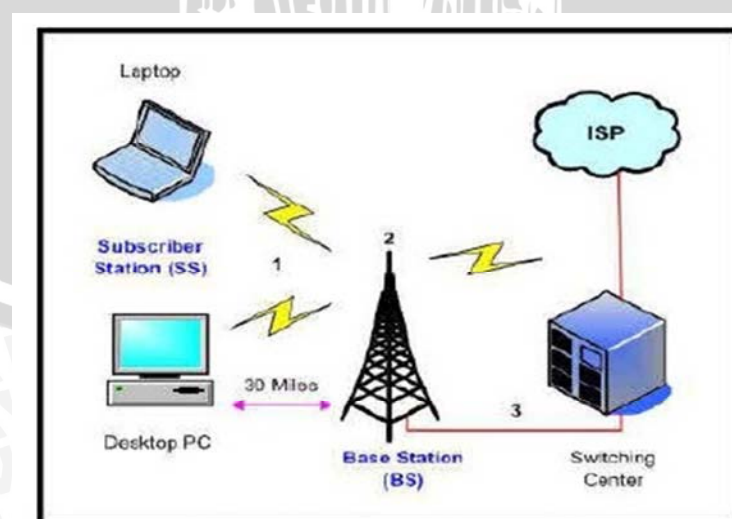


### 2.1.11 Prinsip Kerja WiMAX

Secara umum, WiMAX yang merupakan teknologi *broadband wireless* memiliki prinsip kerja sebagai berikut (Gunawan Wibisono, 2009):

- Pelanggan mengirimkan data dengan kecepatan 2 - 155 Mbps dari *subscriber station* (SS) ke *base station* (BS) melalui media gelombang radio,
- BS akan menerima sinyal dari berbagai pelanggan dan mengirimkan pesan melalui *wireless* atau kabel ke *switching center* melalui protokol 802.16,
- *Switching center* akan mengirimkan pesan ke *internet service provider* atau *public switched telephone network* (PSTN) melalui kabel.

Ketiga proses tersebut di atas dapat dilihat pada gambar 2.14. Pada gambar 2.14, *laptop* dan *personal computer* (PC) berfungsi sebagai *subscriber station* (SS), *tower*, antenna, beserta perangkatnya berfungsi sebagai *base station* (BS) dan *switching center* sebagai pengatur pilihan koneksi ke *internet service provider* (ISP).



Gambar 2.14 Prinsip Kerja WiMAX

Sumber: <http://www.wimax360.com>

### 2.1.12 Kelebihan dan Kelemahan WiMAX 108.16e

Ada beberapa kelebihan dan kelemahan yang dimiliki oleh WiMAX 802.16e, diantaranya adalah sebagai berikut (Gunawan Wibisono,2009):

#### a. Kelebihan

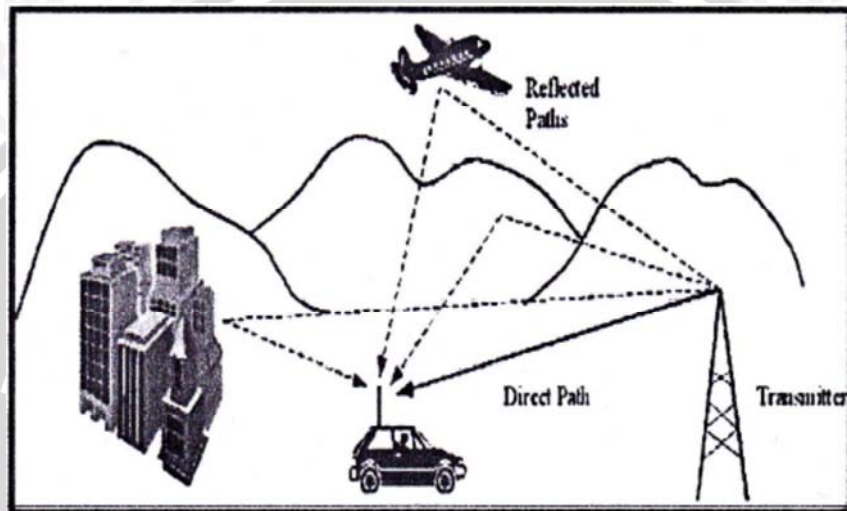
- dapat meningkatkan SNR tiap *user*,
- *bandwidth* yang digunakan bersifat *scalable*,
- dapat melayani *user* baik *fixed user* maupun *mobile user*,
- arsitektur yang lebih sederhana, dibandingkan dengan teknologi akses lainnya seperti CDMA dan GSM,
- jaringan telah berbasis IP, WiMAX mudah diintegrasikan dengan jaringan berbasis IP tanpa memerlukan *layer adaptation* lagi, dan
- mudah dikembangkan.

#### b. Kelemahan

Selain kelebihan yang dimiliki oleh WiMAX 802.16e, WiMAX 802.16e juga memiliki kelemahan di dalam sistemnya, diantaranya yaitu timbulnya *fading* yang diakibatkan adanya penghalang pada saat sebuah sinyal dikirimkan. Sehingga sinyal tersebut terpantulkan oleh penghalang. Pada saat sinyal terpantulkan, maka akan terbentuk sinyal-sinyal pantulan. Pada saat sinyal utama mencapai *receiver*, maka sinyal pantulan akan juga berusaha mencapai *receiver*. Ketika keduanya berada pada posisi yang sama, maka keduanya akan saling menguatkan atau saling melemahkan. Gambar 2.15 menggambarkan terjadinya proses perambatan lintasan jamak (*multipath*) yang disebabkan oleh pantulan-



pantulan dari struktur bangunan gedung atau medan (*terrain*) yang tidak rata antara antena pemancar dengan penerima. Hal inilah yang akan menyebabkan terjadinya *multipath fading*.



**Gambar 2.15 Multipath (Lintasan Jamak) pada Sistem Komunikasi Wireless**

Sumber : Shabbar Ali Khan, 2005

## 2.2 Klasifikasi Daerah

Klasifikasi daerah merupakan fungsi dari pengkategorian penggunaan daratan (*land usage*). Tiga kategori yang sering digunakan dalam pengklasifikasian daerah adalah: urban, suburban, dan rural. Pembuatan kategori ini bertujuan untuk mendefinisikan karakteristik propagasi dan perkiraan kepadatan populasi pelanggan, yang akan menentukan estimasi kapasitas sistem yang diperlukan untuk melayani daerah tersebut.



### 2.2.1 Daerah Urban

Lingkungan daerah urban biasanya ditandai dengan banyaknya gedung tinggi dengan jalan-jalan yang sempit diantaranya dan terdapat sedikit atau tidak ada pepohonan. Kepadatan penduduk daerah ini rata-rata mencapai  $19.200/\text{Km}^2$ . Parameter daerah urban yang mempengaruhi perambatan gelombang adalah kerapatan rumah, tinggi rumah, tingkat lalu lintas dan lebar jalan. Daerah urban ditandai dengan banyak gedung pencakar langit dengan ketinggian lebih dari 20 meter.

### 2.2.2 Daerah Suburban

Daerah suburban ditandai dengan rumah-rumah penduduk yang berderet-deret saling bersebelahan. Di daerah suburban masih cukup banyak ditemui pepohonan yang tinggi. Lingkungan daerah suburban merupakan peralihan antara daerah urban dengan daerah rural. Daerah ini umumnya adalah daerah kota berkembang atau kota kecil dengan ketinggian bangunan rata-rata 20 meter (rumah 2 tingkat). Daerah ini ditandai dengan bangunan yang cukup padat dengan jarak terlalu dekat dan terdapat bangunan yang memiliki lebar 18 meter sampai 30 meter.

### 2.2.3 Daerah Rural

Daerah rural umumnya merupakan daerah terbuka dengan banyak pepohonan yang tinggi. Daerah ini umumnya adalah daerah pedesaan dengan jumlah penduduk sedikit dan tersebar. Daerah rural didominasi oleh perumahan



penduduk yang tidak bertingkat (kurang dari 10 meter) dengan bangunan yang cukup lebar.

**Tabel 2.3 Pembagian Klasifikasi Daerah**

No.	Kategori	Keterangan
1.	Urban	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daerah bisnis dan perkantoran dengan banyak gedung pencakar langit (minimal 20 meter).</li> <li>• Kepadatan penduduk lebih dari 19.200/Km<sup>2</sup>.</li> <li>• Umumnya berupa kota besar.</li> </ul>
2.	Suburban	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabungan daerah bisnis dan perumahan.</li> <li>• Jenis bangunan terdiri dari: rumah (1-2 tingkat), kantor dan pertokoan (2-5 tingkat).</li> <li>• Kepadatan penduduk dari 1.280 - 19.200 /Km<sup>2</sup>.</li> </ul>
3.	Rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lahan pertanian terbuka, daerah terbukanya sangat luas dan jarang area perumahan.</li> <li>• Kepadatan penduduk kurang dari 1.280/Km<sup>2</sup>.</li> </ul>

Sumber: Kwang-Cheng Chen *and* J. Roberto B. de Marca, 2008: 152

Dalam skripsi ini kota Kediri dikategorikan dalam daerah suburban dikarenakan kota Kediri merupakan gabungan dari perumahan, institusi pendidikan dan kalangan bisnis.

### 2.3 Peramalan Jumlah Pelanggan

Peramalan jumlah pelanggan adalah perkiraan jumlah pelanggan dalam beberapa tahun kedepan. Berdasarkan data pelanggan yang didapat, dilakukan estimasi jumlah pelanggan hingga  $n$  tahun ke depan, sehingga hasil perencanaan

dapat digunakan hingga  $n$  tahun ke depan. Dalam menentukan jumlah pelanggan akan dilakukan beberapa tahapan yaitu peramalan jumlah penduduk, perhitungan penduduk usia produktif, penentuan faktor penetrasi dan perhitungan jumlah pelanggan.

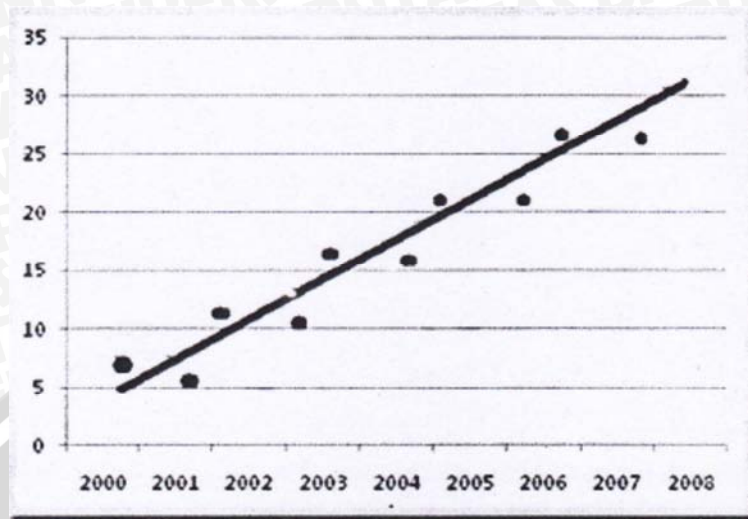
### 2.3.1 Peramalan Jumlah Penduduk

Peramalan jumlah penduduk dilakukan berdasarkan data kependudukan kota/kabupaten. Data tersebut selanjutnya akan digunakan untuk meramalkan jumlah penduduk lima tahun mendatang. Peramalan jumlah penduduk ini akan menggunakan tiga buah metode, yaitu metode *trend linier*, *trend kuadrat* dan *trend eksponensial*. Untuk mengetahui metode yang paling tepat digunakan, ketiga metode tersebut akan dicoba satu persatu. Metode yang baik adalah metode yang mempunyai selisih paling kecil antara nilai sebenarnya dan nilai hasil penghitungan.

#### a. Metode *Trend Linier*

Metode *trend linier* adalah metode perkiraan pelanggan yang paling sederhana. Metode ini digunakan dalam keadaan jumlah penduduk cenderung terus meningkat dengan pola linier. Metode *trend linier* akan mempunyai keakurasian yang paling tepat jika periode waktu yang digunakan dalam jangka panjang.





**Gambar 2.16 Metode Trend Linier**

Sumber: Network Planning.pdf

Persamaan umum dari metode *trend linier* adalah:

$$Y' = a + b \cdot X \tag{2-1}$$

Untuk mengetahui nilai  $a$  dan  $b$  maka digunakan persamaan:

$$\sum Y = n \cdot a + b \sum X \tag{2-2}$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2 \tag{2-3}$$

Keterangan:

$X$  : Waktu pengamatan

$Y$  : Kepadatan penduduk sebenarnya

$Y'$  : Kepadatan penduduk hasil penghitungan

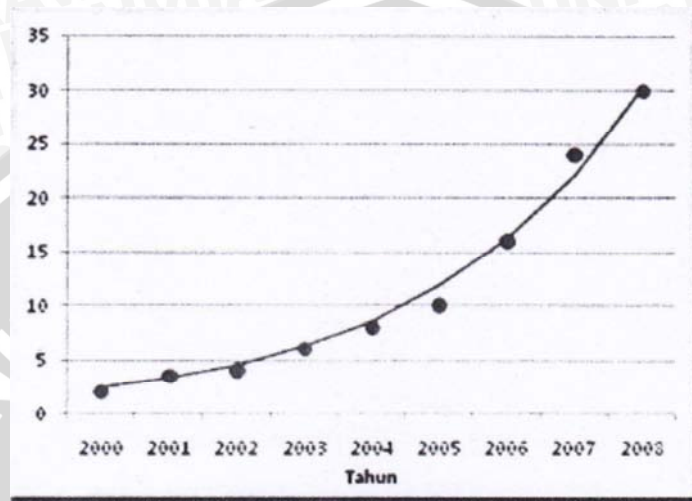
$n$  : Banyaknya pengamatan

**b. Metode TrendKuadratik**

Metode *trend kuadratik* digunakan untuk mengatasi masalah yang tidak dapat diselesaikan dengan metode *trend linier* dengan pertumbuhan penduduk



yang kadang sangat pesat. Metode ini dapat digunakan untuk pengamatan dalam jangka waktu menengah dan pendek (5 - 15 tahun).



**Gambar 2.17**Metode *Trend Kuadratik*

Sumber: Network Planning.pdf

Persamaan umum dari metode *trend kuadratik* adalah:

$$Y' = a + bX + cX^2 \quad (2-4)$$

Untuk mengetahui nilai dari a, b dan c maka digunakan persamaan:

$$\sum Y = an + b \sum X + c \sum X^2 \quad (2-5)$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2 + c \sum X^3 \quad (2-6)$$

$$\sum X^2Y = a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4 \quad (2-7)$$

Keterangan:

X : Periode waktu pengamatan

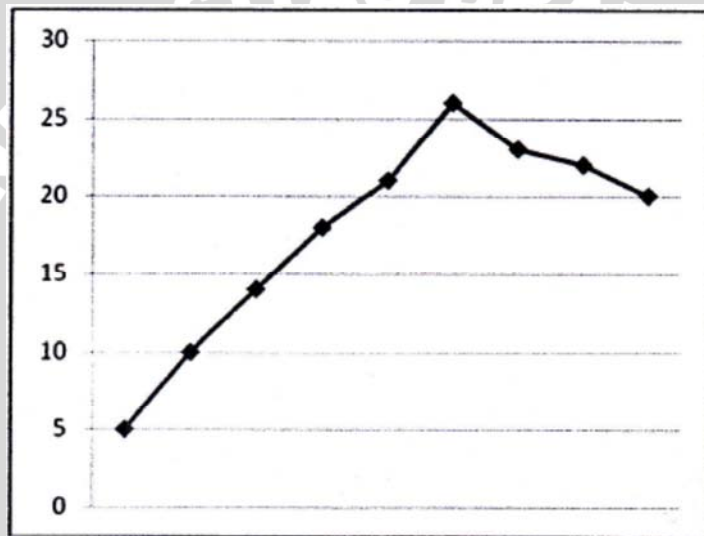
Y : Kepadatan penduduk sebenarnya

Y' : Kepadatan penduduk hasil penghitungan

n : banyaknya pengamatan

**c. Metode Trend Eksponensial**

Metode *trend eksponensial* biasanya digunakan pada data yang nilainya mengalami kenaikan atau penurunan secara *eksponen*. Metode ini digunakan untuk meramalkan jumlah yang pertumbuhannya tidak menentu. Metode ini tepat digunakan untuk pengamatan jangka pendek (kurang dari 5 tahun).



**Gambar 2.18 Metode Trend Eksponensial**

Sumber: Network Planning.pdf

Persamaan umum dari metode *trend eksponensial* adalah :

$$Y' = ab^x \tag{2-8}$$

Bentuk persamaan metode *trend eksponensial* tersebut dapat diubah menjadi bentuk persamaan *trend linier*, yaitu:

$$Y' = ab^x \tag{2-9}$$

$$\log Y' = \log ab^x \tag{2-10}$$

$$\log Y' = \log a + \log b^x \tag{2-11}$$



$$\log Y' = \log a + X(\log b) \tag{2-12}$$

Bila  $\log Y' : Y_0$ ,  $\log a = a_0$  dan  $\log b = \log b_0$ , maka persamaan tersebut menjadi:

$$Y_0 = a_0 + b_0 X \tag{2-13}$$

Maka

$$Y' = 10^{(a_0 + b_0 X)} \tag{2-14}$$

Untuk mengetahui nilai dari  $a_0$  dan  $b_0$  digunakan persamaan:

$$\sum Y_0 = a_0 n + b_0 \sum X \tag{2-15}$$

$$\sum XY_0 = a_0 \sum X + b_0 \sum X^2 \tag{2-16}$$

$$Y_0 = \log y \tag{2-17}$$

Keterangan:

- X : Periode waktu pengamatan
- Y : Kepadatan penduduk sebenarnya
- Y' : Kepadatan penduduk hasil penghitungan
- n : banyaknya pengamatan

### 2.3.2 Usia Produktif

Usia produktif adalah penduduk yang berada pada usia 15 - 65 tahun yang dianggap masih produktif. Jumlah penduduk usia produktif diperoleh dari hasil peramalan jumlah penduduk yang telah dilakukan sebelumnya. Jumlah penduduk usia produktif ini diasumsikan sebagai penduduk yang menggunakan layanan internet. Diasumsikan bahwa jumlah penduduk usia produktif adalah 70% dari jumlah penduduk keseluruhan.



$$\text{Jumlah PendudukUsiaProduktif} = 70\% \times \text{Jumlah Penduduk Total} \quad (2-18)$$

### 2.3.3 Faktor Penetrasi

Faktor penetrasi adalah rasio perbandingan antara jumlah pelanggan, jumlah saluran yang tersedia, *suspressed demand* dengan jumlah bangunan yang ada pada daerah tersebut.

Persamaan umum untuk mengetahui faktor penetrasi suatu daerah adalah:

$$FP = \frac{\Sigma \text{saluran terpasang} + \text{calon pelanggan} + \text{suspressed demand}}{\Sigma \text{bangunan}} \quad (2-19)$$

Keterangan:

FP : Faktor penetrasi

### 2.3.4 Pelanggan WiMAX

Pelanggan WiMAX adalah jumlah pelanggan yang diperkirakan akan menggunakan layanan WiMAX pada tahun yang telah ditentukan. Jumlah pelanggan WiMAX dihitung berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya. Untuk mengetahui jumlah pelanggan WiMAX akan digunakan persamaan:

$$\text{Pelanggan WiMAX} = \text{user operator} \times FP \quad (2-20)$$

## 2.4 Perencanaan Menggunakan *Mobile WiMAX (802.16e)*

### 2.4.1 Kapasitas Kanal

Kapasitas kanal adalah jumlah kanal maksimum yang dapat terlayani oleh sebuah BS. Kapasitas kanal diperlukan untuk mengetahui kebutuhan BS untuk melayani pelanggan. Dalam mencari kapasitas kanal terlebih dahulu



akan dilakukan penghitungan trafik total pada daerah tersebut. Perhitungan kapasitas kanal ini akan menggunakan tabel Erlang B dengan *grade of services* (GOS) 2%. Dalam hal ini berarti dari 100 proses yang terjadi, 2 diantaranya tidak akan terlayani. Dalam perhitungannya akan ditentukan terlebih dahulu trafik total yang dibutuhkan, selanjutnya dengan menggunakan tabel Erlang B akan diketahui jumlah kanal yang dibutuhkan. Trafik tiap pelanggan diasumsikan sebesar 6 mErlang, hal ini disesuaikan dengan trafik internet (operator A). Perhitungan kapasitas kanal ini akan dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$A_{total} = A_{user} \times \sum \text{Pelanggan WiMAX} \quad (2-21)$$

Keterangan:

$A_{total}$  : trafik total yang dibutuhkan

$A_{user}$  : trafik tiap pelanggan (6 mErlang)

#### 2.4.2 *Bandwidth*

*Bandwidth* adalah lebar kanal dari suatu sistem telekomunikasi yang dinyatakan dalam satuan Hertz (Hz). Pengaturan mengenai *bandwidth* layanan BWA telah diatur oleh Dirjen Pos dan Telekomunikasi. Dalam penentuan *bandwidth*, yang digunakan diusahakan seminimal mungkin tetapi masih mampu untuk melayani kebutuhan pelanggan. Hal ini dilakukan untuk menghemat biaya yang digunakan dan menghindari adanya interferensi dengan frekuensi yang lain. Dalam menentukan *bandwidth* total yang dibutuhkan akan digunakan persamaan:

$$B_{w \text{ total}} = B_{w \text{ kanal}} \times \text{jumlah kanal} \quad (2-22)$$



### 2.4.3 BitRate

*Bit rate* adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi dan dinyatakan dengan satuan bit/detik. Penghitungan *bit rate* dilakukan dengan memasukkan nilai frekuensi kanal yang digunakan dan banyaknya simbol sesuai dengan modulasi yang digunakan.

$$R = \frac{{}^2\log n}{t_b} \quad (2-23)$$

Keterangan:

$R$  : *Bit Rate* (bps)

$n$  : Banyaknya simbol

$t_b$  : Durasi bit (detik)

Jika hanya terdapat satu bit untuk tiap simbol (0 dan 1), maka  $n=2$  dan persamaan *bit rate* menjadi:

$$R = \frac{{}^2\log 2}{t_b} = \frac{1}{t_b} \quad (2-24)$$

Jika bit-bit dibentuk menjadi dua bit yaitu 00, 01, 10 dan 11 maka akan terdapat empat kemungkinan kondisi jalur, sehingga *bit rate* adalah:

$$R = \frac{{}^2\log 4}{t_b} = \frac{2}{t_b} \quad (2-25)$$

Bila bit-bit yang dibentuk dengan beberapa ( $n$ ) kemungkinan jalur, maka *bit rate* adalah:

$$R = \frac{{}^2\log n}{t_b} = B_w \text{ kanal} \times {}^2\log n \quad (2-26)$$

Keterangan:

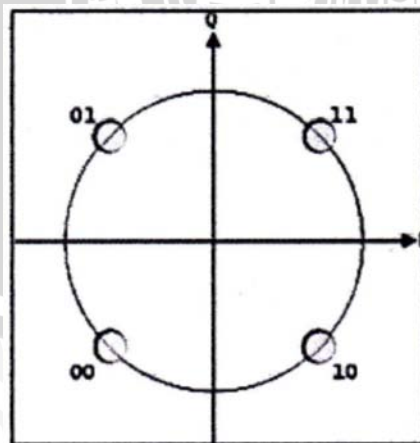
$B_w$  : *Bandwidth* kanal yang digunakan (Hz)

$n$  : Banyaknya simbol

Nilai suatu *bit rate* akan berbeda-beda sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Dalam standar IEEE 802.16e modulasi yang diperbolehkan adalah modulasi QPSK, 16 QAM dan 64 QAM.

#### 2.4.4 Modulasi QPSK

QPSK dikenal juga dengan *quaternary* atau *quadriphase* PSK atau 4 PSK. QPSK menggunakan 4 titik diagram *konstelasi* dengan mengirimkan 2 bit untuk setiap simbol (00, 01, 10, 11). Dengan menggunakan 4 fasa, QPSK dapat melakukan *encode* dua bit per simbol. Dalam QPSK ada empat fasa keluaran yang berbeda, maka harus ada empat kondisi masukan yang berbeda pula. Keunggulan QPSK adalah mampu mentransmisikan data dua kali lebihcepat dibandingkan dengan BPSK dan lebih efisien dalam penggunaan spektrum frekuensi. Sedangkan kelemahannya adalah kurang tahan terhadap *noise* dan rawan terjadi interferensi dari sinyal lain.

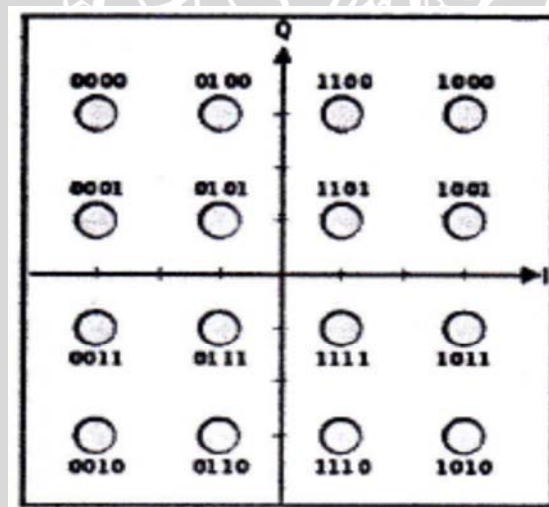


**Gambar 2.19** Diagram *Konstelasi* Modulasi QPSK

Sumber : IEEE Standart for Local and Metropolitan Area Networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oktober 2004 : 442

#### 2.4.5 Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

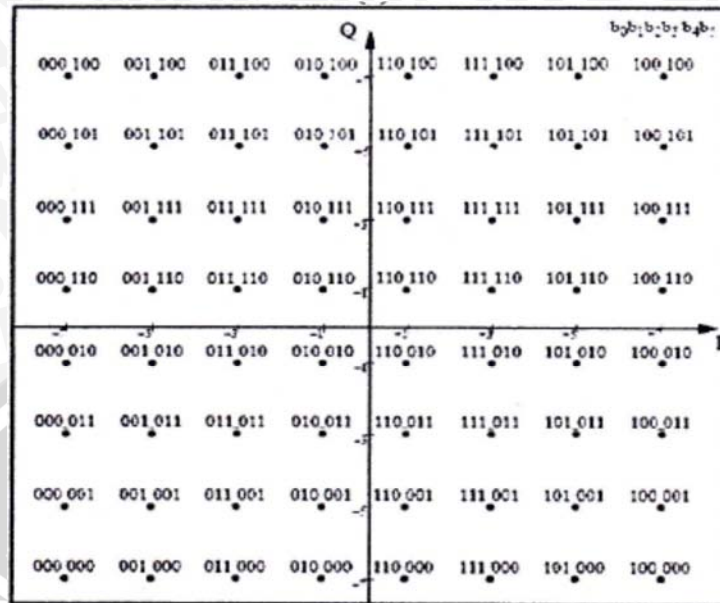
QAM merupakan teknik modulasi yang merupakan perpaduan antara ASK dan PSK. Sehingga pada QAM, amplitudo dan fasa sinyal *carrier* akan berubah terhadap perubahan amplitudo sinyal informasi, yang mengakibatkan sinyal direpresentasikan dalam besaran amplitudo dan pergeseran fasa. Modulasi QAM membawa data dengan merubah parameter dari sinyal *carrier* untuk merespon sinyal. Dalam hal ini, amplitudo dua sinyal *carrier* QAM yang berbeda fasa 90 derajat antara satu dengan lainnya dirubah untuk mendapatkan sinyal yang diinginkan. Jenis modulasi QAM yang digunakan dalam teknologi WiMAX adalah 16-QAM dan 64-QAM.



Gambar 2.20 Diagram *Konstelasi* 16 QAM

Sumber: IEEE Sandart for Local and Metropolitan Area Networks, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oktober 2004: 442





**Gambar 2.21 DiagramKonstelasi 64 QAM**

Sumber: IEEE Sandartfor Local and Metropolitan Area Networks, Air Interfacefor Fixed BroadbandWireless Access Systems, Oktober 2004: 442

#### 2.4.6 Pathloss

Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari suatu pemancar ke penerima akan merambat melewati berbagai halangan sehingga terjadi rugi-rugi yang disebabkan oleh berbagai redaman. Untuk menganalisis besarnya pengaruh redaman sinyal terhadap kondisi tersebut maka digunakan sebuah model propagasi *outdoor* pada standard IEEE 802.16e dengan mencari besarnya rugi-rugi saluran di lintasan propagasi.

*Pathloss* mencakup semua pelemahan yang diperkirakan akan dialami sinyal ketika berjalan dari *base station* ke *subscriber station*. *Pathloss* yang terjadi pada sinyal yang diterima dapat ditentukan melalui suatu model propagasi tertentu. Dengan daya penerima minimum yang disesuaikan dengan Peraturan

Dujen Pos dan Telekomunikasi maka *pathloss* dapat dihitung dengan persamaan (V. Erceg, 2001):

$$P_L = P_t + G_t + G_r - P_r \quad (2-27)$$

Dengan:

$P_L$  : *Pathloss*/rugi-rugi propagasi (dB)

$P_t$  : dayapancar(dBm)

$G_t$  : gain antenna pemancar (dBi)

$G_r$  : gain antena penerima (dBi)

$P_r$  : daya terima (dBm)

**Tabel 2.4 Daya Terima Minimum Sistem BWA**

Jenis Modulasi	Batas Daya Terima Minimum
QPSK-1/2	-88 dBm
QPSK-3/4	-86 dBm
16QAM-1/2	-81 dBm
16QAM-3/4	-79 dBm
64QAM-2/3	-74 dBm
64QAM-3/4	-73 dBm

Sumber: Peraturan Dirjen Pos dan Telekomunikasi, 2008

#### 2.4.7 Radius sel

Pada propagasi gelombang radio, semakin jauh jarak antara pemancar dan penerima akan mengakibatkan daya sinyal yang diterima oleh penerima semakin kecil. Hal ini disebabkan adanya redaman saat pentransmisian sinyal dari pemancar ke penerima maupun sebaliknya, baik pada kondisi *line of sight* (LOS)

maupun *non-line of sight* (NLOS). WiMAX 802.16e bekerja pada kondisi NLOS, maka *pathloss* (PL) pada saluran WiMAX 802.16e dapat ditentukan dengan persamaan (Kwang-Cheng Chen, 2008):

$$PL = A + 10\gamma \log_{10} \left( \frac{d}{d_o} \right) + s + \Delta PL_f + \Delta PL_n \quad (2-28)$$

dengan:

PL : rugi-rugi propagasi (dB)

A : *pathloss* referensi (dB)

$\gamma$  : eksponen *pathloss*

d : jarak pemancar ke penerima (m)

$d_o$  : jarak referensi *pathloss* (100 m)

s : efek *shadow* (dB)

$\Delta PL_f$  : faktor koreksi terhadap frekuensi kerja yang digunakan

$\Delta PL_n$  : faktor koreksi terhadap tinggi antenna penerima

Dengan *pathloss* referensi (A) dirumuskan sebagai berikut:

$$A = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi f d}{c} \right) \quad (2-29)$$

dengan:

A : *pathloss* referensi (dB)

f : frekuensi operasi (Hz)

d : jarak pemancar ke penerima (m)

c : kecepatan gelombang radio di udara (m/s)



Dengan eksponen *pathloss* ( $\gamma$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma = a - b \cdot h_b + \frac{c}{h_b} \quad (2-30)$$

dengan:

$\gamma$  : eksponen *pathloss*

a, b, c : konstanta yang tergantung pada tipe *terrain*

$h_b$  : tinggi antena *base station* (m)

Besarnya nilai a, b, c dan s adalah konstanta berdasarkan daerah yang akan dilayani, yaitu berdasarkan tipe daerah/ bangunan yang ada di daerah tersebut.

Adapun nilai a, b, c dan s dapat dilihat dalam Tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Model Parameter 802.16 rev.e untuk Tipe *Terrain* yang Berbeda**

Parameter	Tipe A	Tipe B	Tipe C
A	4.6	4	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20
Efek <i>shadow</i> (s)	10.6	9.6	8.2

Sumber :Kwang-Cheng Chen and J. Roberto B. de Marca,2008

Untuk faktor koreksi frekuensi pada *mobile* WiMAX dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\Delta PL_f = 6 \log_{10} \left( \frac{f}{2000} \right) \quad (2-31)$$

dengan:

f : frekuensi operasi sistem (Hz)

Sedangkan untuk faktor koreksi tinggi antenna *subscriber station* pada *mobile* WiMAX dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\Delta PL_h = -10,8 \log_{10} \left( \frac{h}{2} \right), \text{ untuk tipe } terrain \text{ A dan B} \quad (2-32)$$

$$\Delta PL_h = -20 \log_{10} \left( \frac{h}{2} \right), \text{ untuk tipe } terrain \text{ C} \quad (2-33)$$

dengan:

$h$  : tinggi antenna penerima (m)

Sedangkan besar radius sel untuk setiap daerah dihitung melalui persamaan:

$$d = \sqrt{\frac{\text{jumlah pelanggan}}{\pi \times \Omega}} \quad (2-34)$$

Dengan nilai  $\Omega$  adalah kerapatan pelanggan yang merupakan perbandingan antara pelanggan dengan luas area pelayanan, yang dinyatakan dengan:

$$\Omega = \frac{\text{jumlah pelanggan keseluruhan}}{\text{luas area keseluruhan}} \quad (2-35)$$

Keterangan:

$d$  : Radius sel (km)

$\Omega$  : kerapatan pelanggan

#### 2.4.8 Lokasi BS

Dalam penentuan lokasi BS ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu kondisi geografis dan data statistik dari wilayah perencanaan. Dengan pertimbangan tersebut maka penempatan BS sebaiknya diutamakan pada lokasi

yang padat dengan kegiatan bisnis, perumahan, sarana umum dan jalan-jalan yang merupakan jalur lalu lintas utama di wilayah perencanaan.

Sehingga dalam menentukan lokasi BS langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data statistik dari setiap daerah yang ada di wilayah perencanaan dan membaginya menjadi beberapa kategori. Dalam penempatan BS, lokasi tersebut harus memenuhi minimal satu dari kategori tersebut. Pembagian kategori tersebut adalah:

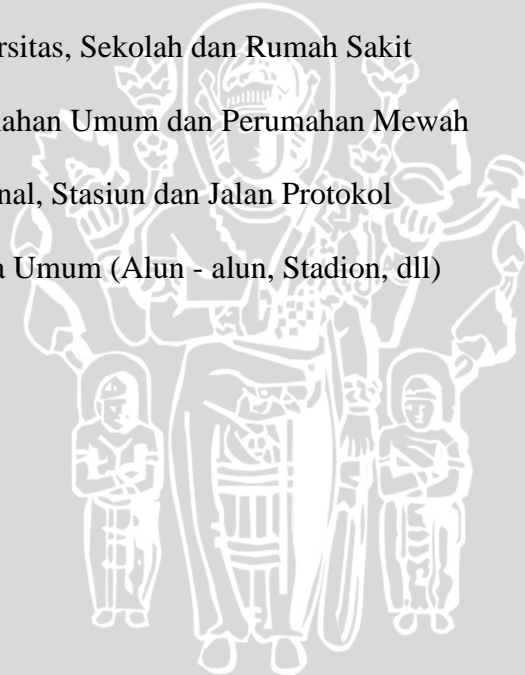
Kategori I : Pusat Perbelanjaan, Lokasi Bisnis, Perkantoran dan Industri

Kategori II : Universitas, Sekolah dan Rumah Sakit

Kategori III : Perumahan Umum dan Perumahan Mewah

Kategori IV : Terminal, Stasiun dan Jalan Protokol

Kategori V : Sarana Umum (Alun - alun, Stadion, dll)





### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

Kajian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah kajian yang bersifat aplikatif yaitu merancang jaringan *mobile* WiMAX di Kota Kediri. Langkah - langkah yang dilakukan dalam perencanaan ini terdiri atas penentuan jenis data dan cara mendapatkan data, menentukan variabel dan analisa data, membuat rangka solusi masalah yang diungkapkan dalam bentuk *flowchart* atau digram alir.

#### 3.1 Jenis Data dan Cara Pengambilan Data

Jenis data yang digunakan dalam penyusunan kajian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

##### 3.1.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diambil berdasarkan aktivitas terjun langsung di wilayah Kota Kediri. Data ini diambil dari beberapa dinas terkait di kota Kediri. Data primer yang diperoleh adalah:

1. Jumlah penduduk Kota Kediri tahun 2008-2012 (sumber: Dinas Dispendukcapil Kota Kediri)
2. Luas wilayah Kota Kediri (sumber : Balitbang Kota Kediri)
3. Peta wilayah Kota Kediri (sumber : Balitbang Kota Kediri)
4. Jumlah Bangunan masing - masing kecamatan di Kota Kediri.

### 3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, skripsi, internet dan forum-forum resmi mengenai perencanaan jaringan *mobile* WiMAX. Beberapa data sekunder yang digunakan antara lain:

1. Data trafik internet pada operator.
2. Kalkulator Erlang atau tabel Erlang B dengan *Grade Of Service* (GOS) 2% .
3. Trafik tiap pelanggan diasumsikan sebesar 6 mErlang ( merujuk pada trafik operator ).
4. Frekuensi kerja yang digunakan adalah 2300 MHz.
5. *Bandwidth* kanal dari 1,25 MHz hingga 20 MHz.
6. Jenis modulasi digital yang digunakan adalah QPSK, 64-QAM dan 16-QAM untuk *downlink*. Untuk *uplink* menggunakan 16-QAM dan 64-QAM.

## 3.2 Variabel dan Cara Analisis Data

### 3.2.1 Variabel Data

Variabel data yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari kapasitas kanal, *bandwidth*, *bit rate*, radius sel, luas sel, jumlah sel, *pathloss*, level daya.

- Kapasitas kanal adalah jumlah kanal maksimum yang dapat terlayani oleh sebuah BS. Kapasitas kanal diperlukan untuk mengetahui kebutuhan BS untuk melayani pelanggan.
- *Bandwidth* adalah lebar kanal dari suatu sistem telekomunikasi yang dinyatakan dalam satuan Hertz (Hz).

- *Bit rate* adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi dan dinyatakan dengan satuan bit/detik. Perhitungan *bit rate* dilakukan dengan memasukkan nilai frekuensi kanal yang digunakan dan banyaknya simbol sesuai dengan modulasi yang digunakan.
- *Path loss* adalah untuk mengetahui *loss* yang terjadi selama proses pengiriman data di dalam media transmisi.
- Radius sel adalah jarak terjauh yang masih dapat terlayani oleh sebuah *base station* (BS). Dalam penentuan radius sel harus diperhatikan jumlah pelanggan dan kebutuhan trafiknya.

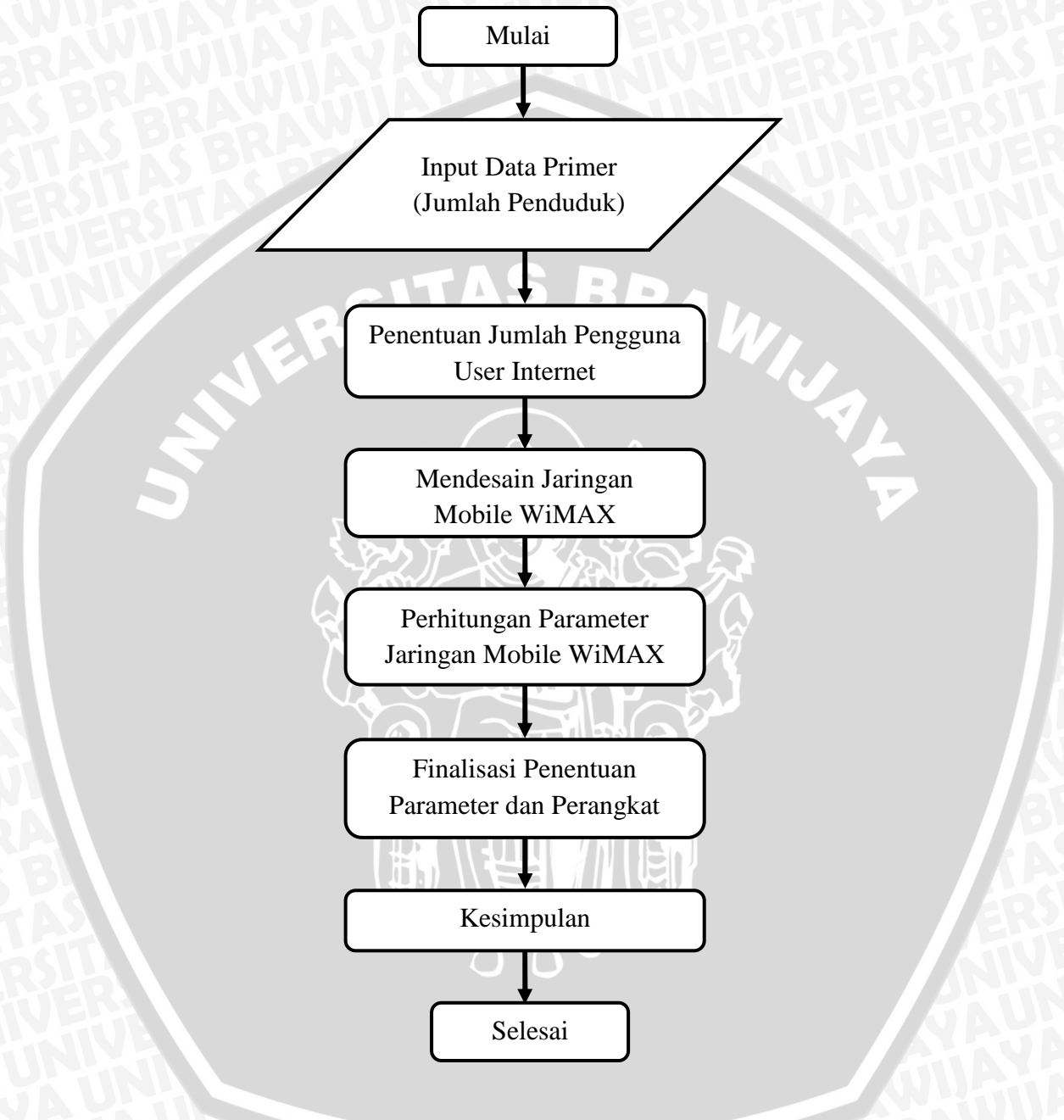
### 3.2.2 Cara Analisis Data

Cara analisis data yang digunakan dalam perancangan jaringan *mobile WiMAX* di Kota Kediri adalah analisis secara matematis yaitu mengumpulkan nilai dari parameter data-data primer dan sekunder dengan kesesuaian terhadap standar yang digunakan untuk kemudian dianalisis berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan. Analisis yang dilakukan meliputi: kapasitas kanal, *bandwidth*, *bit rate*, radius sel, *path loss*.

### 3.3 Kerangka Solusi Permasalahan

Kerangka keseluruhan proses penyelesaian masalah yang telah dirumuskan dan ditelaah dari aspek tertentu, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dijabarkan dalam bentuk diagram alir.





**Gambar 3.1 Diagram Alir Solusi Permasalahan**

Sumber: Perancangan

### 3.3.1 Penentuan Jumlah *user internet*

Penentuan jumlah user internet dalam perancangan jaringan *mobile* WiMAX di kota Kediri ini dibagi menjadi 4 bagian, yaitu: perhitungan jumlah penduduk, Jumlah penduduk usia produktif, penentuan faktor penetrasi dan perkiraan jumlah pelanggan

#### a. Perhitungan Jumlah Penduduk

Perhitungan jumlah penduduk dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil (DKKPS) yaitu jumlah penduduk antara 2008 hingga 2012. Dari data tersebut akan dilakukan peramalan jumlah penduduk pada tahun 2016 dengan menggunakan metode *trend linier*, *trend kuadrat* atau *trend eksponensial*. Pemilihan metode yang digunakan dengan cara membandingkan data sebenarnya dengan data hasil perhitungan. Data dengan selisih paling kecil adalah metode paling tepat untuk digunakan.

#### b. Penduduk Usia Produktif

Penduduk usia produktif adalah penduduk dengan usia 15 - 60 tahun. Jumlah penduduk usia produktif diasumsikan sebesar 70% dari jumlah penduduk secara keseluruhan.

#### c. Penentuan Faktor Penetrasi

Faktor penetrasi merupakan rasio perbandingan antara jumlah penduduk usia produktif dan jumlah saluran terpasang dengan jumlah bangunan yang ada

pada daerah tersebut. Perhitungan faktor penetrasi menggunakan rumus perhitungan yang telah dimuat pada tinjauan pustaka

#### d. Perkiraan Jumlah User

Jumlah user diperoleh dengan mengalikan nilai faktor penetrasi dengan jumlah penduduk usia produktif. user ini diasumsikan adalah orang yang menggunakan layanan *mobile* WiMAX.

### 3.3.2 Perancangan Desain Jaringan

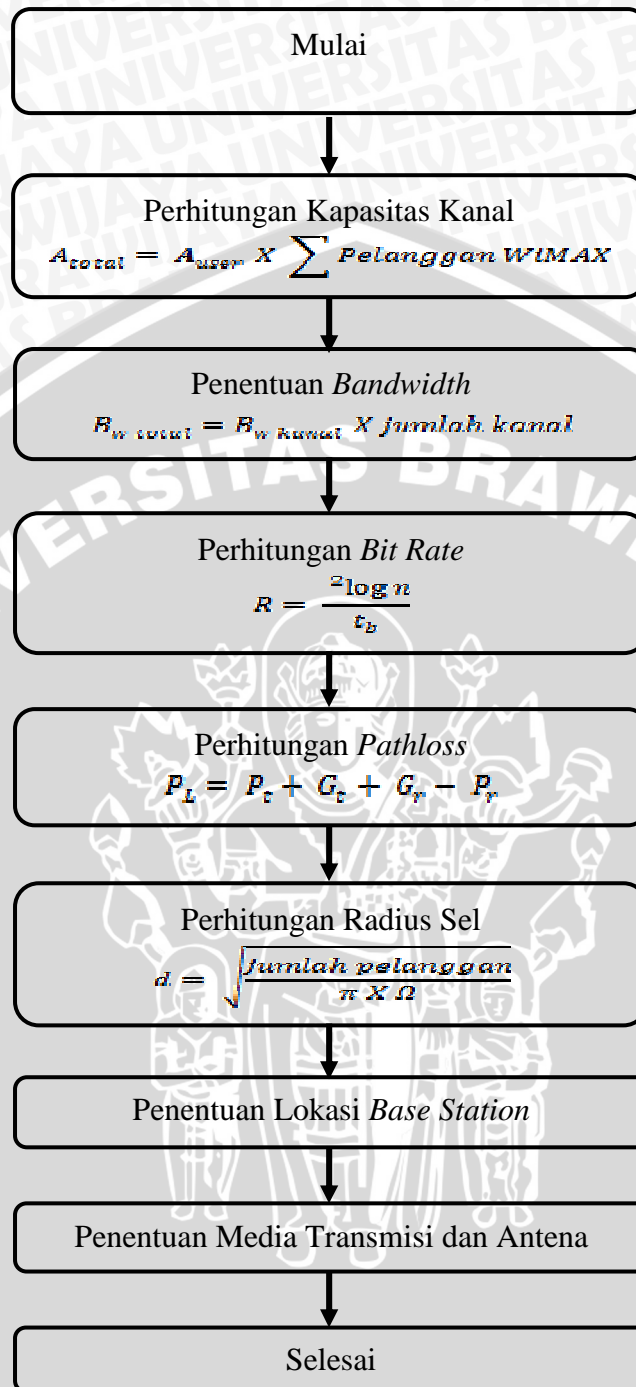
Dalam perencanaan jaringan *mobile* WiMAX ini menggunakan mekanisme jaringan *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN) sebagai acuannya. WMAN ini adalah suatu jaringan yang mencakup area metropolitan (kecamatan, kampus besar atau antar gedung). Sedangkan untuk topologi yang digunakan dalam perencanaan jaringan *mobile* WiMAX ini menggunakan topologi *point to multipoint*. Hal ini disesuaikan dengan keadaan lingkungan dan persebaran pelanggan di kota Kediri.

### 3.3.3 Diagram Alir Perancangan Jaringan

Dalam melakukan perancangan jaringan *Mobile* WiMAX di Kota Kediri ini akan dilakukan beberapa tahap agar didapatkan hasil semaksimal mungkin.

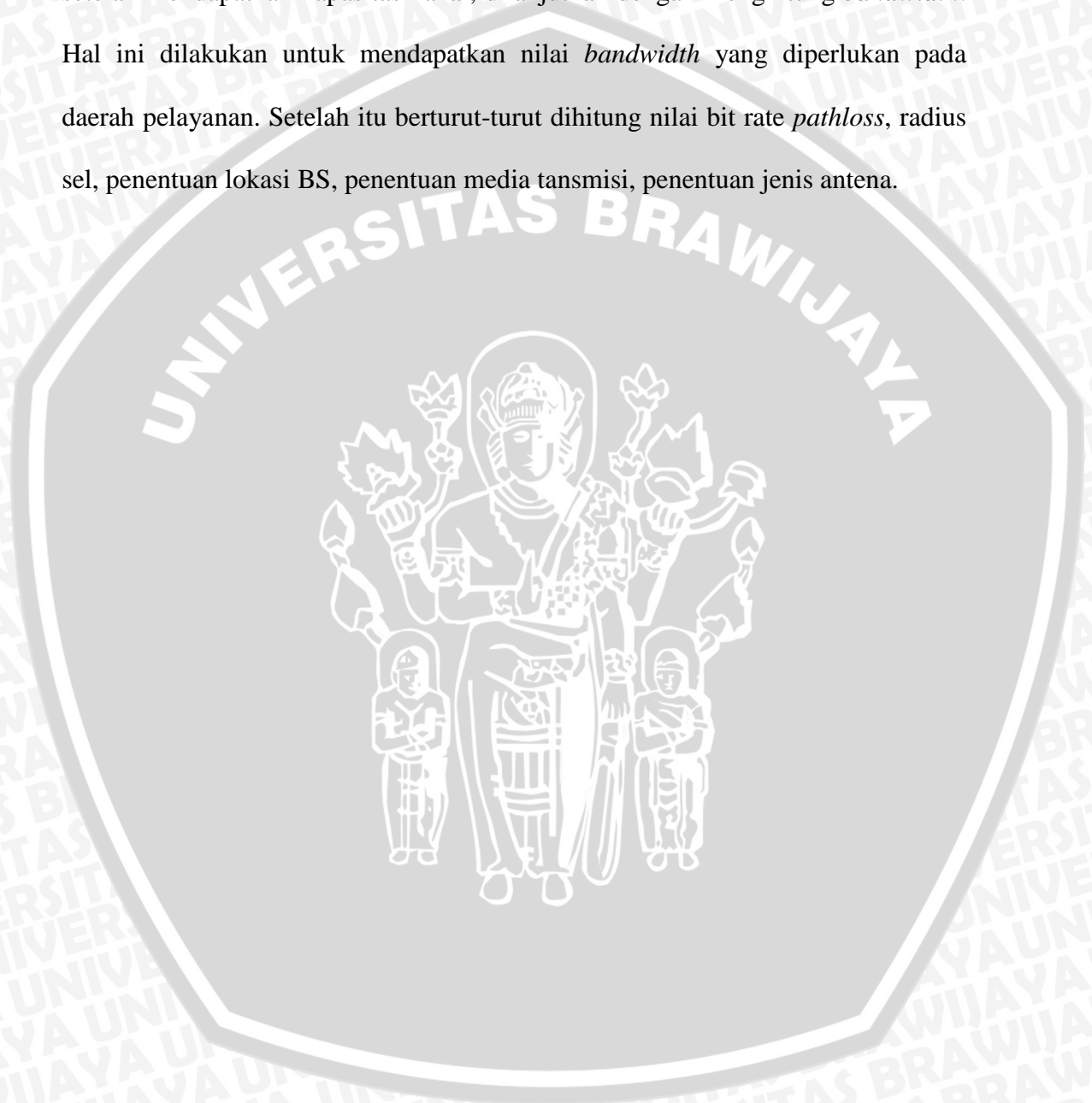
Tahap - tahap yang akan dilakukan dalam perencanaan ini adalah sesuai dengan diagram pada gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Jaringan *Mobile* WiMAX  
Sumber: Perancangan

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir di atas: langkah pertama adalah menghitung kapasitas kanal yang dibutuhkan pada daerah pelayanan, setelah mendapatkan kapasitas kanal, dilanjutkan dengan menghitung *bandwidth*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai *bandwidth* yang diperlukan pada daerah pelayanan. Setelah itu berturut-turut dihitung nilai bit rate *pathloss*, radius sel, penentuan lokasi BS, penentuan media transmisi, penentuan jenis antena.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kota Kediri merupakan salah satu kota berkembang yang ada di Indonesia dengan kepadatan penduduk yang cukup pesat dan dikenal sebagai kota santri dan industri. Menyadari kondisi ini, untuk memenuhi kebutuhan teknologi informasi, saat ini telah banyak dibuat *hot spot* area di beberapa titik penting, seperti alun-alun dan beberapa mall. Selain itu juga banyak cafe dan beberapa tempat hiburan lain yang menyediakan layanan ini. Namun kendala yang dihadapi adalah kurangnya jangkauan area, rendahnya *data rate*, dan mobilitas yang ditawarkan oleh layanan ini. Oleh karena itu untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan sebuah jaringan pelayanan baru yang dapat menjangkau daerah yang luas, *data rate* yang tinggi, serta mempunyai kemampuan mobilitas yang tinggi.

Bentuk topologi jaringan yang digunakan dalam perencanaan jaringan *mobile* WiMAX ini adalah topologi *point to multipoint* yang menggunakan mekanisme tipe jaringan WMAN.

Dalam merencanakan jaringan *mobile* WiMAX di Kota Kediri akan dilakukan langkah-langkah sesuai pada diagram alir pada bab sebelumnya yaitu:

1. Melakukan pembacaan kondisi Kota Kediri dengan pengamatan di lapangan mulai dari kondisi geografis maupun kependudukan untuk menentukan jenis atau tipe wilayah.



2. Menghitung jumlah pengguna internet yang akan dijangkau oleh operator, perhitungan ini meliputi perhitungan jumlah penduduk di masa mendatang, penduduk usia produktif, penentuan faktor penetrasi, perkiraan jumlah user.
3. Membuat desain jaringan *mobile* WiMAX sesuai tipe daerah sub urban.
4. Perhitungan kapasitas kanal dan trafik total daerah perencanaan.
5. Perhitungan penggunaan *bandwidth* dan range frekuensi.
6. Perhitungan *bit rate* berdasarkan jenis modulasi yang digunakan.
7. Perhitungan *pathloss* berdasarkan daya pancar dan daya terima yang telah diketahui.
8. Perhitungan radius sel berdasarkan *pathloss* yang telah diketahui
9. Penentuan lokasi (Base station) BS berdasarkan data operator yang ditentukan
10. Penentuan media transmisi (kabel) yang digunakan sebagai penghubung antara BS dengan jaringan internet.
11. Penentuan jenis antena BS yang digunakan berdasarkan tipe daerah wilayah perencanaan.
12. Finalisasi Data perhitungan dan perangkat penunjang yang dibutuhkan.

#### **4.1 Kondisi Wilayah Perencanaan**

Sebagai wilayah kota yang merupakan salah satu pemerintah kota yang ada di Provinsi Jawa Timur, Kota Kediri terletak di wilayah selatan bagian barat Jawa Timur. Kota Kediri dijadikan pengembangan kawasan lereng Wilis dan sekaligus sebagai pusat pengembangan regional eks wilayah pembantu Gubernur Wilayah III Kediri yang mempunyai hubungan timbal balik dengan daerah sekitarnya.

Dilihat dari segi astronomis Kota Kediri berada pada posisi  $111.05^{\circ}$ - $112.03^{\circ}$  Bujur Timur,  $7.45^{\circ}$  –  $8.55^{\circ}$  Lintang Selatang dengan luas wilayah 63,404  $\text{km}^2$ . Dari aspek topografi Kota Kediri terletak pada ketinggian rata-rata 67 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan 0 - 40 derajat. Adapun batas wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Kec. Gampengrejo dan Kec. Grogol
2. Sebelah Selatan : Kec. Kandat dan Kec. Ngadiluwih
3. Sebelah Timur : Kec. Wates dan Kec. Gurah
4. Sebelah Barat : Kec. Banyakan dan Kec. Semen

**Tabel 4.1 Luas Wilayah Kota Kediri**

No	Kecamatan	Luas Wilayah ( $\text{Km}^2$ )	Persentase (%)
1	Kota	14,900	28,07 %
2	Pesantren	23,903	35,28 %
3	Mojoaroto	24,601	36,65 %
Jumlah luas wilayah Kota Kediri		63,404	100 %

Sumber: Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Kediri

Kota Kediri termasuk dalam kategori daerah sub-urban, karena pada lingkungan kota ini cukup banyak dijumpai bangunan bertingkat dengan rata-rata merupakan perumahan penduduk 2 lantai dan juga masih terdapat cukup banyak pepohonan.



**Gambar 4.2 Peta Kota Kediri**

Sumber: Balitbang Kota Kediri

## 4.2 Penentuan Jumlah User Internet

Peramalan jumlah pelanggan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan trafik dan kapasitas layanan yang akan diberikan. Dalam menentukan jumlah user akan dilakukan beberapa tahap yaitu perkiraan jumlah penduduk, perhitungan penduduk usia produktif dan jumlah pelanggan setelah dilakukan perbandingan dengan jumlah operator yang ada dan faktor penetrasi.

### 4.2.1 Perkiraan Jumlah Penduduk

Dalam peramalan jumlah penduduk ini akan dilakukan dengan menggunakan tiga buah metode, yaitu metode *trend linier*, metode *trend kuadrat* dan metode *trend eksponensial*. Tujuan menggunakan metode ini adalah



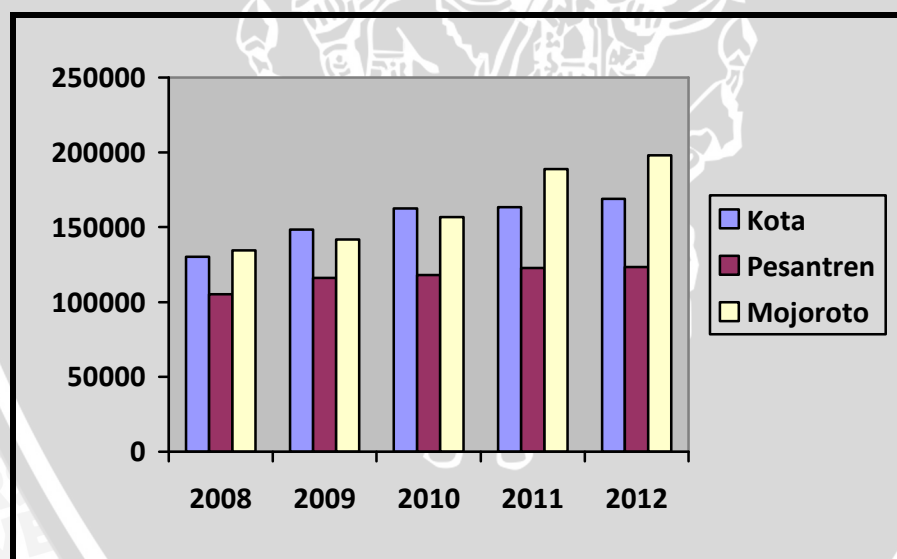
untuk memperkirakan jumlah penduduk beberapa tahun mendatang di Kota Kediri. Metode yang nantinya akan digunakan adalah metode yang mempunyai selisih paling kecil antara nilai sebenarnya dan nilai perhitungan.

**Tabel 4.2 Jumlah Penduduk Kota Kediri Tahun 2008 - 2012**

No	Kecamatan	Tahun					Jumlah
		2008	2009	2010	2011	2012	
1	Kota	130166	148304	162390	163255	169151	829276
2	Pesantren	105235	116103	118078	122700	123415	596553
3	Mojooroto	134510	141701	156609	189032	198037	912528

Sumber: Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Kediri (DKKPS)

**Grafik 4.1 Jumlah Penduduk Kota Kediri Tahun 2008 – 2012**



Sedangkan untuk jumlah bangunan (rumah, sekolah, perkantoran, rumah sakit dan bangunan umum lain) di Kota Kediri pada tahun 2012 adalah:

**Tabel 4.3 Jumlah Penduduk dan Bangunan di Kota Kediri**

No	Kecamatan	Jumlah	
		Penduduk	Bangunan
1	Kota	169151	35417
2	Pesantren	118415	12658
3	Mojoarjo	198037	20377
	Jumlah	485603	181995

Sumber: Data Badan Pembangunan Daerah Kota Kediri

Data yang diperoleh adalah data 5 tahun terakhir, maka  $n = 5$

$$\text{Rata-rata tahunnya adalah } t_{\text{rat}} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2008 + 2009 + 2010 + 2011 + 2012}{5} = 2010$$

Berdasarkan data pada tabel 4.2, maka sebelum menentukan jumlah penduduk beberapa tahun mendatang, ditentukan terlebih dahulu metode perhitungan yang paling tepat untuk tiap-tiap Kecamatan.

- Kecamatan Pesantren

Untuk mengetahui metode yang paling tepat digunakan di Kecamatan Pesantren, maka dilakukan perhitungan jumlah penduduk pada tahun 2012 berdasarkan data penduduk pada tahun 2008 – 2010. Parameter yang dibutuhkan untuk dilakukan jumlah pelanggan adalah seperti pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4 Peramalan Jumlah Penduduk Kecamatan Pesantren**

Tahun (t)	Y	X	XY	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	X <sup>2</sup> Y	Y <sub>0</sub> =logy	XY <sub>0</sub>
2008	125325	-1	-125235	1	-1	1	125235	5,0977	-5,0977
2009	126125	0	0	0	0	0	0	5,1008	0
2010	115078	1	115078	1	1	1	115078	5,0609	5,0609
Jumlah	336438	0	-10157	2	0	2	240313	15,2594	-0,0368

Sumber: hasil perhitungan



Data yang diperoleh adalah data selama tahun 2008 – 2010, maka  $n = 3$

Rata-rata tahunnya adalah  $t_{rat} = \frac{\sum t}{n} = \frac{2008+2009+2010}{3} = 2009$

➤ Metode linier

Berdasarkan persamaan umum metode *trend linier*, maka nilai dari konstanta persamaannya adalah:

$$a = \frac{\sum Y}{n} = \frac{366438}{3} = 122146$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = \frac{-10157}{2} = -5078,5$$

Sehingga persamaan *trend liniernya* menjadi:

$$Y' = 122146 - 5078X$$

Dengan  $X = t - t_{rat} = 2010 - 2007 = 3$

Berdasarkan persamaan di atas, maka jumlah perkiraan penduduk Kecamatan Pesantren pada tahun 2012 adalah:

$$Y' = 122146 - 5078(3) = 106912 \text{ jiwa}$$

Sedangkan presentase kesalahan perkiraan adalah:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{118415 - 106912}{118415} \times 100\% = 9,7141\%$$

➤ Metode *Trend Kuadrat*

Berdasarkan pada persamaan umum metode *trend kuadrat* maka nilai dari masing-masing konstanta persamaannya adalah:



- $\sum Y = an + b \sum X + c \sum X^2$

$$366438 = 3a + 2c$$

- $\sum XY = a \sum x + b \sum Y^2 + c \sum X^3$

$$-10157 = 2b \Rightarrow b = -5078,5$$

- $\sum X^2 Y = a \sum X^2 + b \sum Y^3 + c \sum X^4$

$$240313 = 2a + 2c$$

Dengan melakukan substitusi persamaan pertama dan ketiga diperoleh:

$$a = 126125$$

$$c = -5968$$

Sehingga persamaan Trend kuadratisnya menjadi

$$Y' = 126125 - 5078(X) - 5968(X^2)$$

Dengan  $X = t - t_{\text{rat}} = 2012 - 2009 = 3$

Berdasarkan persamaan di atas, maka perkiraan jumlah penduduk kecamatan

Pesantren pada tahun 2012

$$Y' = 126125 - 5078(3) - 5968(9) = 57175 \text{ jiwa}$$

Sedangkan presentase kesalahan pada tahun 2012 adalah :

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{118415 - 57175}{118415} \times 100\% = 51,7164\%$$

➤ *Metode Trend eksponensial*

Berdasarkan pada persamaan umum metode *trend eksponensial* maka nilai

dari masing-masing konstanta persamaannya adalah:

$$a_0 = \frac{\sum Y_0 - b_0 \sum X}{n} = \frac{15,2594 - 0}{3} = 5,0865$$

$$b_0 = \frac{\sum XY_0 - a_0 \sum X}{\sum X^2} = \frac{-0,0368}{2} = -0,0184$$

Maka

$$Y_0 = a_0 + b_0(X)$$

$$Y_0 = 5,0865 - 0,0184(3)$$

$$Y_0 = 5,0313$$

Sehingga  $Y^0 = 10^{Y_0} = 10^{5,0313} = 107473$

Sedangkan presentase kesalahan perkiraan adalah :

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{118415 - 107473}{118415} \times 100\% = 9,2404\%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk setiap kecamatan di Kota Kediri, maka akan didapatkan hasil sesuai dengan tabel 4.5.

**Tabel 4.5 Analisis Persentase Kesalahan pada Tiap Kecamatan**

Kecamatan	Trend Linier		Trend Kuadratis		Trend Eksponensial		Metode digunakan
	Selisih	%selisih	Selisih	%selisih	Selisih	%selisih	
Kota	9890	5,4336	42825	25,3176	9047	5,3485	Trend Eksponensial
Pesantren	12404	9,7141	61240	51,7164	10942	9,2404	Trend Eksponensial
Mojoroto	174	0,1015	47993	24,2344	985	0,4949	Trend Linier

Sumber : hasil perhitungan

Dari tabel 4.5 dapat diketahui bahwa metode yang paling tepat digunakan pada masing-masing kecamatan adalah metode dengan persentase kesalahan yang paling kecil. Metode *trend eksponensial* akan digunakan di kecamatan Kota dan Pesantren, sedangkan pada kecamatan Mojoroto akan digunakan metode *trend linier*. Nilai parameter yang akan digunakan pada perhitungan perkiraan jumlah penduduk adalah:

$$\text{Jumlah tahun pengamatan (n)} = 5$$

$$\text{Tahun akhir pengamatan (t)} = 2016$$

$$\text{Rata-rata tahun pengamatan (t}_{\text{rat}}) = \frac{2008 + 2009 + 2010 + 2011 + 2012 + 2013 + 2014 + 2015 + 2016}{9} = 2012$$

- Kecamatan Kota

Nilai perkiraan jumlah penduduk di kecamatan Kota ditentukan dengan menentukan periode pengamatan adalah 5 tahun. Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam memperkirakan jumlah penduduk dengan metode *trend eksponensial* adalah sesuai tabel 4.6

**Tabel 4.6 Parameter Peramalan Jumlah Penduduk di Kecamatan Kota**

Tahun(t)	Y	X	XY	X <sup>2</sup>	Y <sub>0</sub> =LogY	XY <sub>0</sub>
2006	166166	-2	-332332	4	5,2205	-10,441
2007	168314	-1	-168314	1	5,2261	-5,2261
2008	162390	0	0	0	5,2106	0
2009	163255	1	163255	1	5,2129	5,2129





Tahun(t)	Y	X	XY	X <sup>2</sup>	Y <sub>0</sub> =LogY	XY <sub>0</sub>
2010	169151	2	338302	4	5,2283	10,4566
Jumlah	829276	0	911	10	26,0984	0,0024

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4.6 maka terlebih dahulu akan dicari konstanta persamaan dengan menggunakan metode *trend eksponensial* sesuai dengan persamaan 2-8 sampai 2-17. Maka akan diperoleh:

$$a_0 = \frac{\sum Y_0 - b_0 \sum X}{n} = \frac{26,0984}{5} = 5,2197$$

$$b_0 = \frac{\sum XY_0 - a_0 \sum X}{\sum X^2} = \frac{0,0024 - 0}{10} = 0,0002$$

Sedangkan nilai X adalah :  $t - t_{\text{rat}} = 2014 - 2010 = 4$

$$Y_0 = a_0 + b_0 (X)$$

$$Y_0 = 5,2197 + 0,0002(4)$$

$$Y_0 = 5,2205$$

Sehingga  $Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,2205} = 166,150$

Jadi perkiraan jumlah penduduk kecamatan Kota pada tahun 2016 adalah 166.150 jiwa.

- Kecamatan Pesantren

Nilai perkiraan jumlah penduduk di Kecamatan Pesantren ditentukan dengan menentukan periode pengamatan adalah 5 tahun. Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam memperkirakan jumlah penduduk dengan metode *trend eksponensial* adalah sesuai Tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Parameter Peramalan Jumlah Penduduk di Kecamatan Pesantren**

Tahun(t)	Y	X	XY	X <sup>2</sup>	Y <sub>0</sub> =LogY	XY <sub>0</sub>
2008	125235	-2	-250470	4	5.0977	-10.1954
2009	126125	-1	-126125	1	5.1008	-5.1008
2010	115078	0	0	0	5.0609	0
2011	111700	1	111700	1	5.0481	5.0481
2012	118415	2	236830	4	5.0734	10.1468
Jumlah	596553	0	-28065	10	25.3809	-0.1013

Sumber : hasil pengamatan

Berdasarkan tabel 4.7 maka terlebih dahulu akan dicari konstanta persamaan dengan menggunakan metode *trend eksponensial* sesuai dengan persamaan 2-8 sampai 2-17. Maka akan diperoleh:

$$a_0 = \frac{\sum Y_0 - \bar{b}_0 \sum X}{n} = \frac{25,3809 - 0}{5} = 5,0762$$

$$b_0 = \frac{\sum XY_0 - a_0 \sum X}{\sum X^2} = \frac{-0,1013 - 0}{10} = -0,0101$$

Sedangkan nilai X adalah :  $t - t_{\text{rat}} = 2014 - 2010 = 4$

$$Y_0 = a_0 + b_0(X)$$

$$Y_0 = 5,0762 - 0,0101(4)$$

$$Y_0 = 5,0358$$

$$\text{Sehingga } Y' = 10^{5,0358} = 108.593$$

Jadi perkiraan jumlah penduduk kecamatan Pesantren pada tahun 2016 adalah 108.593 jiwa.

- Kecamatan Mojojoto

Nilai perkiraan jumlah penduduk di Kecamatan Mojojoto ditentukan dengan menentukan periode pengamatan adalah 5 tahun. Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam memperkirakan jumlah penduduk dengan metode *trend linier* adalah sesuai tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Parameter Peramalan Jumlah Penduduk di Kecamatan Mojojoto**

Tahun(t)	Y	X	XY	X <sup>2</sup>
2008	169510	-2	-339020	4
2009	171300	-1	-171300	1
2010	184649	0	0	0
2011	189032	1	189032	1
2012	198037	2	369074	4
Jumlah	912528	0	74786	10

Sumber: hasil pengamatan

Berdasarkan tabel 4.8 maka terlebih dahulu akan dicari konstanta persamaan dengan menggunakan metode *trend linier* sesuai dengan persamaan 2-1 sampai 2-3. Maka akan diperoleh:

$$a = \frac{\sum Y}{n} = \frac{912528}{5} = 182506$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = \frac{74786}{10} = 7479$$

Sehingga persamaan *trend liniernya* menjadi

$$Y' = 182506 + 7479(X)$$



Sedangkan nilai X adalah  $t - t_{\text{rat}} = 2014 - 2010 = 4$

Berdasarkan persamaan di atas, maka jumlah perkiraan penduduk kecamatan Mojoroto pada tahun 2014 adalah:

$$Y' = 182506 + 7479(4) = 212.442 \text{ jiwa}$$

Jadi perkiraan jumlah penduduk kecamatan Mojoroto pada tahun 2016 adalah 212.442 jiwa.

#### 4.2.2 Usia Produktif

Untuk mengetahui jumlah penduduk usia produktif, digunakan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2-18. Penduduk usia produktif ini diasumsikan sebagai penduduk yang menggunakan layanan internet.

$$\text{Jumlah penduduk usia produktif} = 70\% \times \text{jumlah penduduk total}$$

**Tabel 4.9 Perkiraan Jumlah Penduduk Kota Kediri Tahun 2016**

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	Jumlah Usia Produktif
1	Kota	166150	116305
2	Pesantren	108593	76015
3	Mojoroto	212422	148696
	Jumlah Total	487165	341016

Sumber : hasil perhitungan

Sedangkan menurut data dari operator secara nasional, jumlah BTS untuk layanan pada operator ditunjukkan oleh tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Data Jumlah BTS di Indonesia tahun 2010**

No	Nama Operator	Jumlah BTS	Dalam persen (%)
1	Operator A	17232	13,3421
2	Operator B	14758	11,4265
3	Operator C	3000	2,3227
4	Operator D	88548	68,5594
5	Operator E	907	0,7022
6	Operator F	4540	3,5151
7	Operator G	171	0,1316

Sumber : [www.Litbang.kemenkominfo.com](http://www.Litbang.kemenkominfo.com)

Diasumsikan bahwa perencanaan jaringan *mobile* WiMAX (802.16e) ini akan digunakan oleh operator A, dengan jumlah BTS yang ada saat ini seperti pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Lokasi BS Operator A di Kota Kediri**

No	Lokasi BS	Kecamatan
1	Menara kediri mall	Kota
2	Masjid Agung	Kota
3	Mrican	Mojooroto
4	Gudang Garam	Kota
5	Wijang Songko	Pesantren
6	IKIP PGRI	Mojooroto

Sumber: Operator A

### 4.2.3 Penentuan Faktor Penetrasi dan Jumlah Pelanggan

Jumlah *user* internet di Indonesia rata-rata mengalami pertumbuhan sebesar 13% setiap tahun. Pada tahun 2002 *user* internet di Indonesia adalah 4% dari jumlah penduduk secara keseluruhan (PT.Telkom, 2002). Maka *user* internet di Kota Kediri pada tahun 2016 adalah:

- Kecamatan Kota

$$\begin{aligned} \text{User internet} &= 116305 \times (4\% + (13\% \times 15)) \\ &= 116305 \times 49\% = 56989 \text{ user} \end{aligned}$$

Sedangkan jumlah *user* internet dalam operator A adalah:

$$\text{User internet operator A} = 53500 \times 13,3421\% = 7604 \text{ user}$$

Sedangkan untuk faktor penetrasi di kecamatan kota dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$FP = \frac{\sum \text{saluran terpasang} + \text{Calon Pelanggan} + \text{suspressed demand}}{\sum \text{bangunan}}$$

$$FP = \frac{(3) + 7604 + 0}{35417} = 0,215$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk setiap kecamatan akan didapatkan nilai faktor penetrasi Kota Kediri sesuai dengan tabel 4.12

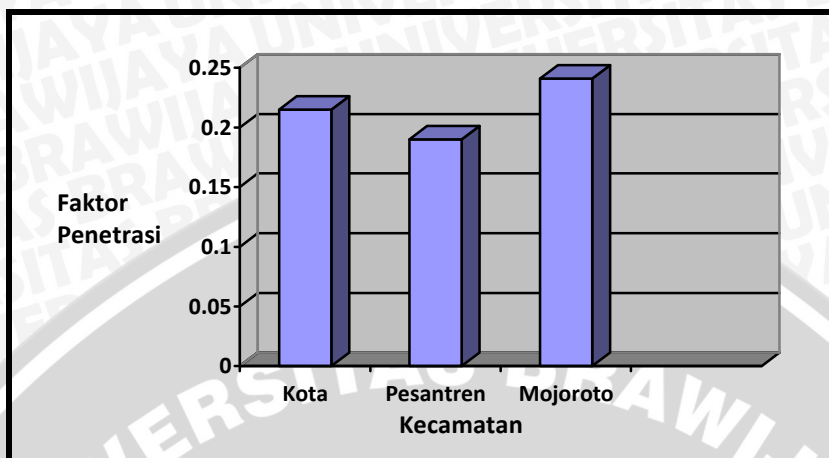
**Tabel 4.12 Nilai Faktor Penetrasi Kota Kediri**

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	Jumlah Usia Produktif	Faktor Penetrasi
1	Kota	166150	116305	0,215
2	Pesantren	108593	76016	0,190
3	Mojoarjo	212422	148696	0,241
	Jumlah			

Sumber : hasil perhitungan



**Grafik 4.2 Nilai Faktor Penetrasi Kota Kediri**



Setelah diketahui nilai dari faktor penetrasinya, maka jumlah pelanggan WiMAX pada operator A di Kecamatan Kota pada tahun 2014 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Pelanggan } mobile \text{ WiMAX} &= \text{user internet operator A} \times \text{FP} \\ &= 7604 \times 0,215 = 1413 \text{ pelanggan} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk setiap kecamatan akan didapatkan jumlah pelanggan *mobile* WiMAX pada operator A sesuai dengan tabel 4.13

**Tabel 4.13 Jumlah Pengguna WiMAX Operator A tahun 2016**

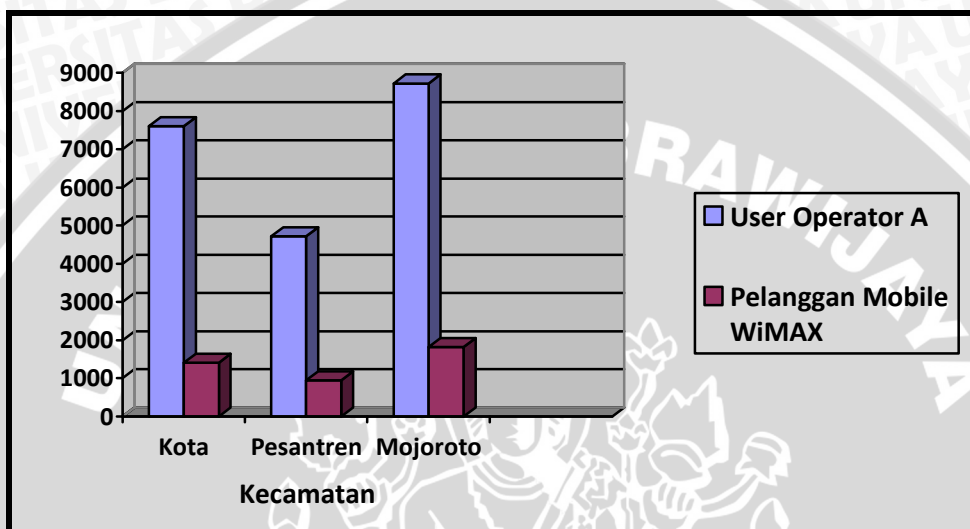
No	Kecamatan	User operator A	Faktor Penetrasi	Pelanggan <i>mobile</i> WiMAX
1	Kota	7.604	0,215	1.413
2	Pesantren	4.720	0,190	945
3	Mojoroto	8.721	0,241	1.824
	Jumlah	21045		4182

Sumber: hasil perhitungan



Jadi jumlah user *mobile* WiMAX di Kota Kediri pada perancangan ini pada tahun 2016 adalah 4182 pelanggan.

**Grafik 4.3 Jumlah Pelanggan WiMAX Operator A tahun 2016**



#### 4.3 Desain Jaringan *Mobile* WiMAX

Dari uraian pada sub bab 4.1 dan 4.2, dapat diketahui bahwa Kota Kediri termasuk dalam kategori daerah sub-urban, karena pada lingkungan kota ini cukup banyak dijumpai bangunan bertingkat dengan rata-rata merupakan penduduk 2 lantai dan juga masih terdapat cukup banyak pepohonan. Serta dari perhitungan peramalan jumlah pelanggan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa estimasi jumlah pelanggan tersebar di masing-masing kecamatan.

Berdasarkan dari kondisi geografis dan jumlah pelanggan di Kota Kediri, konfigurasi jaringan yang digunakan dalam perencanaan jaringan *mobile* WiMAX ini adalah tipe jaringan (*Wireless Metropolitan Area Network*) WMAN dan menggunakan topologi *point to multipoint*. Tipe jaringan WMAN digunakan

untuk mengakomodir area perkotaan, serta topologi dipergunakan untuk komunikasi BS dengan user secara langsung.

Secara konfigurasi jaringan *mobile* WiMAX. terbagi dalam tiga bagian, yaitu SS, ASN, dan CSN.

- a. (*Subscriber Station*) SS : merupakan perangkat yang berada di pelanggan yang menyediakan sambungan antara pelanggan dengan BS.
- b. (*Access Service Network*) ASN : berfungsi untuk menghubungkan antara SS dengan CSN
- c. (*Connectivity Service Network*) CSN : mempunyai fungsi utama untuk menyediakan konektivitas antara SS dengan layanan WiMAX dan fungsi jaringan umum lainnya.

Secara umum, *mobile* WiMAX yang merupakan teknologi *broadband wireless* memiliki prinsip kerja sebagai berikut (Gunawan Wibisono, 2009):

1. Pelanggan mengirimkan data dari *subscriber station* (SS) ke *base station* (BS) melalui media gelombang radio,
2. BS akan menerima sinyal dari berbagai pelanggan dan mengirimkan pesan melalui *wireless* atau kabel ke *switching center* melalui protokol 802.16,
3. *Switching center* akan mengirimkan pesan ke *internet service provider* atau *public switched telephone network* (PSTN) melalui kabel.



## 4.4 Perancangan Jaringan *Mobile* WiMAX

### 4.4.1 Kapasitas Kanal

Kapasitas kanal adalah jumlah kanal maksimum yang dapat terlayani oleh sebuah BS. Kapasitas kanal diperlukan untuk mengetahui kebutuhan BS yang diperlukan untuk melayani pelanggan. Dalam mencari kapasitas kanal terlebih dahulu akan dilakukan perhitungan trafik total untuk setiap Kecamatan. Perencanaan ini diperlukan untuk melakukan koneksi internet dengan trafik tiap pelanggan diasumsikan sebesar 6 mErlang. Sedangkan jumlah kanal yang dibutuhkan disesuaikan dengan Tabel Erlang B dengan GOS sebesar 2%. Maka kebutuhan trafik sistem dan jumlah kanal adalah untuk setiap Kecamatan adalah:

- Kecamatan Kota

$$\begin{aligned}A_{\text{total}} &= A_{\text{user}} \times \Sigma \text{ pelanggan } \textit{mobile} \text{ WiMAX} \\ &= 0,006 \text{ E} \times 1413 \\ &= 9,79 \text{ Erlang}\end{aligned}$$

Jumlah kanal yang dibutuhkan dengan kapasitas trafik sistem 9,79 Erlang sesuai dengan tabel Erlang B dengan GOS 2% adalah 15 kanal

- Kecamatan Mojojoto

$$\begin{aligned}A_{\text{total}} &= A_{\text{user}} \times \Sigma \text{ pelanggan } \textit{mobile} \text{ WiMAX} \\ &= 0,006 \text{ E} \times 1824 \\ &= 14,05 \text{ Erlang}\end{aligned}$$

Jumlah kanal yang dibutuhkan dengan kapasitas trafik sistem 14,05 Erlang sesuai dengan tabel Erlang B dengan GOS 2% adalah 21 kanal

- Kecamatan Pesantren

$$\begin{aligned}
 A_{\text{total}} &= A_{\text{user}} \times \Sigma \text{ pelanggan } \textit{mobile WiMAX} \\
 &= 0,006 \text{ E} \times 945 \\
 &= 5,67 \text{ Erlang}
 \end{aligned}$$

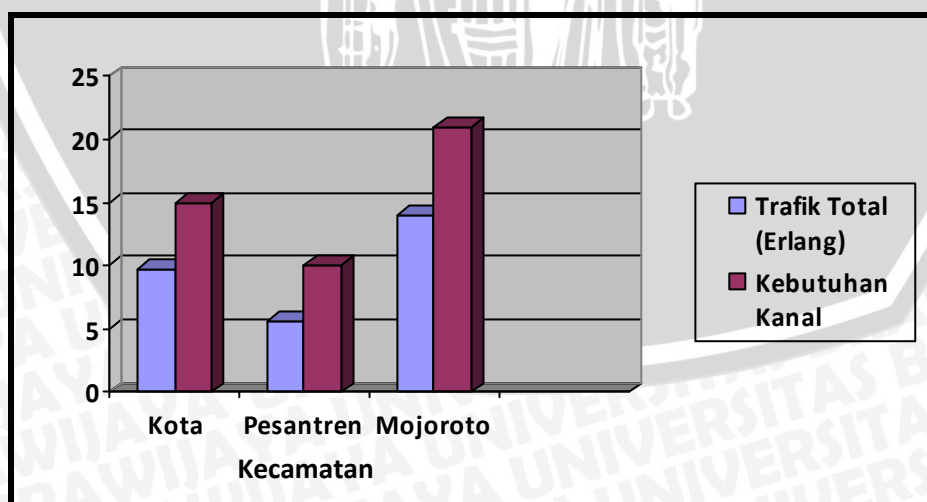
Jumlah kanal yang dibutuhkan dengan kapasitas trafik sistem 5,67 Erlang sesuai dengan tabel Erlang B dengan GOS 2% adalah 10 kanal

**Tabel 4.14 Kebutuhan Kapasitas Kanal Operator A tahun 2016**

No	Kecamatan	Trafik total (Erlang)	Kebutuhan Kanal
1	Kota	9,79	15
2	Pesantren	5,67	10
3	Mojooroto	14,05	21
<b>Jumlah</b>			46

Sumber: hasil perhitungan

**Grafik 4.4 Kebutuhan Kapasitas Kanal Operator A tahun 2016**



Berdasarkan spesifikasi vendor SR Telecom, setiap kanal BS mempunyai kapasitas maksimum hingga 16 kanal. Sehingga setiap kanal mampu melayani trafik hingga 9,83 Erlang. Berdasarkan kemampuan kapasitas kanal, jumlah BS yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah BS} &= \frac{\text{kebutuhan kanal}}{\text{kapasitas kanal}} \\ &= \frac{46}{16} = 2,8 \cong 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Bandwidth

*Bandwidth* adalah lebar kanal dari sistem telekomunikasi. Menurut aturan Dirjen Pos dan Telekomunikasi tahun 2008 mengenai standarisasi layanan BWA, menyatakan bahwa untuk layanan BWA *bandwidth* yang diijinkan adalah:

1. Terdapat dua jenis profil karakteristik lapisan PHY yang didefinisikan berdasarkan lebar kanal. Yaitu profil karakteristik untuk lebar kanal 3,75 MHz dan profil karakteristik untuk lebar kanal 7,5 MHz. Selain persyaratan dasar kapabilitas yang harus diikuti oleh kedua jenis profil tersebut, terdapat juga persyaratan yang sifatnya spesifik untuk masing-masing profil.
2. Lebar kanal 3,75 MHz terdiri atas 3,5 MHz yang digunakan untuk transmisi data dan 250 KHz *guard band*
3. Lebar kanal 7,5 MHz terdiri atas 7 MHz yang digunakan untuk transmisi data dan 500 KHz *guard band*

Berdasarkan peraturan di atas, dapat ditulis *bandwidth* total di Kecamatan kota seperti berikut:



- *Bandwidth* tiap kanal 3,75 MHz

$$\begin{aligned}
 B_{w \text{ total}} &= B_{w \text{ kanal}} \times \text{jumlah kanal} \\
 &= 3,75 \text{ MHz} \times 15 \\
 &= 56,25 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

- *Bandwidth* tiap kanal 7,5 MHz

$$\begin{aligned}
 B_{w \text{ total}} &= B_{w \text{ kanal}} \times \text{jumlah kanal} \\
 &= 7,5 \text{ MHz} \times 15 \\
 &= 112,5 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk setiap Kecamatan, maka kebutuhan *bandwidth* untuk setiap Kecamatan di Kediri adalah:

**Tabel 4.15 Kebutuhan *Bandwidth* WiMAX di Kota Kediri**

No	Kecamatan	<i>Bandwidth</i> total (MHz)	
		Kanal A	Kanal B
1	Kota	56,25	112,5
2	Pesantren	37,5	75
3	Mojoaroto	78,75	157,5
<b>Jumlah</b>			

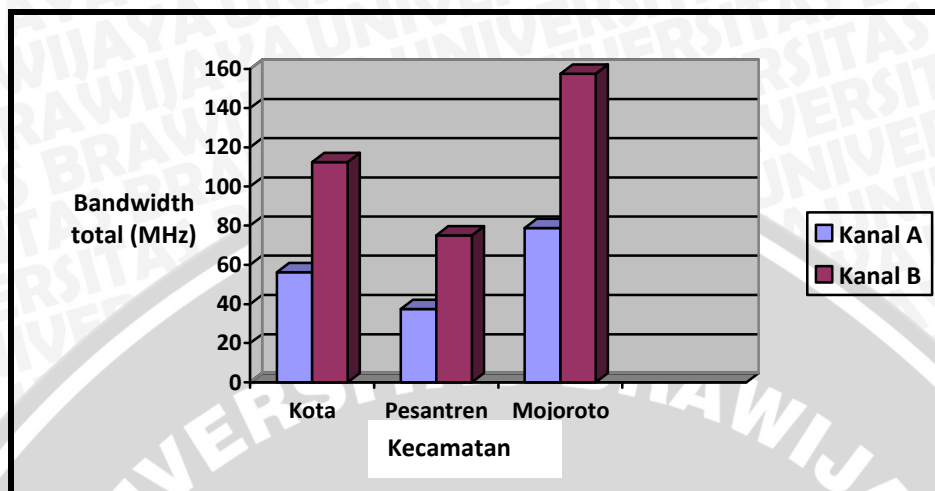
Sumber : Perhitungan

Keterangan :

Kanal A : 3,75 MHz

Kanal B : 7,5 MHz

**Grafik 4.5** Kebutuhan *Bandwidth* WiMAX di Kota Kediri



Dengan mempertimbangkan efisiensi *bandwidth* di Kota Kediri dan mempertimbangkan biaya untuk perencanaan ini, maka *bandwidth* tiap kanal yang lebih baik digunakan adalah 3,75 MHz dengan total kebutuhan *bandwidth* sebesar 348,75 MHz. frekuensi yang digunakan untuk *mobile* WiMAX menurut standar IEEE adalah 2,3 GHz atau 2,5 GHz. Sedang di Indonesia, frekuensi yang digunakan untuk BWA adalah 2,3 GHz dan 3,5 GHz. Sehingga dapat disimpulkan frekuensi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 2,3 GHz.

#### 4.4.3 *Bit Rate*

*Bit Rate* adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi dan dinyatakan dengan satuan bit/detik (bps). Berdasarkan WiMAX Forum 2006, *mobile* WiMAX (802.16e) menggunakan modulasi QPSK, 16-QAM, 64-QAM. Mengacu pada persamaan 2-26 maka nilai *bit rate* untuk tiap modulasi adalah:

- **Modulasi QPSK**

Modulasi QPSK mempunyai 2 *bit* untuk setiap simbol, maka jumlah  $n = 4$  (00, 01, 10 dan 11). Dengan *bandwidth* kanal ( $B_w$ ) 3,75 MHz, maka nilai *bit rate* nya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Bit rate} &= B_w \text{ kanal} \times 2 \log n \\ &= (3,75 \times 10^6) \times 2 \log 4 \text{ bit/s} \\ &= 7,5 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dengan *bandwidth* kanal ( $B_w$ ) 7,5 MHz, maka nilai *bit rate* nya adalah

$$\begin{aligned} \text{Bit rate} &= B_w \text{ kanal} \times 2 \log n \\ &= (7,5 \times 10^6) \times 2 \log 4 \text{ bit/s} \\ &= 15 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

- **Modulasi 16 QAM**

Modulasi QAM mempunyai 4 *bit* untuk setiap simbol, maka jumlah  $n = 16$ . Dengan *bandwidth* kanal ( $B_w$ ) 3,75 MHz, maka nilai *bit rate* nya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Bit rate} &= B_w \text{ kanal} \times 2 \log n \\ &= (3,75 \times 10^6) \times 2 \log 16 \text{ bit/s} \\ &= 15 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dengan *bandwidth* kanal ( $B_w$ ) 7,5 MHz, maka nilai *bit rate* nya adalah

$$\begin{aligned} \text{Bit rate} &= B_w \text{ kanal} \times 2 \log n \\ &= (7,5 \times 10^6) \times 2 \log 16 \text{ bit/s} \\ &= 30 \text{ Mbps} \end{aligned}$$



- **Modulasi 64 QAM**

Modulasi 64 QAM mempunyai 6 *bit* untuk setiap simbol, maka jumlah  $n =$

64. Dengan *bandwidth* kanal ( $B_w$ ) 3,75 MHz, maka nilai *bit rate* nya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Bit rate} &= B_w \text{ kanal} \times 2^{\log n} \\ &= (3,75 \times 10^6) \times 2^{\log 64} \text{ bit/s} \\ &= 22,5 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dengan *bandwidth* kanal ( $B_w$ ) 7,5 MHz, maka nilai *bit rate* nya adalah

$$\begin{aligned} \text{Bit rate} &= B_w \text{ kanal} \times 2^{\log n} \\ &= (7,5 \times 10^6) \times 2^{\log 64} \text{ bit/s} \\ &= 45 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dengan memperhatikan perhitungan di atas maka dapat diketahui bahwa semakin besar bit tiap simbol yang digunakan, maka besar *bit rate* yang dihasilkan juga semakin besar. Sehingga modulasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah modulasi 64 QAM.

Bit rate yang digunakan untuk Kecamatan Kota dengan kapasitas kanal 15 untuk Bandwidth kanal 3,75 MHz

$$\begin{aligned} \text{Bit rate}_{\text{total}} &= \text{Bit rate}_{\text{per kanal}} \times \text{jumlah kanal} \\ &= 22,5 \times 15 \\ &= 338 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk bandwidth kanal ( $B_w$ ) 7,5 MHz

$$\begin{aligned} \text{Bit rate}_{\text{total}} &= \text{Bit rate}_{\text{per kanal}} \times \text{jumlah kanal} \\ &= 45 \times 15 \\ &= 675 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

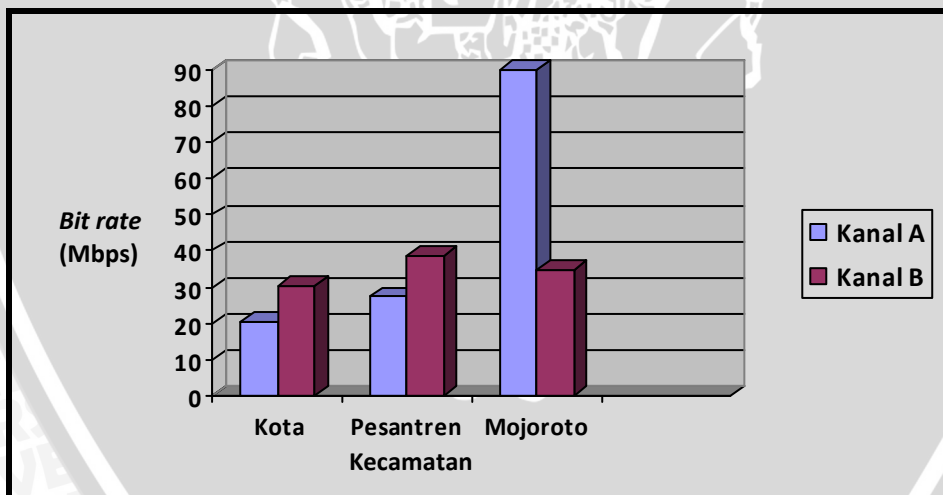
Dengan cara yang sama *bit rate* untuk setiap Kecamatan dan setiap kanal dapat dilihat pada tabel 4.16

**Tabel 4.16** *Bit rate Total Mobile WiMAX di Kota Kediri*

No	Kecamatan	<i>Bit rate</i> (Mbps)	
		Kanal A	Kanal B
1	Kota	338	675
2	Pesantren	225	450
3	Mojooroto	473	945
<b>Jumlah</b>			

Sumber: Hasil Perhitungan

**Grafik 4.6** *Bit rate Total Mobile WiMAX di Kota Kediri*



Berdasarkan tabel dan grafik *bit rate* total di atas, maka dengan mempertimbangkan efisiensi bandwidth dan biaya untuk perencanaan di Kota Kediri ini, maka didapatkan hasil bandwidth tiap kanal yang digunakan adalah

3,75 MHz, bandwidth total 348,75 MHz dan total bit rate yang disediakan adalah sebesar 2094 Mbps.

#### 4.4.4 Pathloss

Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari suatu pemancar ke penerima akan merambat melewati berbagai halangan sehingga terjadi rugi-rugi yang disebabkan oleh berbagai redaman. Untuk menganalisis besarnya pengaruh redaman sinyal terhadap kondisi tersebut maka digunakan sebuah model propagasi *outdoor* pada standard IEEE.802.16e dengan mencari besarnya rugi-rugi saluran di lintasan propagasi.

*Pathloss* mencakup semua pelemahan yang diperkirakan akan dialami sinyal ketika berjalan dari *base station* ke *subscriber station*. *Pathloss* yang terjadi pada sinyal yang diterima dapat ditentukan melalui suatu model propagasi tertentu. Dengan daya penerima minimum yang disesuaikan dengan Peraturan Dirjen Pos dan Telekomunikasi maka *pathloss* referensi dapat dihitung dengan persamaan 2-27:

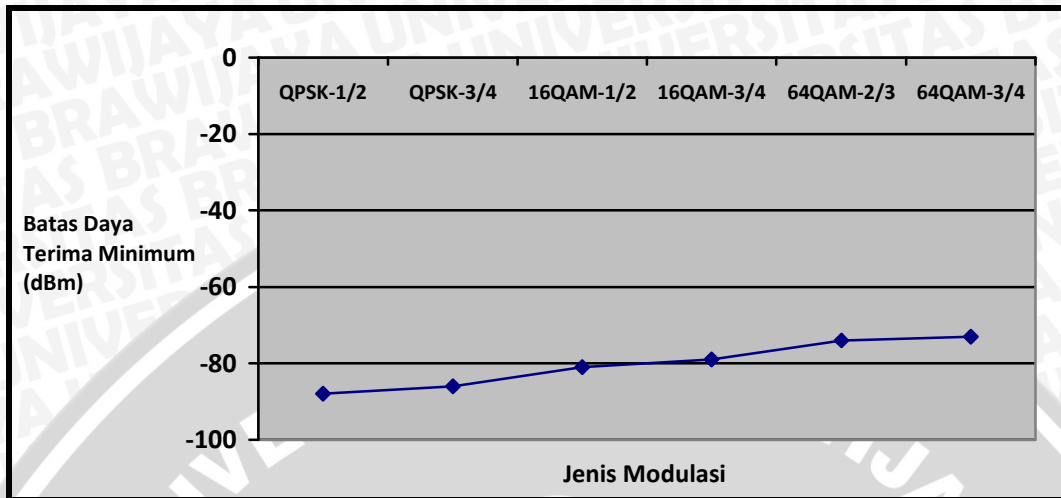
**Tabel 4.17 Batas Daya Terima Minimum Sistem BWA**

Jenis Modulasi	Batas Daya Terima Minimum
QPSK-1/2	-88 dBm
QPSK-3/4	-86 dBm
16QAM-1/2	-81 dBm
16QAM-3/4	-79 dBm
64QAM-2/3	-74 dBm
64QAM-3/4	-73 dBm

Sumber: Peraturan Dirjen Pos dan Telekomunikasi, 2008



Grafik 4.7 Batas Daya Terima Minimum Sistem BWA



$$PL = P_t + G_t + G_r - P_r$$

$$PL = 35 + 16 + 0 - (-73)$$

$$PL = 124 \text{ dB}$$

Tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa, semakin besar level daya terima maka *pathloss* yang timbul semakin kecil.

#### 4.4.5 Radius Maksimum Base Station

Menurut model propagasi SUI (*Stanford University Interim*) Kediri dikategorikan sebagai daerah *terrain type* B, karena Kota Kediri adalah daerah dengan gedung bertingkat dan pepohonan yang cukup banyak, sedikit penghalang sinyal dan kota yang berkembang. Berikut pengkategorian wilayah tiap tipe terhadap model parameter seperti disebutkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Model Parameter SUI Propagation Model

Model Parameter	Terrain Type A (Hilly, heavy trees)	Terrai Type B (Intermediate)	Terrai Type C (Flat, few trees)
A	4.6	4	3.6
B	0.0075	0.0065	0.005
C	12.6	17.1	20
S	10,6 dB	9,6 dB	8,6 dB

Sumber : J. Roberto B de Marca and kwang chen ceng, 2007:360

Pada perhitungan kali ini diasumsikan tinggi BS adalah 32 m dan tinggi SS adalah 1,5 m. Berdasarkan pengkatagorian wilayah pada Tabel 4.20 maka Radius sel adalah:

$$PL = A + 10\gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \Delta PL_f + \Delta PL_h + s$$

Pada analisis perencanaan melalui *mobile* WiMAX diperlukan model propagasi, dimana model propagasi ini akan menentukan jarak cakupan dari *base station* ke *subscriber station*. Dengan jarak referensi *free space*  $d_0$  yang digunakan pada standar IEEE 802.16e adalah 10m, maka jarak jangkau pemancar ke penerima dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.29:

$$A = 20 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2.3 \times 10^9}$$

$$\lambda = 0.13043 \text{ m}$$

Maka *pathloss* referensi:



$$A = 20 \log \left( \frac{4\pi 100}{0.03043} \right)$$

$$A = 20 \log 96.296$$

$$A = 20 \times 3.9836$$

$$A = 79,672 \text{ dB}$$

Pada analisis performansi ini, sinyal diasumsikan pada lingkungan NLOS, posisi *base station* dalam keadaan tetap (tidak bergerak) dan posisi *subscriber station* dalam keadaan bergerak pada daerah sub-urban. Maka kriteria yang digunakan dalam kondisi *path loss* ini adalah sesuai dengan kondisi *path loss* menengah atau tipe B.

Eksponen *pathloss* pada kondisi daerah sub-urban untuk kategori B dengan menggunakan tabel dapat dihitung dengan persamaan 2.30:

$$\gamma = a - (b \cdot h_0) + \frac{C}{h_b}$$

$$\gamma = 4 - (0.0065 \cdot 32) + \left( \frac{17.1}{32} \right)$$

$$\gamma = 4.3264$$

Koreksi frekuensi pada frekuensi kerja 2,3 GHz dapat dihitung dengan persamaan 2.31:

$$\Delta PL_f = 6 \log \left( \frac{f}{2 \times 10^9} \right)$$

$$\Delta PL_f = 6 \log \left( \frac{2,3 \times 10^9}{2 \times 10^9} \right)$$

$$\Delta PL_f = 0.3642 \text{ dB}$$



Koreksi tinggi antenna dapat dihitung dengan persamaan 2.32:

$$\Delta PL_k = -10.8 \log\left(\frac{h}{2}\right)$$

$$\Delta PL_k = -10.8 \log\left(\frac{1.5}{2}\right)$$

$$\Delta PL_k = 1.3493 \text{ dB}$$

Dengan nilai *pathloss* yang telah dihitung pada perhitungan *pathloss* sebelumnya, maka jarak jangkauan (jarak maksimum antara *base station* dan *subscriber station*)

$$PL = A + 10\gamma \left(\frac{d}{d_0}\right) + \Delta PL_f + \Delta PL_h + s$$

$$PL = 79,672 + 10 \times 4,3264 \log\left(\frac{d}{100}\right) + 0,3642 + 1,3492 + 9,6$$

$$PL = 79,672 + 43,264 \log\left(\frac{d}{100}\right) + 0,3642 + 1,3492 + 9,6$$

$$PL = 90,9855 + 43,264 \log\left(\frac{d}{100}\right)$$

Nilai *pathloss* untuk teknik modulasi 64QAM yang telah dihitung:

$$124 = 90,9855 + 43,264 \log\left(\frac{d}{100}\right)$$

$$33,0145 = 43,264 \log\left(\frac{d}{100}\right)$$

$$d = 5795 \text{ m} = 5,7955 \text{ km}$$

Sedangkan untuk radius BS yang terbentuk dari setiap Kecamatan dinyatakan dengan persamaan:

$$d = \sqrt{\frac{\text{jumlah pelanggan}}{\pi \times \Omega}}$$

Berdasarkan peramalan jumlah pelanggan WiMAX di Kota Kediri sampai tahun 2016, didapatkan bahwa jumlah pelanggan *mobile* WiMAX adalah 10252 pelanggan. Dengan luas wilayah mencapai 63,404 km<sup>2</sup>, maka kerapatan pelanggan *mobile* WiMAX adalah:

$$\Omega = \frac{4182}{110,055 \text{ km}^2} = 47 \text{ pelanggan/km}^2$$

Dengan kerapatan pelanggan *mobile* WiMAX (802.16e) di Kota Kediri adalah 93 pelanggan/km<sup>2</sup>, maka radius sel Kecamatan Kota adalah:

$$d = \sqrt{\frac{1413}{\pi \times 93}} = 2,36 \text{ km}$$

Setiap BS mempunyai kapasitas pelanggan maksimum hingga 1638 pelanggan. Untuk Kecamatan pesantren dan mojoroto kapasitas kanal yang dibutuhkan melebihi kapasitas BS WiMAX. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut, BS di wilayah tersebut akan menggunakan antena directional dengan jumlah sektor sebanyak 3 buah. Sehingga kapasitas kanal maksimum di masing-masing Kecamatan tersebut adalah 48 kanal. Dengan perhitungan yang sama untuk setiap Kecamatan, maka radius BS pada setiap Kecamatan adalah seperti pada Tabel 4.19

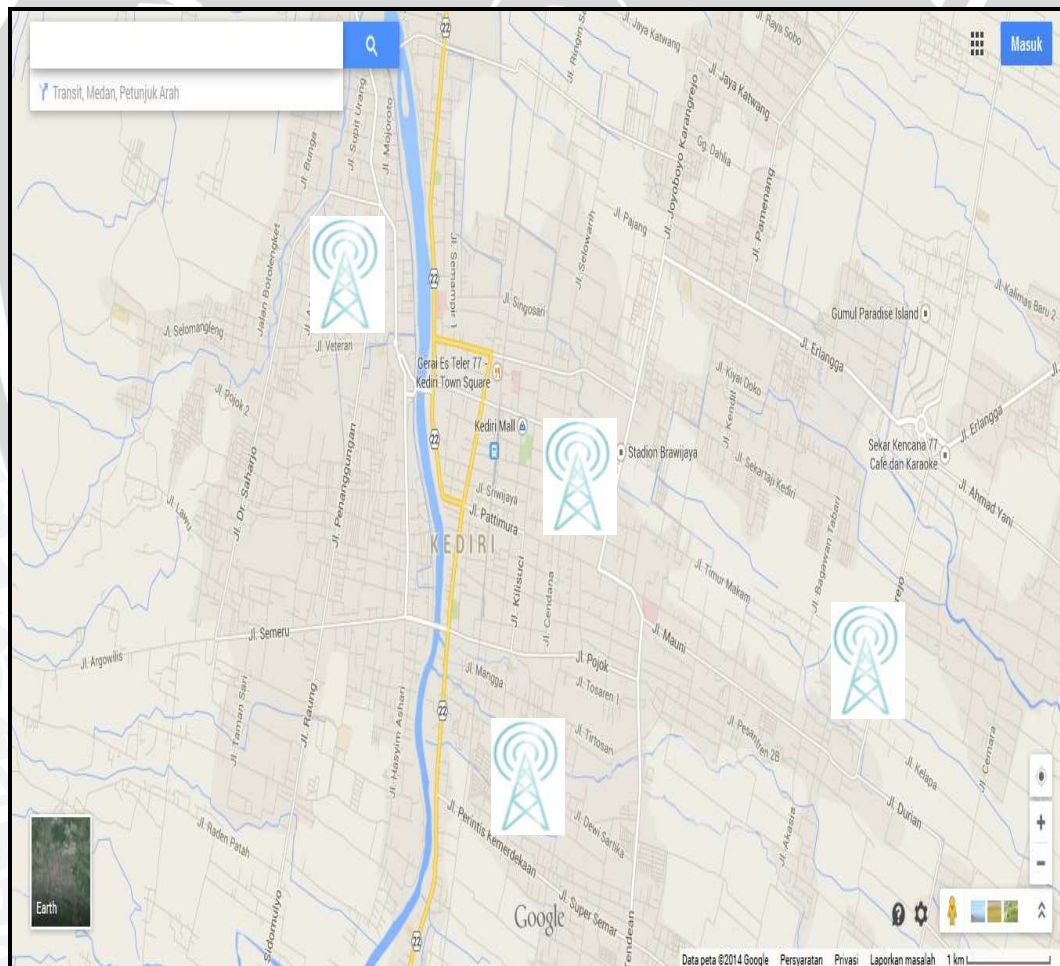


**Tabel 4.19 Radius Base Station**

No	Kecamatan	Pelanggan <i>mobile</i> WiMAX	Radius <i>BS</i> (km)
1	Kota	1.413	2,36
2	Pesantren	945	1,79
3	Mojoaroto	1.824	2,83

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah pelanggan maka radius BS semakin besar.



Gambar 4.4.5 Sebaran Base station di wilayah Kota kediri



#### 4.4.7 Penentuan Lokasi BS

Setelah diketahui jumlah BS yang diperlukan, maka langkah berikutnya adalah menentukan lokasi penempatan BS. Untuk menentukan lokasi BS harus diperhatikan kondisi geografis dan data statistik penduduk Kota Kediri. Dalam perencanaan ini, BS akan ditempatkan pada tempat yang memenuhi salah satu atau lebih dari kategori berikut ini:

**Kategori I** : Pusat Perbelanjaan, Lokasi Bisnis, Perkantoran dan Industri

**Kategori II** : Universitas, Sekolah dan Rumah Sakit

**Kategori III** : Perumahan Umum dan Perumahan Mewah

**Kategori IV** : Terminal, Stasiun dan Jalan Protokol

**Kategori V** : Sarana Umum (Alun-Alun, Stadion, dll)

Berdasarkan kategori-kategori di atas maka dari 3 kecamatan yang ada di Kota Kediri semuanya layak untuk dijadikan lokasi penempatan BS. Semua Kecamatan umumnya mempunyai penyebaran penduduk dan fasilitas umum yang cukup merata. Penempatan BS didasarkan pada penggunaan trafik GPRS dari operator, maka kebutuhan internet di daerah tersebut juga semakin besar. Tempat yang digunakan untuk penempatan BS adalah lokasi yang mempunyai trafik tertinggi.

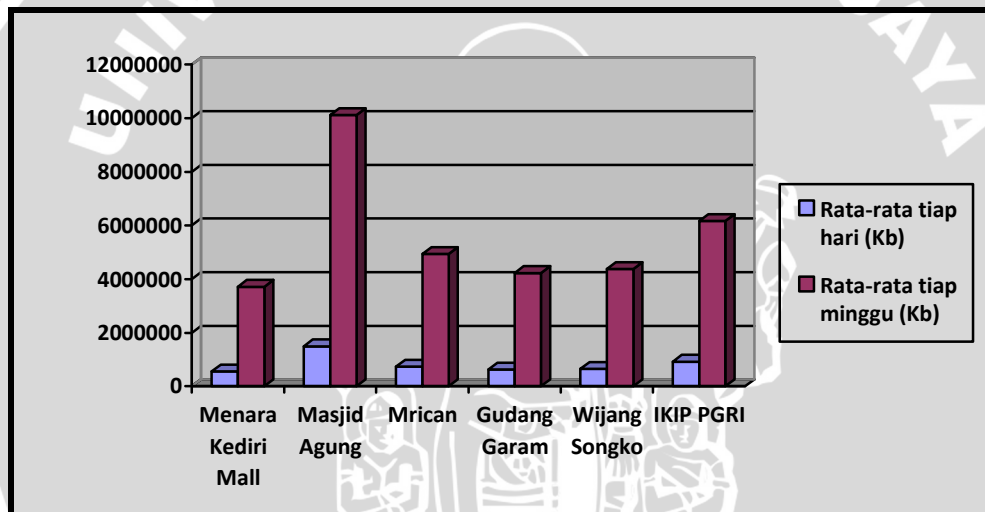
**Tabel 4.20 Trafik Pengguna GPRS Bulan Maret 2012**

No	Lokasi BS	Rata-rata tiap hari (Kbyte)	Rata-rata tiap minggu (Kbyte)
1	Menara Kediri Mall	550462	3715618
2	Masjid Agung	1498069	10111966

No	Lokasi BS	Rata-rata tiap hari (Kbyte)	Rata-rata tiap minggu (Kbyte)
3	Mrican	730470	4930674
4	Gudang Garam	625952	4225177
5	Wijang Songko	648503	4377397
6	IKIP PGRI	912485	6159275

Sumber : Operator A

**Grafik 4.8 Trafik Pengguna GPRS Bulan Maret 2012**



Berdasarkan data di atas, maka pembangunan BS akan dilakukan di 4 tempat dengan trafik tertinggi, yaitu kediri mall, Masjid Agung, IKIP PGRI, Wijang songko .

**Tabel 4.21 Lokasi Penempatan BS di Kota Kediri**

No	Nama Shelter	Lokasi BS	Kecamatan	Keterangan
1	Shelter A	Kediri Mall	Kota	Shelter kediri Mall
2	Shelter B	Mrican	Mojoarjo	Shelter Mrican

3	Shelter C	Wijang Songko	Pesantren	Shelter Kilisuci Kompleks ESIA
4	Shelter D	Masjid Agung	Kota	Shelter Dhoho Plaza

Sumber: Perencanaan

#### 4.4.8 Kabel Transmisi

Jenis kabel transmisi yang umum digunakan pada teknologi telekomunikasi adalah kabel *twisted pair*, kabel koaksial dan *fiber optic*. Pada perencanaan ini didapatkan radius sel adalah 3,03 km, *bit rate* 22,5 Mbps, frekuensi kerja 2,3 GHz dan kebutuhan bandwidth mencapai 348,75 MHz. Dalam perencanaan ini, kabel transmisi digunakan untuk menghubungkan BS dengan ASN (*Access Service Network*) gateway, dan menghubungkan ASN gateway dengan CSN (*Connectivity Service Network*).

Setiap kabel transmisi memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Perbedaan spesifikasi tiap kabel transmisi dapat dilihat pada tabel 4.22.

**Tabel 4.22 Spesifikasi Kabel Transmisi**

Parameter	Media transmisi				
	Twisted Pair		Coaxial	Fiber Optic	
	UTP	STP		Multimode	Singlemode
Frekuensi	100 MHz	600 MHz	900 MHz	100 TeraHz	100 TeraHz
Data rate	16 Mbps	16 Mbps	100 Mbps	2 Gbps	8 Gbps
Impedansi	150 ohm	100 ohm	50 ohm	-	-
Attenuasi	-	-	-	6 dB	6,2 dB
Jarak Maksimum	100 m	100 m	500 m	2000 m	10000 m

Sumber: [www.intersil.com/design/elantec/DataTransmission.asp](http://www.intersil.com/design/elantec/DataTransmission.asp)



Untuk menentukan kabel transmisi yang digunakan, maka harus ada kesesuaian antara hasil perencanaan dan spesifikasi dari masing-masing kabel. Sesuai dengan hasil perencanaan dan dengan memperhatikan spesifikasi kabel sesuai dengan tabel 4.24, maka untuk memenuhi kebutuhan perencanaan *mobile WiMAX* (802.16e) di Kota Kediri, kabel transmisi yang dapat digunakan adalah *fiber optic single mode*.

#### 4.4.9 Penentuan Jenis Antena BS

Dalam perencanaan ini, hal yang diperhatikan untuk menentukan jenis antena BS yang cocok digunakan pada penerapan WiMAX di Kota Kediri adalah berdasarkan keadaan geografi dan lingkungan Kota Kediri. Kota Kediri adalah kota yang termasuk dalam kategori daerah *sub-urban*, dimana banyak bangunan bertingkat serta cukup banyak pepohonan.

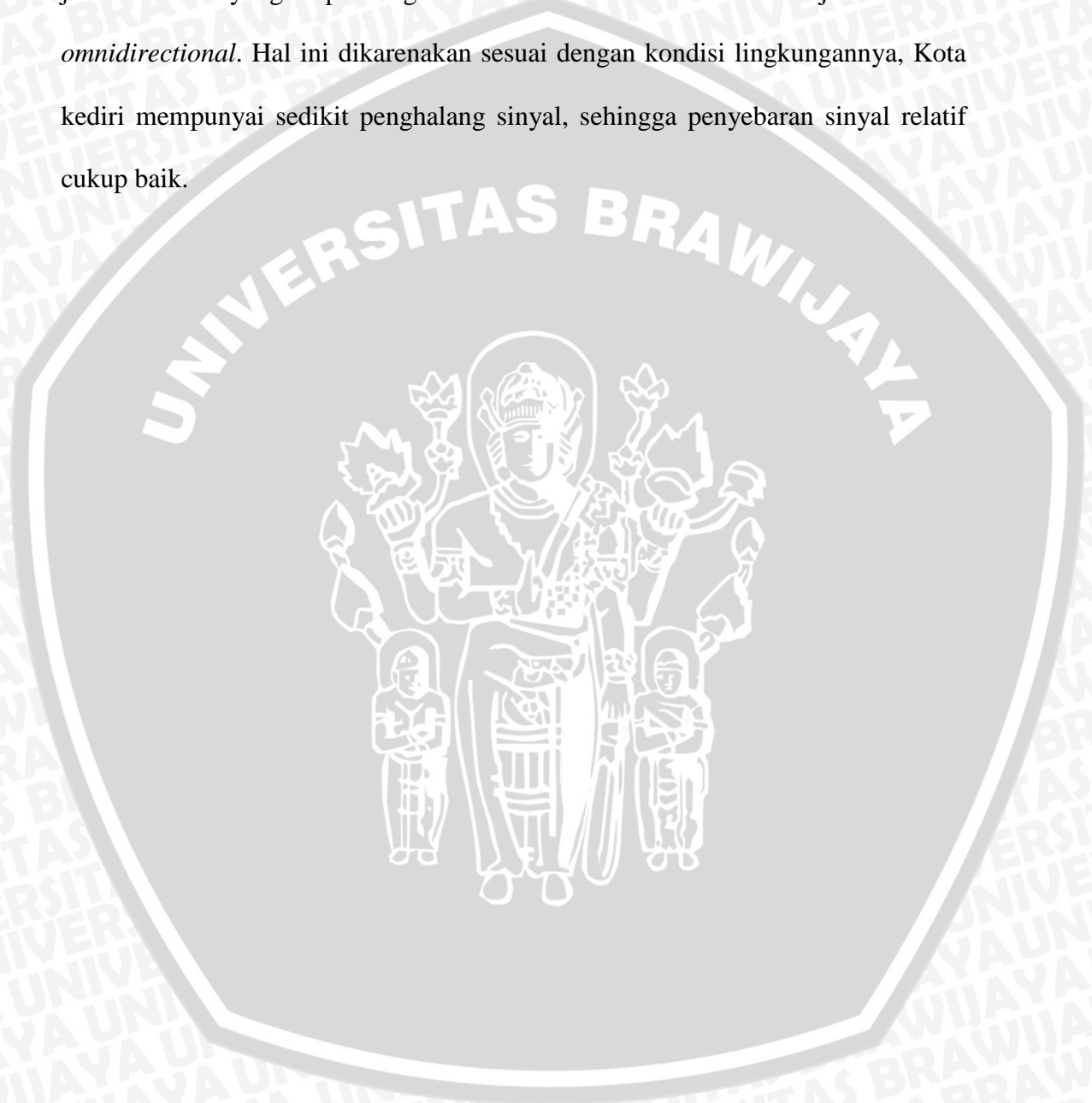
Spesifikasi antena *omnidirectional* maupun *directional* dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan layanan. Kedua antena ini dapat dibuat dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti frekuensi, daya pancar dan sebagainya. Dalam perencanaan ini spesifikasi yang dibutuhkan adalah sesuai dengan tabel 4.23.

**Tabel 4.23 Spesifikasi Antena**

No	Parameter	Nilai
1	Frekuensi kerja	2,3 GHz
2	<i>Bandwidth</i>	348,75 MHz
3	<i>Gain</i>	16 dBi
4	Impedansi	50Ω
5	Daya Pancar	35 dBm
6	Jangkauan	3,03 km

Sumber: Perencanaan

Dengan kategori daerah *sub-urban*, maka kedua jenis antenna dapat digunakan. Namun dengan memperhatikan efisiensi perencanaan dan biaya, maka jenis antenna yang tepat digunakan di Kota Kediri adalah jenis antenna *omnidirectional*. Hal ini dikarenakan sesuai dengan kondisi lingkungannya, Kota Kediri mempunyai sedikit penghalang sinyal, sehingga penyebaran sinyal relatif cukup baik.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari kajian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa di wilayah Kota Kediri cukup relevan untuk implementasi jaringan *mobile* WiMAX. Adapun beberapa nilai perhitungan parameter yang sudah ditentukan sesuai dengan karakteristik wilayah kota Kediri ditunjukkan dengan tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Parameter Jaringan *Mobile* WiMAX**

No	Parameter	Nilai
1	Jumlah User	4182 Pelanggan
2	Kebutuhan trafik	61,52 Erlang
3	Kebutuhan kanal	46 kanal
4	<i>Badnwidth</i>	3,75 MHz untuk transmisi data dan 250 KHz sebagai <i>guard band</i> )
5	Frekuensi	2,3 GHz
6	Modulasi	64 QAM
7	<i>Bit rate</i>	22,5 Mbps
8	Radius BS	3 km
9	Jumlah BS	3 buah
10	Kabel	<i>Fiber optic single mode</i>
11	Level daya terima SS	-73 dBm
12	Pathloss	124 dBw
13	Level daya pancar BS	35 dBm
14	Antena	<i>Omnidirectional</i>



## 5.2 Saran

Sebagai penyempurnaan perancangan sangat disarankan untuk penambahan tentang total kebutuhan biaya yang dibutuhkan untuk realisasi. Selain itu, parameter serta kajian pada aspek sosial kemasyarakatan. Dari penambahan tersebut dapat diketahui lebih lanjut tentang tingkat implementasi lebih lanjut jaringan ini di masyarakat. Selain itu untuk lebih bermanfaatnya penelitian ini diperlukan koordinasi lebih intensif dengan dinas terkait untuk memperbaharui setiap data dan informasi yang dibutuhkan.



## DAFTAR PUSTAKA

Agrawal, G.P., 2002, *Fiber-optic communication systems*, Ed. 3, New-York: John Wiley & Sons, Inc.

Oliviero, Andrew, and Woodward, Bill, (2009), *understanding Broadband wireless networking*, Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., ISBN 978-0-470-47707-6.

Pos dan Telekomunikasi, Dirjen 2008. Persyaratan teknis Alat telekomunikasi : *Base Station Wireless Access*.

Kumar, Amitabh. 2008. *Mobile Broadcasting with Wimax : Principles, Technology and Application*. Oxford : Elsevier Inc Kumar.

Wimax Forum.2006. *Mobile Wimax Part I : Tehnical overview and performance analysis*.

Wibisono Gunawan dan Dwi hartanto. Gunadi, 2008. *Mobile Broadband*. Bandung : Informatika

Andrews G, Jeffrey.2007.*Fundamentals of Wimax : Understanding broadband wireless Networking*. Texas : SP Webber

Wolnicki, Jakub. 2005. *Wireless network : Philosophy and implementation*. Oviedo : kamler, ewa.

Nataragan nat , prakash lyer and eren gonon muthaiah.2008. *All-IP network architecture for Mobile Wimax*. Hamburg : Wiley Library.

Cristina, stolojescu-Crisan, Alexandru Isar.2013. *Forecasting WiMax traffic and performance*.Eurasip journal

Woodward, Bill, (2009), *understanding Broadband wireless networking*, Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., ISBN 978-0-470-47707-6.



## Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N  
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34



44	24.33	26.53	27.64	30.80	32.54	34.68	38.56	43.09	47.09	51.09	59.92	71.01
45	25.08	27.32	28.45	31.66	33.43	35.61	39.55	44.17	48.25	52.32	61.35	72.67
46	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
47	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
48	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
49	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
50	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
71	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
72	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
73	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
74	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
75	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
76	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
77	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
78	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
79	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
80	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
81	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
82	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
83	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
84	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
85	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
86	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
87	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
88	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
89	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
90	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6

91	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
92	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9
93	63.42	67.21	69.10	74.50	77.49	81.20	88.08	96.43	104.1	111.9	129.8	152.6
94	64.25	68.07	69.98	75.41	78.43	82.17	89.10	97.53	105.3	113.2	131.2	154.3
95	65.08	68.93	70.85	76.33	79.37	83.13	90.12	98.63	106.4	114.4	132.6	155.9
96	65.92	69.79	71.73	77.24	80.31	84.10	91.15	99.72	107.6	115.7	134.0	157.6
97	66.75	70.65	72.61	78.16	81.25	85.07	92.17	100.8	108.8	116.9	135.5	159.3
98	67.59	71.52	73.48	79.07	82.18	86.04	93.19	101.9	109.9	118.2	136.9	160.9
99	68.43	72.38	74.36	79.99	83.12	87.00	94.22	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6
100	69.27	7~.25	75.24	80.91	84.06	87.97	95.24	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter





## Erlang C Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N

B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0100	.0200	.0500	.1000	.1500	.2000	.3000	.4000
2	.0142	.0319	.0452	.1025	.1465	.2103	.3422	.5000	.6278	.7403	.9390	1.117
3	.0860	.1490	.1894	.3339	.4291	.5545	.7876	1.040	1.231	1.393	1.667	1.903
4	.2310	.3533	.4257	.6641	.8100	.9939	1.319	1.653	1.899	2.102	2.440	2.725
5	.4428	.6289	.7342	1.065	1.259	1.497	1.905	2.313	2.607	2.847	3.241	3.569
6	.7110	.9616	1.099	1.519	1.758	2.047	2.532	3.007	3.344	3.617	4.062	4.428
7	1.026	1.341	1.510	2.014	2.297	2.633	3.188	3.725	4.103	4.406	4.897	5.298
8	1.382	1.758	1.958	2.543	2.866	3.246	3.869	4.463	4.878	5.210	5.744	6.178
9	1.771	2.208	2.436	3.100	3.460	3.883	4.569	5.218	5.668	6.027	6.600	7.065
10	2.189	2.685	2.942	3.679	4.077	4.540	5.285	5.986	6.469	6.853	7.465	7.959
11	2.634	3.186	3.470	4.279	4.712	5.213	6.015	6.765	7.280	7.688	8.336	8.857
12	3.100	3.708	4.018	4.896	5.363	5.901	6.758	7.554	8.099	8.530	9.212	9.761
13	3.587	4.248	4.584	5.529	6.028	6.602	7.511	8.352	8.926	9.379	10.09	10.67
14	4.092	4.805	5.166	6.175	6.705	7.313	8.273	9.158	9.760	10.23	10.98	11.58
15	4.614	5.377	5.762	6.833	7.394	8.035	9.044	9.970	10.60	11.09	11.87	12.49
16	5.150	5.962	6.371	7.502	8.093	8.766	9.822	10.79	11.44	11.96	12.77	13.41
17	5.699	6.560	6.991	8.182	8.801	9.505	10.61	11.61	12.29	12.83	13.66	14.33
18	6.261	7.169	7.622	8.871	9.518	10.25	11.40	12.44	13.15	13.70	14.56	15.25
19	6.835	7.788	8.263	9.568	10.24	11.01	12.20	13.28	14.01	14.58	15.47	16.18
20	7.419	8.417	8.914	10.27	10.97	11.77	13.00	14.12	14.87	15.45	16.37	17.10
21	8.013	9.055	9.572	10.99	11.71	12.53	13.81	14.96	15.73	16.34	17.28	18.03
22	8.616	9.702	10.24	11.70	12.46	13.30	14.62	15.81	16.60	17.22	18.19	18.96
23	9.228	10.36	10.91	12.43	13.21	14.08	15.43	16.65	17.47	18.11	19.10	19.89
24	9.848	11.02	11.59	13.16	13.96	14.86	16.25	17.51	18.35	19.00	20.02	20.82
25	10.48	11.69	12.28	13.90	14.72	15.65	17.08	18.36	19.22	19.89	20.93	21.76
26	11.11	12.36	12.97	14.64	15.49	16.44	17.91	19.22	20.10	20.79	21.85	22.69
27	11.75	13.04	13.67	15.38	16.26	17.23	18.74	20.08	20.98	21.68	22.77	23.63
28	12.40	13.73	14.38	16.14	17.03	18.03	19.57	20.95	21.87	22.58	23.69	24.57
29	13.05	14.42	15.09	16.89	17.81	18.83	20.41	21.82	22.75	23.48	24.61	25.50
30	13.71	15.12	15.80	17.65	18.59	19.64	21.25	22.68	23.64	24.38	25.54	26.44
31	14.38	15.82	16.52	18.42	19.37	20.45	22.09	23.56	24.53	25.29	26.46	27.38
32	15.05	16.53	17.25	19.18	20.16	21.26	22.93	24.43	25.42	26.19	27.39	28.33
33	15.72	17.24	17.97	19.95	20.95	22.07	23.78	25.30	26.32	27.10	28.31	29.27
34	16.40	17.95	18.71	20.73	21.75	22.89	24.63	26.18	27.21	28.01	29.24	30.21
35	17.09	18.67	19.44	21.51	22.55	23.71	25.48	27.06	28.11	28.92	30.17	31.16
36	17.78	19.39	20.18	22.29	23.35	24.53	26.34	27.94	29.00	29.83	31.10	32.10
37	18.47	20.12	20.92	23.07	24.15	25.36	27.19	28.82	29.90	30.74	32.03	33.05
38	19.17	20.85	21.67	23.86	24.96	26.18	28.05	29.71	30.80	31.65	32.97	34.00
39	19.87	21.59	22.42	24.65	25.77	27.01	28.91	30.59	31.71	32.57	33.90	34.94
40	20.58	22.33	23.17	25.44	26.58	27.84	29.77	31.48	32.61	33.48	34.83	35.89
41	21.28	23.07	23.93	26.23	27.39	28.68	30.63	32.37	33.51	34.40	35.77	36.84
42	22.00	23.81	24.69	27.03	28.21	29.51	31.50	33.26	34.42	35.32	36.70	37.79
43	22.71	24.56	25.45	27.83	29.02	30.35	32.36	34.15	35.33	36.23	37.64	38.74



44	23.43	25.31	26.22	28.63	29.84	31.19	33.23	35.04	36.23	37.15	38.58	39.69
45	24.15	26.06	26.98	29.44	30.67	32.03	34.10	35.93	37.14	38.07	39.51	40.64
46	24.88	26.82	27.75	30.24	31.49	32.87	34.97	36.83	38.05	39.00	40.45	41.59
47	25.60	27.57	28.52	31.05	32.32	33.72	35.84	37.72	38.96	39.92	41.39	42.54
48	26.34	28.33	29.30	31.86	33.14	34.56	36.72	38.62	39.87	40.84	42.33	43.50
49	27.07	29.10	30.08	32.68	33.97	35.41	37.59	39.52	40.79	41.76	43.27	44.45
50	27.80	29.86	30.86	33.49	34.80	36.26	38.47	40.42	41.70	42.69	44.21	45.40
51	28.54	30.63	31.64	34.31	35.64	37.11	39.35	41.32	42.61	43.61	45.15	46.36
52	29.28	31.40	32.42	35.12	36.47	37.97	40.23	42.22	43.53	44.54	46.10	47.31
53	30.03	32.17	33.21	35.94	37.31	38.82	41.10	43.12	44.44	45.47	47.04	48.27
54	30.77	32.95	33.99	36.76	38.15	39.67	41.99	44.02	45.36	46.39	47.98	49.22
55	31.52	33.72	34.78	37.59	38.99	40.53	42.87	44.93	46.28	47.32	48.93	50.18
56	32.27	34.50	35.57	38.41	39.83	41.39	43.75	45.83	47.20	48.25	49.87	51.13
57	33.03	35.28	36.37	39.24	40.67	42.25	44.64	46.74	48.12	49.18	50.82	52.09
58	33.78	36.06	37.16	40.07	41.51	43.11	45.52	47.64	49.04	50.11	51.76	53.05
59	34.54	36.85	37.96	40.90	42.36	43.97	46.41	48.55	49.96	51.04	52.71	54.01
60	35.30	37.63	38.76	41.73	43.20	44.83	47.29	49.46	50.88	51.97	53.65	54.96
61	36.06	38.42	39.56	42.56	44.05	45.70	48.18	50.37	51.80	52.90	54.60	55.92
62	36.82	39.21	40.36	43.39	44.90	46.56	49.07	51.27	52.72	53.83	55.55	56.88
63	37.59	40.00	41.16	44.23	45.75	47.43	49.96	52.18	53.64	54.77	56.49	57.84
64	38.35	40.80	41.97	45.06	46.60	48.30	50.85	53.10	54.57	55.70	57.44	58.80
65	39.12	41.59	42.78	45.90	47.45	49.16	51.74	54.01	55.49	56.63	58.39	59.76
66	39.89	42.39	43.58	46.74	48.30	50.03	52.64	54.92	56.42	57.57	59.34	60.72
67	40.66	43.18	44.39	47.58	49.16	50.90	53.53	55.83	57.34	58.50	60.29	61.68
68	41.44	43.98	45.20	48.42	50.01	51.77	54.42	56.75	58.27	59.44	61.24	62.64
69	42.21	44.78	46.02	49.26	50.87	52.65	55.32	57.66	59.20	60.37	62.19	63.60
70	42.99	45.58	46.83	50.10	51.73	53.52	56.21	58.57	60.12	61.31	63.14	64.56
71	43.77	46.39	47.64	50.95	52.59	54.39	57.11	59.49	61.05	62.25	64.09	65.52
72	44.55	47.19	48.46	51.79	53.45	55.27	58.01	60.41	61.98	63.18	65.04	66.48
73	45.33	48.00	49.28	52.64	54.31	56.14	58.90	61.32	62.91	64.12	65.99	67.44
74	46.11	48.81	50.10	53.49	55.17	57.02	59.80	62.24	63.84	65.06	66.94	68.40
75	46.90	49.61	50.92	54.34	56.03	57.90	60.70	63.16	64.76	66.00	67.89	69.37
76	47.68	50.42	51.74	55.19	56.89	58.78	61.60	64.07	65.69	66.94	68.85	70.33
77	48.47	51.23	52.56	56.04	57.76	59.65	62.50	64.99	66.63	67.88	69.80	71.29
78	49.26	52.05	53.38	56.89	58.62	60.53	63.40	65.91	67.56	68.82	70.75	72.25
79	50.05	52.86	54.21	57.74	59.49	61.41	64.30	66.83	68.49	69.76	71.70	73.22
80	50.84	53.68	55.03	58.60	60.36	62.30	65.21	67.75	69.42	70.70	72.66	74.18
81	51.63	54.49	55.86	59.45	61.22	63.18	66.11	68.67	70.35	71.64	73.61	75.14
82	52.43	55.31	56.69	60.30	62.09	64.06	67.01	69.59	71.28	72.58	74.57	76.11
83	53.22	56.13	57.52	61.16	62.96	64.94	67.92	70.52	72.22	73.52	75.52	77.07
84	54.02	56.95	58.35	62.02	63.83	65.83	68.82	71.44	73.15	74.46	76.47	78.04
85	54.81	57.77	59.18	62.88	64.70	66.71	69.73	72.36	74.08	75.40	77.43	79.00
86	55.61	58.59	60.01	63.73	65.57	67.60	70.63	73.28	75.02	76.35	78.38	79.97
87	56.41	59.41	60.84	64.59	66.45	68.48	71.54	74.21	75.95	77.29	79.34	80.93
88	57.21	60.23	61.67	65.45	67.32	69.37	72.45	75.13	76.89	78.23	80.30	81.90
89	58.02	61.06	62.51	66.32	68.19	70.26	73.35	76.06	77.82	79.18	81.25	82.86
90	58.82	61.88	63.34	67.18	69.07	71.15	74.26	76.98	78.76	80.12	82.21	83.83



91	59.62	62.71	64.18	68.04	69.94	72.04	75.17	77.91	79.69	81.06	83.16	84.79
92	60.43	63.54	65.02	68.90	70.82	72.92	76.08	78.83	80.63	82.01	84.12	85.76
93	61.23	64.36	65.86	69.77	71.70	73.81	76.99	79.76	81.57	82.95	85.08	86.73
94	62.04	65.19	66.70	70.63	72.57	74.71	77.90	80.69	82.50	83.90	86.03	87.69
95	62.85	66.02	67.54	71.50	73.45	75.60	78.81	81.61	83.44	84.84	86.99	88.66
96	63.66	66.85	68.38	72.36	74.33	76.49	79.72	82.54	84.38	85.79	87.95	89.62
97	64.47	67.69	69.22	73.23	75.21	77.38	80.63	83.47	85.32	86.74	88.91	90.59
98	65.28	68.52	70.06	74.10	76.09	78.27	81.54	84.39	86.26	87.68	89.87	91.56
99	66.09	69.35	70.90	74.97	76.97	79.17	82.46	85.32	87.20	88.63	90.82	92.53
100	66.91	70.19	71.75	75.84	77.85	80.06	83.37	86.25	88.13	89.58	91.78	93.49

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter





### Poisson Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N  
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0202	.0513	.1054	.1625	.2231	.3567	.5108
2	.0142	.0320	.0454	.1035	.1486	.2147	.3554	.5318	.6832	.8244	1.097	1.376
3	.0862	.1497	.1905	.3379	.4360	.5672	.8177	1.102	1.331	1.535	1.914	2.285
4	.2318	.3552	.4286	.6722	.8232	1.016	1.366	1.745	2.039	2.297	2.764	3.211
5	1.078	1.279	1.530	1.970	2.433	2.785	3.090	3.634	4.148			
6	.7137	.9672	1.107	1.537	1.785	2.089	2.613	3.152	3.557	3.904	4.517	5.091
7	1.030	1.348	1.520	2.037	2.330	2.684	3.285	3.895	4.348	4.734	5.411	6.039
8	1.387	1.768	1.971	2.571	2.906	3.307	3.981	4.656	5.155	5.576	6.312	6.991
9	1.778	2.220	2.452	3.132	3.508	3.953	4.695	5.433	5.973	6.429	7.220	7.947
10	2.198	2.699	2.961	3.717	4.130	4.618	5.425	6.221	6.802	7.289	8.133	8.904
11	2.643	3.202	3.492	4.321	4.771	5.300	6.169	7.021	7.639	8.157	9.050	9.864
12	3.112	3.726	4.042	4.943	5.428	5.996	6.924	7.829	8.484	9.031	9.972	10.83
13	3.600	4.269	4.611	5.580	6.099	6.704	7.690	8.646	9.336	9.910	10.90	11.79
14	4.106	4.828	5.195	6.231	6.782	7.424	8.464	9.470	10.19	10.79	11.82	12.76
15	4.629	5.402	5.794	6.893	7.477	8.153	9.246	10.30	11.06	11.68	12.75	13.72
16	5.167	5.990	6.405	7.567	8.181	8.891	10.04	11.14	11.92	12.57	13.69	14.69
17	5.718	6.590	7.028	8.251	8.895	9.638	10.83	11.98	12.79	13.47	14.62	15.66
18	6.281	7.201	7.662	8.943	9.616	10.39	11.63	12.82	13.67	14.37	15.56	16.63
19	6.856	7.822	8.306	9.645	10.35	11.15	12.44	13.67	14.55	15.27	16.50	17.60
20	7.442	8.453	8.958	10.35	11.08	11.92	13.26	14.53	15.43	16.17	17.44	18.57
21	8.037	9.093	9.619	11.07	11.83	12.69	14.07	15.38	16.31	17.08	18.38	19.54
22	8.642	9.741	10.29	11.79	12.57	13.47	14.89	16.24	17.20	17.99	19.32	20.51
23	9.255	10.40	10.96	12.52	13.33	14.25	15.72	17.11	18.09	18.90	20.27	21.48
24	9.876	11.06	11.65	13.26	14.09	15.04	16.55	17.98	18.98	19.81	21.21	22.46
25	10.50	11.73	12.34	14.00	14.85	15.83	17.38	18.84	19.88	20.73	22.16	23.43
26	11.14	12.41	13.03	14.74	15.62	16.63	18.22	19.72	20.77	21.64	23.10	24.41
27	11.78	13.09	13.73	15.49	16.40	17.43	19.06	20.59	21.67	22.56	24.05	25.38
28	12.43	13.78	14.44	16.25	17.18	18.23	19.90	21.47	22.57	23.48	25.00	26.36
29	13.09	14.47	15.15	17.00	17.96	19.04	20.75	22.35	23.48	24.40	25.95	27.33
30	13.75	15.17	15.87	17.77	18.74	19.85	21.59	23.23	24.38	25.32	26.91	28.31
31	14.42	15.87	16.59	18.53	19.53	20.66	22.45	24.11	25.29	26.24	27.86	29.29
32	15.09	16.58	17.32	19.31	20.32	21.48	23.30	25.00	26.19	27.17	28.81	30.26
33	15.76	17.30	18.05	20.08	21.12	22.30	24.15	25.89	27.10	28.09	29.76	31.24
34	16.44	18.01	18.78	20.86	21.92	23.12	25.01	26.77	28.01	29.02	30.72	32.22
35	17.13	18.73	19.52	21.64	22.72	23.95	25.87	27.66	28.92	29.95	31.67	33.20
36	17.82	19.46	20.26	22.42	23.53	24.77	26.73	28.56	29.84	30.88	32.63	34.18
37	18.52	20.19	21.01	23.21	24.33	25.60	27.60	29.45	30.75	31.81	33.59	35.16
38	19.21	20.92	21.75	24.00	25.14	26.44	28.46	30.35	31.66	32.74	34.54	36.14
39	19.92	21.66	22.51	24.79	25.96	27.27	29.33	31.24	32.58	33.67	35.50	37.11
40	20.62	22.40	23.26	25.59	26.77	28.11	30.20	32.14	33.50	34.60	36.46	38.09
41	21.33	23.14	24.02	26.38	27.59	28.95	31.07	33.04	34.42	35.54	37.42	39.07
42	22.05	23.88	24.78	27.18	28.41	29.79	31.94	33.94	35.33	36.47	38.38	40.05
43	22.76	24.63	25.54	27.99	29.23	30.63	32.81	34.84	36.26	37.41	39.34	41.04



44	23.48	25.38	26.31	28.79	30.05	31.47	33.69	35.74	37.18	38.34	40.30	42.02
45	24.20	26.14	27.08	29.60	30.88	32.32	34.56	36.65	38.10	39.28	41.26	43.00
46	24.93	26.90	27.85	30.41	31.71	33.17	35.44	37.55	39.02	40.22	42.22	43.98
47	25.66	27.65	28.62	31.22	32.53	34.01	36.32	38.46	39.94	41.16	43.18	44.96
48	26.39	28.42	29.40	32.03	33.37	34.87	37.20	39.36	40.87	42.09	44.14	45.94
49	27.13	29.18	30.18	32.85	34.20	35.72	38.08	40.27	41.79	43.03	45.10	46.92
50	27.86	29.95	30.96	33.66	35.03	36.57	38.97	41.18	42.72	43.97	46.06	47.90
51	28.60	30.72	31.74	34.48	35.87	37.43	39.85	42.09	43.65	44.91	47.03	48.89
52	29.34	31.49	32.53	35.30	36.71	38.28	40.73	43.00	44.58	45.85	47.99	49.87
53	30.09	32.26	33.31	36.13	37.55	39.14	41.62	43.91	45.50	46.80	48.95	50.85
54	30.84	33.04	34.10	36.95	38.39	40.00	42.51	44.82	46.43	47.74	49.92	51.83
55	31.59	33.82	34.90	37.78	39.23	40.86	43.40	45.74	47.36	48.68	50.88	52.82
56	32.34	34.60	35.69	38.60	40.07	41.72	44.29	46.65	48.29	49.63	51.85	53.80
57	33.09	35.38	36.48	39.43	40.92	42.59	45.18	47.56	49.22	50.57	52.81	54.78
58	33.85	36.16	37.28	40.26	41.77	43.45	46.07	48.48	50.15	51.51	53.78	55.77
59	34.60	36.95	38.08	41.09	42.61	44.32	46.96	49.40	51.09	52.46	54.74	56.75
60	35.36	37.73	38.88	41.93	43.46	45.18	47.85	50.31	52.02	53.40	55.71	57.73
61	36.13	38.52	39.68	42.76	44.31	46.05	48.75	51.23	52.95	54.35	56.68	58.72
62	36.89	39.31	40.48	43.60	45.16	46.92	49.64	52.15	53.89	55.30	57.64	59.70
63	37.66	40.11	41.29	44.43	46.02	47.79	50.54	53.07	54.82	56.24	58.61	60.68
64	38.42	40.90	42.09	45.27	46.87	48.66	51.43	53.99	55.76	57.19	59.58	61.67
65	39.19	41.70	42.90	46.11	47.73	49.53	52.33	54.91	56.69	58.14	60.54	62.65
66	39.96	42.49	43.71	46.95	48.58	50.41	53.23	55.83	57.63	59.08	61.51	63.64
67	40.74	43.29	44.52	47.79	49.44	51.28	54.13	56.75	58.56	60.03	62.48	64.62
68	41.51	44.09	45.33	48.64	50.30	52.16	55.03	57.67	59.50	60.98	63.45	65.61
69	42.29	44.89	46.15	49.48	51.16	53.03	55.93	58.59	60.44	61.93	64.41	66.59
70	43.07	45.70	46.96	50.33	52.02	53.91	56.83	59.52	61.37	62.88	65.38	67.58
71	43.84	46.50	47.78	51.17	52.88	54.79	57.73	60.44	62.31	63.83	66.35	68.56
72	44.63	47.31	48.60	52.02	53.74	55.66	58.63	61.36	63.25	64.78	67.32	69.54
73	45.41	48.11	49.42	52.87	54.60	56.54	59.54	62.29	64.19	65.73	68.29	70.53
74	46.19	48.92	50.24	53.72	55.47	57.42	60.44	63.21	65.13	66.68	69.26	71.52
75	46.98	49.73	51.06	54.57	56.33	58.30	61.35	64.14	66.07	67.63	70.23	72.50
76	47.76	50.54	51.88	55.42	57.20	59.19	62.25	65.06	67.01	68.58	71.20	73.49
77	48.55	51.36	52.70	56.28	58.07	60.07	63.16	65.99	67.95	69.54	72.17	74.47
78	49.34	52.17	53.53	57.13	58.94	60.95	64.06	66.92	68.89	70.49	73.14	75.46
79	50.13	52.98	54.35	57.98	59.80	61.84	64.97	67.85	69.83	71.44	74.11	76.44
80	50.92	53.80	55.18	58.84	60.67	62.72	65.88	68.77	70.77	72.39	75.08	77.43
81	51.72	54.62	56.01	59.70	61.54	63.61	66.79	69.70	71.72	73.35	76.05	78.41
82	52.51	55.43	56.84	60.55	62.41	64.49	67.70	70.63	72.66	74.30	77.02	79.40
83	53.31	56.25	57.67	61.41	63.29	65.38	68.60	71.56	73.60	75.25	77.99	80.39
84	54.10	57.07	58.50	62.27	64.16	66.27	69.51	72.49	74.54	76.21	78.96	81.37
85	54.90	57.89	59.33	63.13	65.03	67.15	70.43	73.42	75.49	77.16	79.93	82.36
86	55.70	58.72	60.16	63.99	65.91	68.04	71.34	74.35	76.43	78.11	80.91	83.34
87	56.50	59.54	61.00	64.85	66.78	68.93	72.25	75.28	77.38	79.07	81.88	84.33
88	57.31	60.37	61.83	65.72	67.66	69.82	73.16	76.21	78.32	80.02	82.85	85.32
89	58.11	61.19	62.67	66.58	68.53	70.71	74.07	77.14	79.27	80.98	83.82	86.30
90	58.91	62.02	63.51	67.44	69.41	71.61	74.98	78.08	80.21	81.93	84.79	87.29

91	59.72	62.84	64.34	68.31	70.29	72.50	75.90	79.01	81.16	82.89	85.77	88.28
92	60.52	63.67	65.18	69.17	71.17	73.39	76.81	79.94	82.10	83.85	86.74	89.26
93	61.33	64.50	66.02	70.04	72.05	74.28	77.73	80.88	83.05	84.80	87.71	90.25
94	62.14	65.33	66.86	70.91	72.93	75.18	78.64	81.81	83.99	85.76	88.68	91.24
95	62.95	66.16	67.70	71.77	73.81	76.07	79.56	82.74	84.94	86.72	89.66	92.22
96	63.76	66.99	68.55	72.64	74.69	76.97	80.47	83.68	85.89	87.67	90.63	93.21
97	64.57	67.83	69.39	73.51	75.57	77.86	81.39	84.61	86.83	88.63	91.60	94.20
98	65.38	68.66	70.23	74.38	76.45	78.76	82.31	85.55	87.78	89.59	92.58	95.19
99	66.19	69.50	71.08	75.25	77.33	79.65	83.22	86.48	88.73	90.54	93.55	96.17
100	67.01	70.33	71.92	76.12	78.22	80.55	84.14	87.42	89.68	91.50	94.52	97.16

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter





## DAFTAR PUSTAKA

Agrawal, G.P., 2002, *Fiber-optic communication systems*, Ed. 3, New-York: John Wiley & Sons, Inc.

Oliviero, Andrew, and Woodward, Bill, (2009), *understanding Broadband wireless networking*, Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., ISBN 978-0-470-47707-6.

Pos dan Telekomunikasi, Dirjen 2008. Persyaratan teknis Alat telekomunikasi : *Base Station Wireless Access*.

Kumar, Amitabh. 2008. *Mobile Broadcasting with Wimax : Principles, Technology and Application*. Oxford : Elsevier Inc Kumar.

Wimax Forum.2006. *Mobile Wimax Part I : Tehnical overview and performance analysis*.

Wibisono Gunawan dan Dwi hartanto. Gunadi, 2008. *Mobile Broadband*. Bandung : Informatika

Andrews G, Jeffrey.2007.*Fundamentals of Wimax : Understanding broadband wireless Networking*. Texas : SP Webber

Wolnicki, Jakub. 2005. *Wireless network : Philosophy and implementation*. Oviedo : kamler, ewa.

Nataragan nat , prakash lyer and eren gonon muthaiah.2008. *All-IP network architecture for Mobile Wimax*. Hamburg : Wiley Library.

Cristina, stolojescu-Crisan, Alexandru Isar.2013. *Forecasting WiMax traffic and performance*.Eurasip journal

Woodward, Bill, (2009), *understanding Broadband wireless networking*, Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., ISBN 978-0-470-47707-6.



## Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N  
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

44	24.33	26.53	27.64	30.80	32.54	34.68	38.56	43.09	47.09	51.09	59.92	71.01
45	25.08	27.32	28.45	31.66	33.43	35.61	39.55	44.17	48.25	52.32	61.35	72.67
46	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
47	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
48	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
49	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
50	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
71	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
72	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
73	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
74	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
75	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
76	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
77	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
78	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
79	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
80	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
81	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
82	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
83	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
84	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
85	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
86	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
87	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
88	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
89	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
90	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6



91	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
92	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9
93	63.42	67.21	69.10	74.50	77.49	81.20	88.08	96.43	104.1	111.9	129.8	152.6
94	64.25	68.07	69.98	75.41	78.43	82.17	89.10	97.53	105.3	113.2	131.2	154.3
95	65.08	68.93	70.85	76.33	79.37	83.13	90.12	98.63	106.4	114.4	132.6	155.9
96	65.92	69.79	71.73	77.24	80.31	84.10	91.15	99.72	107.6	115.7	134.0	157.6
97	66.75	70.65	72.61	78.16	81.25	85.07	92.17	100.8	108.8	116.9	135.5	159.3
98	67.59	71.52	73.48	79.07	82.18	86.04	93.19	101.9	109.9	118.2	136.9	160.9
99	68.43	72.38	74.36	79.99	83.12	87.00	94.22	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6
100	69.27	7~.25	75.24	80.91	84.06	87.97	95.24	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter





## Erlang C Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N

B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0100	.0200	.0500	.1000	.1500	.2000	.3000	.4000
2	.0142	.0319	.0452	.1025	.1465	.2103	.3422	.5000	.6278	.7403	.9390	1.117
3	.0860	.1490	.1894	.3339	.4291	.5545	.7876	1.040	1.231	1.393	1.667	1.903
4	.2310	.3533	.4257	.6641	.8100	.9939	1.319	1.653	1.899	2.102	2.440	2.725
5	.4428	.6289	.7342	1.065	1.259	1.497	1.905	2.313	2.607	2.847	3.241	3.569
6	.7110	.9616	1.099	1.519	1.758	2.047	2.532	3.007	3.344	3.617	4.062	4.428
7	1.026	1.341	1.510	2.014	2.297	2.633	3.188	3.725	4.103	4.406	4.897	5.298
8	1.382	1.758	1.958	2.543	2.866	3.246	3.869	4.463	4.878	5.210	5.744	6.178
9	1.771	2.208	2.436	3.100	3.460	3.883	4.569	5.218	5.668	6.027	6.600	7.065
10	2.189	2.685	2.942	3.679	4.077	4.540	5.285	5.986	6.469	6.853	7.465	7.959
11	2.634	3.186	3.470	4.279	4.712	5.213	6.015	6.765	7.280	7.688	8.336	8.857
12	3.100	3.708	4.018	4.896	5.363	5.901	6.758	7.554	8.099	8.530	9.212	9.761
13	3.587	4.248	4.584	5.529	6.028	6.602	7.511	8.352	8.926	9.379	10.09	10.67
14	4.092	4.805	5.166	6.175	6.705	7.313	8.273	9.158	9.760	10.23	10.98	11.58
15	4.614	5.377	5.762	6.833	7.394	8.035	9.044	9.970	10.60	11.09	11.87	12.49
16	5.150	5.962	6.371	7.502	8.093	8.766	9.822	10.79	11.44	11.96	12.77	13.41
17	5.699	6.560	6.991	8.182	8.801	9.505	10.61	11.61	12.29	12.83	13.66	14.33
18	6.261	7.169	7.622	8.871	9.518	10.25	11.40	12.44	13.15	13.70	14.56	15.25
19	6.835	7.788	8.263	9.568	10.24	11.01	12.20	13.28	14.01	14.58	15.47	16.18
20	7.419	8.417	8.914	10.27	10.97	11.77	13.00	14.12	14.87	15.45	16.37	17.10
21	8.013	9.055	9.572	10.99	11.71	12.53	13.81	14.96	15.73	16.34	17.28	18.03
22	8.616	9.702	10.24	11.70	12.46	13.30	14.62	15.81	16.60	17.22	18.19	18.96
23	9.228	10.36	10.91	12.43	13.21	14.08	15.43	16.65	17.47	18.11	19.10	19.89
24	9.848	11.02	11.59	13.16	13.96	14.86	16.25	17.51	18.35	19.00	20.02	20.82
25	10.48	11.69	12.28	13.90	14.72	15.65	17.08	18.36	19.22	19.89	20.93	21.76
26	11.11	12.36	12.97	14.64	15.49	16.44	17.91	19.22	20.10	20.79	21.85	22.69
27	11.75	13.04	13.67	15.38	16.26	17.23	18.74	20.08	20.98	21.68	22.77	23.63
28	12.40	13.73	14.38	16.14	17.03	18.03	19.57	20.95	21.87	22.58	23.69	24.57
29	13.05	14.42	15.09	16.89	17.81	18.83	20.41	21.82	22.75	23.48	24.61	25.50
30	13.71	15.12	15.80	17.65	18.59	19.64	21.25	22.68	23.64	24.38	25.54	26.44
31	14.38	15.82	16.52	18.42	19.37	20.45	22.09	23.56	24.53	25.29	26.46	27.38
32	15.05	16.53	17.25	19.18	20.16	21.26	22.93	24.43	25.42	26.19	27.39	28.33
33	15.72	17.24	17.97	19.95	20.95	22.07	23.78	25.30	26.32	27.10	28.31	29.27
34	16.40	17.95	18.71	20.73	21.75	22.89	24.63	26.18	27.21	28.01	29.24	30.21
35	17.09	18.67	19.44	21.51	22.55	23.71	25.48	27.06	28.11	28.92	30.17	31.16
36	17.78	19.39	20.18	22.29	23.35	24.53	26.34	27.94	29.00	29.83	31.10	32.10
37	18.47	20.12	20.92	23.07	24.15	25.36	27.19	28.82	29.90	30.74	32.03	33.05
38	19.17	20.85	21.67	23.86	24.96	26.18	28.05	29.71	30.80	31.65	32.97	34.00
39	19.87	21.59	22.42	24.65	25.77	27.01	28.91	30.59	31.71	32.57	33.90	34.94
40	20.58	22.33	23.17	25.44	26.58	27.84	29.77	31.48	32.61	33.48	34.83	35.89
41	21.28	23.07	23.93	26.23	27.39	28.68	30.63	32.37	33.51	34.40	35.77	36.84
42	22.00	23.81	24.69	27.03	28.21	29.51	31.50	33.26	34.42	35.32	36.70	37.79
43	22.71	24.56	25.45	27.83	29.02	30.35	32.36	34.15	35.33	36.23	37.64	38.74

44	23.43	25.31	26.22	28.63	29.84	31.19	33.23	35.04	36.23	37.15	38.58	39.69
45	24.15	26.06	26.98	29.44	30.67	32.03	34.10	35.93	37.14	38.07	39.51	40.64
46	24.88	26.82	27.75	30.24	31.49	32.87	34.97	36.83	38.05	39.00	40.45	41.59
47	25.60	27.57	28.52	31.05	32.32	33.72	35.84	37.72	38.96	39.92	41.39	42.54
48	26.34	28.33	29.30	31.86	33.14	34.56	36.72	38.62	39.87	40.84	42.33	43.50
49	27.07	29.10	30.08	32.68	33.97	35.41	37.59	39.52	40.79	41.76	43.27	44.45
50	27.80	29.86	30.86	33.49	34.80	36.26	38.47	40.42	41.70	42.69	44.21	45.40
51	28.54	30.63	31.64	34.31	35.64	37.11	39.35	41.32	42.61	43.61	45.15	46.36
52	29.28	31.40	32.42	35.12	36.47	37.97	40.23	42.22	43.53	44.54	46.10	47.31
53	30.03	32.17	33.21	35.94	37.31	38.82	41.10	43.12	44.44	45.47	47.04	48.27
54	30.77	32.95	33.99	36.76	38.15	39.67	41.99	44.02	45.36	46.39	47.98	49.22
55	31.52	33.72	34.78	37.59	38.99	40.53	42.87	44.93	46.28	47.32	48.93	50.18
56	32.27	34.50	35.57	38.41	39.83	41.39	43.75	45.83	47.20	48.25	49.87	51.13
57	33.03	35.28	36.37	39.24	40.67	42.25	44.64	46.74	48.12	49.18	50.82	52.09
58	33.78	36.06	37.16	40.07	41.51	43.11	45.52	47.64	49.04	50.11	51.76	53.05
59	34.54	36.85	37.96	40.90	42.36	43.97	46.41	48.55	49.96	51.04	52.71	54.01
60	35.30	37.63	38.76	41.73	43.20	44.83	47.29	49.46	50.88	51.97	53.65	54.96
61	36.06	38.42	39.56	42.56	44.05	45.70	48.18	50.37	51.80	52.90	54.60	55.92
62	36.82	39.21	40.36	43.39	44.90	46.56	49.07	51.27	52.72	53.83	55.55	56.88
63	37.59	40.00	41.16	44.23	45.75	47.43	49.96	52.18	53.64	54.77	56.49	57.84
64	38.35	40.80	41.97	45.06	46.60	48.30	50.85	53.10	54.57	55.70	57.44	58.80
65	39.12	41.59	42.78	45.90	47.45	49.16	51.74	54.01	55.49	56.63	58.39	59.76
66	39.89	42.39	43.58	46.74	48.30	50.03	52.64	54.92	56.42	57.57	59.34	60.72
67	40.66	43.18	44.39	47.58	49.16	50.90	53.53	55.83	57.34	58.50	60.29	61.68
68	41.44	43.98	45.20	48.42	50.01	51.77	54.42	56.75	58.27	59.44	61.24	62.64
69	42.21	44.78	46.02	49.26	50.87	52.65	55.32	57.66	59.20	60.37	62.19	63.60
70	42.99	45.58	46.83	50.10	51.73	53.52	56.21	58.57	60.12	61.31	63.14	64.56
71	43.77	46.39	47.64	50.95	52.59	54.39	57.11	59.49	61.05	62.25	64.09	65.52
72	44.55	47.19	48.46	51.79	53.45	55.27	58.01	60.41	61.98	63.18	65.04	66.48
73	45.33	48.00	49.28	52.64	54.31	56.14	58.90	61.32	62.91	64.12	65.99	67.44
74	46.11	48.81	50.10	53.49	55.17	57.02	59.80	62.24	63.84	65.06	66.94	68.40
75	46.90	49.61	50.92	54.34	56.03	57.90	60.70	63.16	64.76	66.00	67.89	69.37
76	47.68	50.42	51.74	55.19	56.89	58.78	61.60	64.07	65.69	66.94	68.85	70.33
77	48.47	51.23	52.56	56.04	57.76	59.65	62.50	64.99	66.63	67.88	69.80	71.29
78	49.26	52.05	53.38	56.89	58.62	60.53	63.40	65.91	67.56	68.82	70.75	72.25
79	50.05	52.86	54.21	57.74	59.49	61.41	64.30	66.83	68.49	69.76	71.70	73.22
80	50.84	53.68	55.03	58.60	60.36	62.30	65.21	67.75	69.42	70.70	72.66	74.18
81	51.63	54.49	55.86	59.45	61.22	63.18	66.11	68.67	70.35	71.64	73.61	75.14
82	52.43	55.31	56.69	60.30	62.09	64.06	67.01	69.59	71.28	72.58	74.57	76.11
83	53.22	56.13	57.52	61.16	62.96	64.94	67.92	70.52	72.22	73.52	75.52	77.07
84	54.02	56.95	58.35	62.02	63.83	65.83	68.82	71.44	73.15	74.46	76.47	78.04
85	54.81	57.77	59.18	62.88	64.70	66.71	69.73	72.36	74.08	75.40	77.43	79.00
86	55.61	58.59	60.01	63.73	65.57	67.60	70.63	73.28	75.02	76.35	78.38	79.97
87	56.41	59.41	60.84	64.59	66.45	68.48	71.54	74.21	75.95	77.29	79.34	80.93
88	57.21	60.23	61.67	65.45	67.32	69.37	72.45	75.13	76.89	78.23	80.30	81.90
89	58.02	61.06	62.51	66.32	68.19	70.26	73.35	76.06	77.82	79.18	81.25	82.86
90	58.82	61.88	63.34	67.18	69.07	71.15	74.26	76.98	78.76	80.12	82.21	83.83





91	59.62	62.71	64.18	68.04	69.94	72.04	75.17	77.91	79.69	81.06	83.16	84.79
92	60.43	63.54	65.02	68.90	70.82	72.92	76.08	78.83	80.63	82.01	84.12	85.76
93	61.23	64.36	65.86	69.77	71.70	73.81	76.99	79.76	81.57	82.95	85.08	86.73
94	62.04	65.19	66.70	70.63	72.57	74.71	77.90	80.69	82.50	83.90	86.03	87.69
95	62.85	66.02	67.54	71.50	73.45	75.60	78.81	81.61	83.44	84.84	86.99	88.66
96	63.66	66.85	68.38	72.36	74.33	76.49	79.72	82.54	84.38	85.79	87.95	89.62
97	64.47	67.69	69.22	73.23	75.21	77.38	80.63	83.47	85.32	86.74	88.91	90.59
98	65.28	68.52	70.06	74.10	76.09	78.27	81.54	84.39	86.26	87.68	89.87	91.56
99	66.09	69.35	70.90	74.97	76.97	79.17	82.46	85.32	87.20	88.63	90.82	92.53
100	66.91	70.19	71.75	75.84	77.85	80.06	83.37	86.25	88.13	89.58	91.78	93.49

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter





### Poisson Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N  
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0202	.0513	.1054	.1625	.2231	.3567	.5108
2	.0142	.0320	.0454	.1035	.1486	.2147	.3554	.5318	.6832	.8244	1.097	1.376
3	.0862	.1497	.1905	.3379	.4360	.5672	.8177	1.102	1.331	1.535	1.914	2.285
4	.2318	.3552	.4286	.6722	.8232	1.016	1.366	1.745	2.039	2.297	2.764	3.211
5	1.078	1.279	1.530	1.970	2.433	2.785	3.090	3.634	4.148			
6	.7137	.9672	1.107	1.537	1.785	2.089	2.613	3.152	3.557	3.904	4.517	5.091
7	1.030	1.348	1.520	2.037	2.330	2.684	3.285	3.895	4.348	4.734	5.411	6.039
8	1.387	1.768	1.971	2.571	2.906	3.307	3.981	4.656	5.155	5.576	6.312	6.991
9	1.778	2.220	2.452	3.132	3.508	3.953	4.695	5.433	5.973	6.429	7.220	7.947
10	2.198	2.699	2.961	3.717	4.130	4.618	5.425	6.221	6.802	7.289	8.133	8.904
11	2.643	3.202	3.492	4.321	4.771	5.300	6.169	7.021	7.639	8.157	9.050	9.864
12	3.112	3.726	4.042	4.943	5.428	5.996	6.924	7.829	8.484	9.031	9.972	10.83
13	3.600	4.269	4.611	5.580	6.099	6.704	7.690	8.646	9.336	9.910	10.90	11.79
14	4.106	4.828	5.195	6.231	6.782	7.424	8.464	9.470	10.19	10.79	11.82	12.76
15	4.629	5.402	5.794	6.893	7.477	8.153	9.246	10.30	11.06	11.68	12.75	13.72
16	5.167	5.990	6.405	7.567	8.181	8.891	10.04	11.14	11.92	12.57	13.69	14.69
17	5.718	6.590	7.028	8.251	8.895	9.638	10.83	11.98	12.79	13.47	14.62	15.66
18	6.281	7.201	7.662	8.943	9.616	10.39	11.63	12.82	13.67	14.37	15.56	16.63
19	6.856	7.822	8.306	9.645	10.35	11.15	12.44	13.67	14.55	15.27	16.50	17.60
20	7.442	8.453	8.958	10.35	11.08	11.92	13.26	14.53	15.43	16.17	17.44	18.57
21	8.037	9.093	9.619	11.07	11.83	12.69	14.07	15.38	16.31	17.08	18.38	19.54
22	8.642	9.741	10.29	11.79	12.57	13.47	14.89	16.24	17.20	17.99	19.32	20.51
23	9.255	10.40	10.96	12.52	13.33	14.25	15.72	17.11	18.09	18.90	20.27	21.48
24	9.876	11.06	11.65	13.26	14.09	15.04	16.55	17.98	18.98	19.81	21.21	22.46
25	10.50	11.73	12.34	14.00	14.85	15.83	17.38	18.84	19.88	20.73	22.16	23.43
26	11.14	12.41	13.03	14.74	15.62	16.63	18.22	19.72	20.77	21.64	23.10	24.41
27	11.78	13.09	13.73	15.49	16.40	17.43	19.06	20.59	21.67	22.56	24.05	25.38
28	12.43	13.78	14.44	16.25	17.18	18.23	19.90	21.47	22.57	23.48	25.00	26.36
29	13.09	14.47	15.15	17.00	17.96	19.04	20.75	22.35	23.48	24.40	25.95	27.33
30	13.75	15.17	15.87	17.77	18.74	19.85	21.59	23.23	24.38	25.32	26.91	28.31
31	14.42	15.87	16.59	18.53	19.53	20.66	22.45	24.11	25.29	26.24	27.86	29.29
32	15.09	16.58	17.32	19.31	20.32	21.48	23.30	25.00	26.19	27.17	28.81	30.26
33	15.76	17.30	18.05	20.08	21.12	22.30	24.15	25.89	27.10	28.09	29.76	31.24
34	16.44	18.01	18.78	20.86	21.92	23.12	25.01	26.77	28.01	29.02	30.72	32.22
35	17.13	18.73	19.52	21.64	22.72	23.95	25.87	27.66	28.92	29.95	31.67	33.20
36	17.82	19.46	20.26	22.42	23.53	24.77	26.73	28.56	29.84	30.88	32.63	34.18
37	18.52	20.19	21.01	23.21	24.33	25.60	27.60	29.45	30.75	31.81	33.59	35.16
38	19.21	20.92	21.75	24.00	25.14	26.44	28.46	30.35	31.66	32.74	34.54	36.14
39	19.92	21.66	22.51	24.79	25.96	27.27	29.33	31.24	32.58	33.67	35.50	37.11
40	20.62	22.40	23.26	25.59	26.77	28.11	30.20	32.14	33.50	34.60	36.46	38.09
41	21.33	23.14	24.02	26.38	27.59	28.95	31.07	33.04	34.42	35.54	37.42	39.07
42	22.05	23.88	24.78	27.18	28.41	29.79	31.94	33.94	35.33	36.47	38.38	40.05
43	22.76	24.63	25.54	27.99	29.23	30.63	32.81	34.84	36.26	37.41	39.34	41.04

44	23.48	25.38	26.31	28.79	30.05	31.47	33.69	35.74	37.18	38.34	40.30	42.02
45	24.20	26.14	27.08	29.60	30.88	32.32	34.56	36.65	38.10	39.28	41.26	43.00
46	24.93	26.90	27.85	30.41	31.71	33.17	35.44	37.55	39.02	40.22	42.22	43.98
47	25.66	27.65	28.62	31.22	32.53	34.01	36.32	38.46	39.94	41.16	43.18	44.96
48	26.39	28.42	29.40	32.03	33.37	34.87	37.20	39.36	40.87	42.09	44.14	45.94
49	27.13	29.18	30.18	32.85	34.20	35.72	38.08	40.27	41.79	43.03	45.10	46.92
50	27.86	29.95	30.96	33.66	35.03	36.57	38.97	41.18	42.72	43.97	46.06	47.90
51	28.60	30.72	31.74	34.48	35.87	37.43	39.85	42.09	43.65	44.91	47.03	48.89
52	29.34	31.49	32.53	35.30	36.71	38.28	40.73	43.00	44.58	45.85	47.99	49.87
53	30.09	32.26	33.31	36.13	37.55	39.14	41.62	43.91	45.50	46.80	48.95	50.85
54	30.84	33.04	34.10	36.95	38.39	40.00	42.51	44.82	46.43	47.74	49.92	51.83
55	31.59	33.82	34.90	37.78	39.23	40.86	43.40	45.74	47.36	48.68	50.88	52.82
56	32.34	34.60	35.69	38.60	40.07	41.72	44.29	46.65	48.29	49.63	51.85	53.80
57	33.09	35.38	36.48	39.43	40.92	42.59	45.18	47.56	49.22	50.57	52.81	54.78
58	33.85	36.16	37.28	40.26	41.77	43.45	46.07	48.48	50.15	51.51	53.78	55.77
59	34.60	36.95	38.08	41.09	42.61	44.32	46.96	49.40	51.09	52.46	54.74	56.75
60	35.36	37.73	38.88	41.93	43.46	45.18	47.85	50.31	52.02	53.40	55.71	57.73
61	36.13	38.52	39.68	42.76	44.31	46.05	48.75	51.23	52.95	54.35	56.68	58.72
62	36.89	39.31	40.48	43.60	45.16	46.92	49.64	52.15	53.89	55.30	57.64	59.70
63	37.66	40.11	41.29	44.43	46.02	47.79	50.54	53.07	54.82	56.24	58.61	60.68
64	38.42	40.90	42.09	45.27	46.87	48.66	51.43	53.99	55.76	57.19	59.58	61.67
65	39.19	41.70	42.90	46.11	47.73	49.53	52.33	54.91	56.69	58.14	60.54	62.65
66	39.96	42.49	43.71	46.95	48.58	50.41	53.23	55.83	57.63	59.08	61.51	63.64
67	40.74	43.29	44.52	47.79	49.44	51.28	54.13	56.75	58.56	60.03	62.48	64.62
68	41.51	44.09	45.33	48.64	50.30	52.16	55.03	57.67	59.50	60.98	63.45	65.61
69	42.29	44.89	46.15	49.48	51.16	53.03	55.93	58.59	60.44	61.93	64.41	66.59
70	43.07	45.70	46.96	50.33	52.02	53.91	56.83	59.52	61.37	62.88	65.38	67.58
71	43.84	46.50	47.78	51.17	52.88	54.79	57.73	60.44	62.31	63.83	66.35	68.56
72	44.63	47.31	48.60	52.02	53.74	55.66	58.63	61.36	63.25	64.78	67.32	69.54
73	45.41	48.11	49.42	52.87	54.60	56.54	59.54	62.29	64.19	65.73	68.29	70.53
74	46.19	48.92	50.24	53.72	55.47	57.42	60.44	63.21	65.13	66.68	69.26	71.52
75	46.98	49.73	51.06	54.57	56.33	58.30	61.35	64.14	66.07	67.63	70.23	72.50
76	47.76	50.54	51.88	55.42	57.20	59.19	62.25	65.06	67.01	68.58	71.20	73.49
77	48.55	51.36	52.70	56.28	58.07	60.07	63.16	65.99	67.95	69.54	72.17	74.47
78	49.34	52.17	53.53	57.13	58.94	60.95	64.06	66.92	68.89	70.49	73.14	75.46
79	50.13	52.98	54.35	57.98	59.80	61.84	64.97	67.85	69.83	71.44	74.11	76.44
80	50.92	53.80	55.18	58.84	60.67	62.72	65.88	68.77	70.77	72.39	75.08	77.43
81	51.72	54.62	56.01	59.70	61.54	63.61	66.79	69.70	71.72	73.35	76.05	78.41
82	52.51	55.43	56.84	60.55	62.41	64.49	67.70	70.63	72.66	74.30	77.02	79.40
83	53.31	56.25	57.67	61.41	63.29	65.38	68.60	71.56	73.60	75.25	77.99	80.39
84	54.10	57.07	58.50	62.27	64.16	66.27	69.51	72.49	74.54	76.21	78.96	81.37
85	54.90	57.89	59.33	63.13	65.03	67.15	70.43	73.42	75.49	77.16	79.93	82.36
86	55.70	58.72	60.16	63.99	65.91	68.04	71.34	74.35	76.43	78.11	80.91	83.34
87	56.50	59.54	61.00	64.85	66.78	68.93	72.25	75.28	77.38	79.07	81.88	84.33
88	57.31	60.37	61.83	65.72	67.66	69.82	73.16	76.21	78.32	80.02	82.85	85.32
89	58.11	61.19	62.67	66.58	68.53	70.71	74.07	77.14	79.27	80.98	83.82	86.30
90	58.91	62.02	63.51	67.44	69.41	71.61	74.98	78.08	80.21	81.93	84.79	87.29



91	59.72	62.84	64.34	68.31	70.29	72.50	75.90	79.01	81.16	82.89	85.77	88.28
92	60.52	63.67	65.18	69.17	71.17	73.39	76.81	79.94	82.10	83.85	86.74	89.26
93	61.33	64.50	66.02	70.04	72.05	74.28	77.73	80.88	83.05	84.80	87.71	90.25
94	62.14	65.33	66.86	70.91	72.93	75.18	78.64	81.81	83.99	85.76	88.68	91.24
95	62.95	66.16	67.70	71.77	73.81	76.07	79.56	82.74	84.94	86.72	89.66	92.22
96	63.76	66.99	68.55	72.64	74.69	76.97	80.47	83.68	85.89	87.67	90.63	93.21
97	64.57	67.83	69.39	73.51	75.57	77.86	81.39	84.61	86.83	88.63	91.60	94.20
98	65.38	68.66	70.23	74.38	76.45	78.76	82.31	85.55	87.78	89.59	92.58	95.19
99	66.19	69.50	71.08	75.25	77.33	79.65	83.22	86.48	88.73	90.54	93.55	96.17
100	67.01	70.33	71.92	76.12	78.22	80.55	84.14	87.42	89.68	91.50	94.52	97.16

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter

