

repository.ub.ac

**ANALISIS IMPLEMENTASI JARINGAN CDMA20001X EVDO
REV-A DI KOTA MALANG**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ALVITA ARINI
NIM: 0810630029 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013**

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS IMPLEMENTASI JARINGAN CDMA20001X EVDO
REV-A DI KOTA MALANG**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ALVITA ARINI
NIM: 0810630029 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing

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

Asri Wulandari, ST.,MT.
NIP. 19750301 199903 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS IMPLEMENTASI JARINGAN CDMA20001X EVDO
REV-A DI KOTA MALANG**

Disusun Oleh :

ALVITA ARINI
NIM: 0810630029 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal **21 Januari 2013**

Majelis Penguji :

Gagak Asmungi, ST., MT.
NIP. 19670627 199802 1 001

Rudy Yuwono, ST., M.Sc.
NIP. 19710615 199802 1 003

Ali Mustofa, ST., MT.
NIP. 19710601 200003 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

DR. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.
NIP. 19580728 198701 1 001

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

PENGANTAR

Alhamdulillah, segenap puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Implementasi Jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A di Kota Malang” yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Tidak lupa pula shalawat serta salam selalu penulis sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju ke jalan yang terang.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Orangtua saya Bapak Sutrisno dan Ibu Nurul Churriyah serta adik-adik saya Alvina Kinanti dan Himawan Fajar Izzuddin yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, dukungan dan kepercayaan yang tiada akhir hingga saat ini.
2. Bapak Ir. Wahyu Adi Priyono, MSc. selaku dosen pembimbing skripsi I dan Ibu Asri Wulandari, ST.,MT. selaku dosen pembimbing skripsi II yang banyak memberikan saran, nasihat, ilmu dan waktu sehingga skripsi ini selesai dengan hasil yang maksimal.
3. Bapak DR. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak M. Aziz Muslim, ST. MT., Ph.D, selaku sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ali Mustofa, ST, MT. selaku dosen penasehat akademik selama kuliah yang banyak memberikan pengarahan serta bimbingan akademik.
5. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
6. Sahabat-sahabat terbaikku, Ceri Ahendyarti, Riesta Astriawanti, Pawitra Mahening Suci, Rahma Nur Amalia dan Risa Pradita Camelia terima kasih atas persahabatan dan dukungan kalian selama ini.
7. Keluarga besar Angkatan 2008 (Concordes), terima kasih atas persahabatan, semangat, dan untuk segalanya.

8. Teman-teman asisten Laboratorium Dasar Elektrik dan Pengukuran (Lab DEP) terimakasih atas semangat dan doanya yang selalu mengiringi selama proses skripsi berlangsung.
9. Dan untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa.

Malang, Januari 2013

Penulis

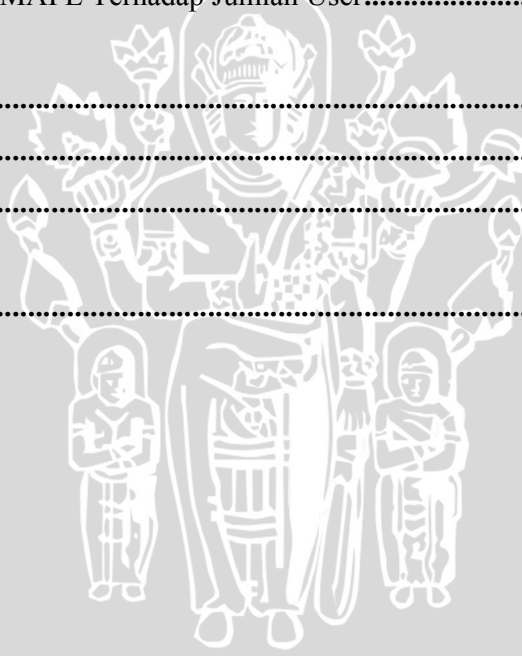


DAFTAR ISI

	halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Kontribusi.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Jaringan CDMA.....	7
2.2.1 Konsep Dasar CDMA.....	7
2.2.2 Konsep Spektrum Tersebar (<i>Spread Spectrum</i>).....	9
2.2.3 Arsitektur Jaringan CDMA.....	11
2.2.4 Perkembangan Jaringan CDMA.....	12
2.3 Teknologi CDMA20001x.....	13
2.3.1 Konsep Dasar Teknologi CDMA20001x.....	14
2.3.2 Arsitektur Jaringan CDMA20001x.....	15
2.3.3 Model Kanal Pada Sistem CDMA20001x.....	17
2.3.3.1 <i>Reverse Link</i>	17
2.3.3.2 <i>Forward Link</i>	18
2.3.4 Kelebihan Teknologi CDMA20001x.....	20
2.4 Teknologi CDMA20001x EVDO.....	20
2.4.1 Konsep Dasar Jaringan CDMA20001x EVDO.....	21
2.4.2 Arsitektur Jaringan CDMA20001x EVDO.....	21

2.4.3	Struktur Link Jaringan CDMA20001x EVDO.....	23
2.4.3.1	<i>Forward Link</i>	23
2.4.3.2	<i>Reverse Link</i>	24
2.4.4	Karakteristik Layanan CDMA20001x EVDO	24
2.5	Pertambahan Jumlah Penduduk	25
2.6	Kapasitas OBQ (<i>Offered Bit Quantity</i>).....	27
2.7	Kapasitas Sistem	28
2.8	<i>Bit Rate</i>	29
2.9	Efisiensi Cakupan dan <i>Link Budget</i>	30
2.9.1	Model Propagasi Okumura-Hatta.....	30
2.9.2	Model Cost 231	32
2.9.3	<i>Link Budget</i>	33
2.9.3.1	<i>Reverse Link Budget</i>	34
2.9.3.2	<i>Forward Link Budget</i>	36
BAB III METODOLOGI		38
3.1	Pengambilan Data	38
3.2	Pengkajian Data	39
3.3	Pengolahan Data.....	40
3.4	Pembahasan dan Hasil.....	44
3.5	Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	45
3.6	Kerangka Acuan Berpikir	46
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL		47
4.1	Umum	47
4.2	Wilayah Implementasi.....	47
4.3	Analisis Prediksi Jumlah Penduduk di Kota Malang	48
4.3.1	Statistik Penduduk Kota Malang.....	49
4.3.1.1	Trend Linier	50
4.3.1.2	Trend Kuadratik	53
4.3.1.3	Trend Eksponensial	55
4.3.2	Penduduk Usia Produktif	64
4.3.3	Faktor Penetrasi	66
4.4	Perhitungan Kebutuhan OBQ.....	68

4.5	Perhitungan Kapasitas Sistem.....	70
4.6	Perhitungan <i>Bit Rate</i>	72
4.7	Efisiensi Cakupan dan <i>Link Budget</i>	74
4.7.1	<i>Link Budget</i>	74
4.7.2	Efisiensi Cakupan.....	78
4.7.2.1	<i>Radius Reverse Link</i>	78
4.7.2.2	<i>Radius Forward Link</i>	81
4.8	Pembahasan.....	83
4.8.1	Analisis OBQ Teknologi 1x dan EVDO Rev-A.....	83
4.8.2	Analisis Kapasitas Sistem Teknologi 1x dan EVDO Rev-A.....	84
4.8.3	Analisis Lingkungan Propagasi Terhadap <i>Pathloss</i> dan Radius Sel.....	85
4.8.4	Analisis Jumlah User Terhadap Radius Sel.....	85
4.8.5	Analisis MAPL Terhadap Jumlah User.....	86
BAB V	PENUTUP	88
5.1	Kesimpulan.....	88
	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	90



DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi FDMA,TDMA dan CDMA.....	8
Gambar 2.2 <i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>	10
Gambar 2.3 <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> pada transmitter.....	11
Gambar 2.4 <i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> pada receiver	11
Gambar 2.5 Arsitektur Jaringan CDMA	12
Gambar 2.6 Standard Evolusi Anggota CDMA2000.....	13
Gambar 2.7 Arsitektur Jaringan CDMA20001x.....	15
Gambar 2.8 <i>Reverse CDMA Link</i>	18
Gambar 2.9 <i>Forward CDMA Link</i>	19
Gambar 2.10 Arsitektur jaringan CDMA20001x EVDO.....	21
Gambar 2.11 <i>Link Budget</i> untuk <i>Non Line Of Sight</i>	33
Gambar 2.12 <i>Link Budget</i> untuk <i>Non Line Of Sight</i>	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Penyusunan Penelitian.....	38
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengambilan Data Sekunder	40
Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan OBQ Tiap Wilayah	41
Gambar 3.4 Diagram Alir Perhitungan Kapasitas Sistem.....	42
Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Luas <i>Cell Coverage Area</i>	43
Gambar 3.6 Diagram Alir Perhitungan <i>Link Budget</i>	44
Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis Performansi jaringan CDMA	45
Gambar 4.1 Peta Kota Malang.....	48
Gambar 4.2 Parameter-parameter <i>Link Budget</i>	74

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Parameter-parameter Sistem CDMA2000	14
Tabel 2.2 Parameter <i>Reverse Link Budget</i> EVDO Rev-A	34
Tabel 2.3 Parameter <i>Forward Link Budget</i> EVDO Rev-A	36
Tabel 4.1 Data Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2007-2011	49
Tabel 4.2 Data Jumlah Bangunan dan Luas Wilayah Kota Malang	50
Tabel 4.3 Parameter Perhitungan Penduduk Kecamatan Kedungkandang dengan Trend Linier.....	51
Tabel 4.4 Jumlah Penduduk Kota Malang tahun 2011 Dengan Trend Linier	52
Tabel 4.5 Parameter Perhitungan Penduduk Kecamatan Kedungkandang Dengan Trend Kuadratik.....	53
Tabel 4.6 Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2011 Dengan Trend Kuadratik.....	55
Tabel 4.7 Parameter Perhitungan Penduduk Kecamatan Kedungkandang Dengan Trend Eksponensial.....	56
Tabel 4.8 Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2011 Dengan Trend Eksponensial	57
Tabel 4.9 Analisis Prosentase Kesalahan Tiap Trend	58
Tabel 4.10 Parameter-Parameter Perhitungan Penduduk di Kecamatan Kedungkandang	59
Tabel 4.11 Parameter Perhitungan Penduduk di Kecamatan Sukun.....	60
Tabel 4.12 Parameter Perhitungan Penduduk Kecamatan Klojen	61
Tabel 4.13 Parameter Perhitungan Penduduk Kecamatan Blimbing	62
Tabel 4.14 Parameter Perhitungan Penduduk Kecamatan Lowokwaru.....	63
Tabel 4.15 Perhitungan Jumlah Penduduk Usia Produktif di Kota Malang Tahun 2013.....	65
Tabel 4.16 Data Pelanggan Operator di Indonesia	65
Tabel 4.17 Data Pelanggan Seluler di Kota Malang	66
Tabel 4.18 Nilai Faktor Penetrasi Kota Malang	67
Tabel 4.19 Jumlah Pelanggan CDMA20001x EVDO Rev-A Tahun 2013.....	67
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan OBQ Pada Teknologi EVDO Rev-A Kota Malang	69
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan OBQ Pada Teknologi 1x Kota Malang	69

Tabel 4.22 Kapasitas Sistem per BTS dengan Teknologi EVDO Rev-A di Kota Malang..... 71

Tabel 4.23 Kapasitas Sistem per BTS dengan Teknologi 1x di Kota Malang 71

Tabel 4.24 *Reverse Link Budget* EVDO Rev-A..... 74

Tabel 4.25 *Forward Link Budget* EVDO Rev-A 76

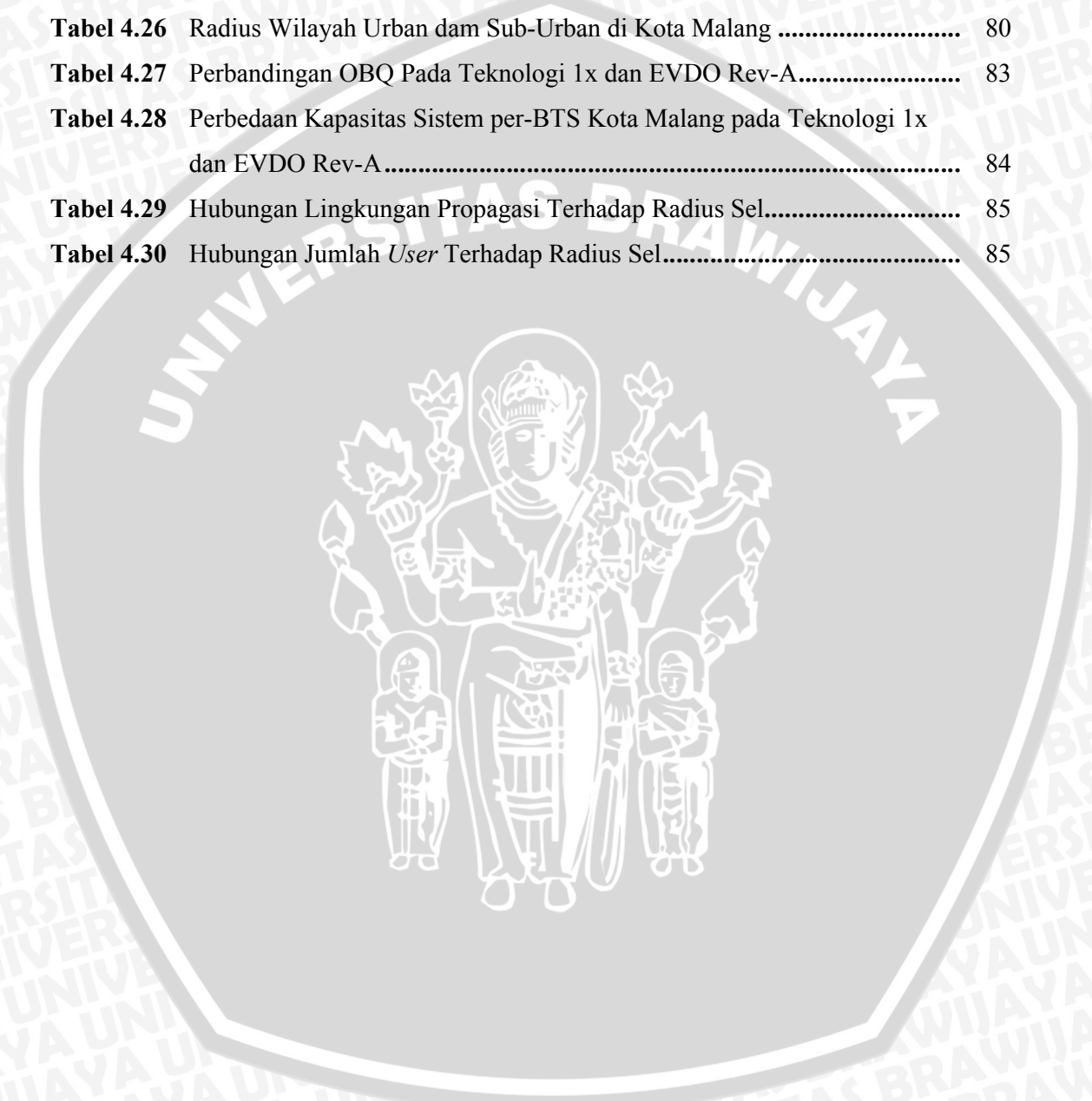
Tabel 4.26 Radius Wilayah Urban dan Sub-Urban di Kota Malang 80

Tabel 4.27 Perbandingan OBQ Pada Teknologi 1x dan EVDO Rev-A..... 83

Tabel 4.28 Perbedaan Kapasitas Sistem per-BTS Kota Malang pada Teknologi 1x dan EVDO Rev-A..... 84

Tabel 4.29 Hubungan Lingkungan Propagasi Terhadap Radius Sel..... 85

Tabel 4.30 Hubungan Jumlah *User* Terhadap Radius Sel..... 85



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan sistem komunikasi baik data maupun suara, maka pengembangan implementasi teknologi terus dilakukan untuk memenuhi kepuasan masyarakat akan komunikasi yang handal. Salah satu teknologi data dengan kecepatan tinggi yang sedang berkembang saat ini adalah teknologi CDMA20001x EVDO (3G). *Third Generation (3G) Communication* didesain untuk meningkatkan kecepatan data maupun *voice* dengan memanfaatkan jaringan telepon seluler yang telah ada. Kendala utama untuk menerapkan jaringan nirkabel berkecepatan tinggi adalah minimnya lebar pita (*bandwidth*), atau rentang frekuensi yang dapat dipakai. EVDO yang mengembangkan teknologi yang dikembangkan oleh Qualcomm dapat memecahkan masalah ini.

Teknologi CDMA20001x EVDO merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya, berawal dari CDMA 20001xRTT (*Radio Transmission Technology*) atau dikenal dengan CDMA 20001x, jaringan CDMA20001x mengalami beberapa pengembangan seperti teknik kontrol daya, *uplink pilot channel*, teknik vocoder, penggunaan Kode Walsh serta perubahan skema modulasi. Pada arsitektur jaringan terdapat *Base Station Controller* (BSC) dengan kemampuan *IP Routing*, *BTS multimode* serta *PDSN (Packet Data Serving Network)*. Dari penggunaan teknologi ini didapatkan kelebihan diantaranya memiliki kecepatan data yang tinggi jika dibandingkan dengan CDMA20001x, area cakupan yang luas, efisiensi daya, serta pengembangannya yang mudah karena memiliki jalur migrasi yang jelas dan tidak memerlukan spektrum baru. CDMA 2000 1xEV-DO, juga dikenal dengan *1X-EV Phase One*, adalah sebuah peningkatan dengan meletakkan suara dan data pada kanal yang terpisah guna menyediakan pengiriman data pada kecepatan 2,4 Mbit/s . Perkembangan jaringan selanjutnya yaitu CDMA 20001xEVDV (*Evolution for Data and Video*) dan yang pada akhirnya menjadi CDMA 20003x RTT (*multicarrier*). Perkembangan jaringan CDMA ini pada umumnya melakukan perubahan/ *upgrade* pada modul-

modul dan *software* pada sisi *Base Station* sehingga didapatkan peningkatan *data rate* baik dari segi *forward link* maupun *reverse link*-nya.

Layanan yang dapat didukung oleh jaringan CDMA20001x meliputi *games*, *e-mail*, *chatting*, *MP3 download*, *picture download*, *wireless internet*, *wireless e-mail*, *telemetry* dan *wireless commerce*. Sedangkan untuk jaringan CDMA20001x EVDO didesain dengan mengoptimalkan layanan paket data untuk berbagai aplikasi antara lain *Web browsing*, *File transfer*, *VoIP*, *Wireless video conferencing*, *Streaming video*, *Wireless Network Gaming*, *Push to Talk* dan *Push to Media*. Berbeda dengan CDMA20001x EVDO, CDMA20001x EVDV mampu mengintegrasikan *voice* dan layanan multimedia dan paket berkecepatan tinggi secara simultan pada kecepatan 3,09 Mbps. CDMA20001x EVDO didesain mempunyai *bandwidth* yang sama dengan CDMA2000 1x/IS-95 yaitu 1,25 MHz. Dengan adanya teknologi EVDO, maka koneksitas antar daerah akan semakin mudah. Layanan berbasis EVDO memiliki kemampuan mengirimkan data (*uplink*) sampai 2,4 Mbps dan mendukung aplikasi seperti konferensi video.

Masalah yang terjadi pada pelanggan seluler CDMA adalah panggilan yang diblokir (kegagalan mendapat *access*), kualitas suara yang buruk, dan cakupan area pelayanan yang kurang. Sedangkan untuk segi layanan data, pelanggan menginginkan layanan data dengan kecepatan tinggi sehingga mampu mengirimkan file besar seperti *e-mail* dengan lampiran, resolusi foto tinggi dan video pribadi dari perangkat *mobile* mereka. Kebutuhan seperti ini dapat diwujudkan dengan menerapkan jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A karena jaringan ini menyediakan kecepatan *forward link (downlink)* hingga 3,1 Mbps dan *reverse link (uplink)* hingga 1,8Mbps. Sedangkan pada jaringan sebelumnya, yaitu CDMA20001x hanya memiliki kecepatan data untuk *forward link / reverse link*nya maksimal 144 kbps.

Untuk wilayah Kota Malang terdapat beberapa *provider* yang menerapkan teknologi ini, Untuk saat ini, teknologi yang banyak digunakan oleh operator CDMA dalam menyediakan layanan *Mobile Broadband* adalah *Evolution Data Only Rev.A*. Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur yang dijuluki sebagai kota pendidikan dan sebagian besar daerahnya merupakan dataran tinggi yang terdiri dari pegunungan dan perbukitan. Topografi Kota Malang ini

dapat berpengaruh dalam pengimplementasian jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A di Kota Malang. Sejak diluncurkannya CDMA20001x EVDO Rev-A di Kota Malang pada Desember 2011 tahun lalu, pertumbuhan pelanggan meningkat cukup pesat. Untuk daerah-daerah dengan kebutuhan data minim, provider CDMA ini tidak merubah BTS eksistingnya menjadi BTS EVDO. Dijelaskan pada regulasi telekomunikasi tentang penggunaan tower bersama yang mengharuskan adanya kerjasama dari beberapa vendor telepon untuk menggunakan satu tower dalam perencanaan dan pelaksanaan tower BTS di dalam kota. Berdasarkan regulasi tersebut, antenna pemancar provider CDMA ini ditempatkan bersamaan dengan antenna pemancar provider Telkomsel. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai implementasi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A di Kota Malang. Analisis yang dilakukan meliputi perhitungan kapasitas trafik, kapasitas sistem, *pathloss* dan radius sel. Hal yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A ditinjau dari beberapa parameter dan membandingkannya dengan jaringan CDMA20001x, sehingga akan diketahui apakah dengan menerapkan jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A kualitas layanan yang ada pada jaringan sebelumnya dapat ditingkatkan atau tidak. Selain itu untuk mengetahui apakah teknologi CDMA20001x yang telah diterapkan lebih dahulu di Kota Malang dapat dimigrasikan seluruhnya ke teknologi EVDO Rev-A.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Mengacu pada permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah teknologi CDMA20001x?
2. Bagaimana konsep dasar dan konfigurasi jaringan CDMA20001x?
3. Bagaimanakah teknologi CDMA20001x EVDO Rev-A?
4. Bagaimana konsep dasar dan konfigurasi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A?
5. Bagaimana analisis perhitungan kepadatan trafik, kapasitas sistem, *pathloss* dan radius sel pada *cell site* eksisting yang direncanakan untuk jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A?

6. Bagaimana performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A jika dibandingkan dengan jaringan CDMA20001x?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A di Kota Malang dan membandingkannya dengan jaringan CDMA20001x .

1.4 RUANG LINGKUP

Pada penelitian ini, pembahasan ditentukan pada hal-hal sebagai berikut :

1. Membahas konsep dasar dan perkembangan jaringan CDMA.
2. Membahas konfigurasi jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO.
3. Membahas kelebihan dan kekurangan dari jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO.
4. Tidak membahas proses *signaling* pada jaringan CDMA20001x maupun CDMA20001x EVDO.
5. Menggunakan data sekunder dari salah satu operator CDMA di Kota Malang dan Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang.

1.5 KONTRIBUSI

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam beberapa hal, antara lain :

1. Dapat memahami bagaimana perancangan jaringan CDMA jika ditinjau dari kepadatan trafik, kapasitas kanal, *radius coverage* BTS, *pathloss* dan lain-lain.
2. Dapat digunakan sebagai bahan acuan kepada pembaca dalam perancangan jaringan CDMA pada teknologi selanjutnya.
3. Dapat digunakan sebagai bahan acuan kepada penyelenggara layanan dalam meningkatkan performansi layanan komunikasi seluler, khususnya CDMA20001x EVDO (*Evolution Data Only*) .

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang teknologi CDMA 20001x dan CDMA 20001x EVDO, konsep dasar dan konfigurasi jaringan CDMA 20001x dan CDMA 20001x EVDO, rumus perhitungan kepadatan trafik, kapasitas sistem, *pathloss* dan radius pada *cell site* eksisting yang direncanakan untuk jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A dan performansi dari kedua jaringan tersebut.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode pengambilan data, yaitu data sekunder dari salah satu provider CDMA di Kota Malang dan Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang, metode pengolahan dan analisis data sekunder, metode pembahasan yang disesuaikan dengan rumusan masalah di atas, dan metode pengambilan kesimpulan dari perhitungan dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

Berdasarkan metode-metode yang digunakan, pembahasan ditekankan mengenai teknologi CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A, konsep dasar dan konfigurasi jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A, analisis perhitungan kepadatan trafik, kapasitas sistem, *pathloss* dan radius sel pada *cell site* eksisting yang direncanakan untuk jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A dan perbandingan performansi dari kedua jaringan tersebut.

BAB V

PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian mengenai implementasi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A di Kota Malang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Teknologi informasi pada bidang telekomunikasi terus berkembang dengan sangat cepat, ditandai dengan adanya peningkatan jumlah pengguna komunikasi seluler pada setiap tahun dan teknologi internet yang terus berkembang mendorong pertumbuhan akan layanan data dengan *data rate* yang semakin tinggi. Untuk mendukung perkembangan akan kebutuhan layanan data, maka diimplementasikan jaringan CDMA 20001x EVDO sebagai pengembangan lebih lanjut dari teknologi CDMA20001x yang sudah lebih awal diimplementasikan. (Masyitha,2008)

Pada bab ini akan dibahas teori penunjang mengenai konsep dasar CDMA, metode komunikasi yang digunakan jaringan CDMA berupa konsep spektrum tersebar (*spread spectrum*) beserta teknik modulasinya, perkembangan jaringan CDMA dengan penjelesan masing-masing teknologinya, teknologi CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO, arsitektur jaringan, dan perhitungan kapasitas.

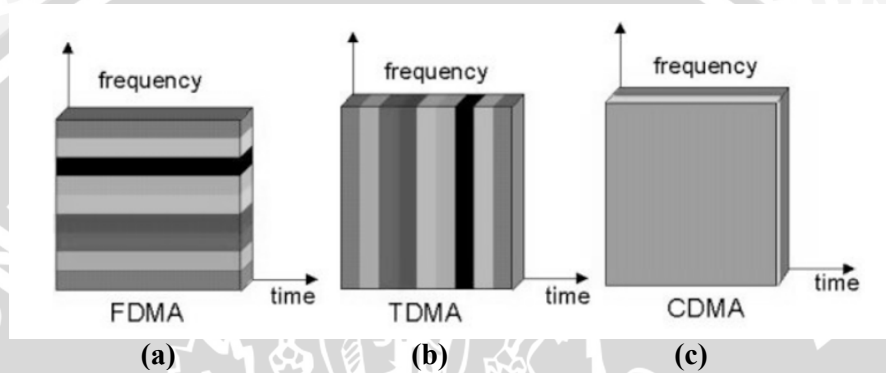
2.2 Jaringan CDMA

CDMA adalah salah satu teknik akses jamak (*Multiple Access*) yang memisahkan percakapan dalam domain kode. Prinsip CDMA menggunakan teknik *spread spectrum* dalam pentransmisian sinyal informasi. Teknik *spread spectrum* sendiri terdiri dari dua jenis teknik modulasi, yaitu *frequency hopping* dan *direct sequences*. Jaringan CDMA mengalami perkembangan baik dari teknologi yang dipakai dan arsitekturnya.

2.2.1 Konsep Dasar CDMA

CDMA merupakan sebuah teknologi *multiple access* yang membagi kanal tidak berdasarkan waktu seperti pada TDMA atau frekuensi seperti pada FDMA, tetapi dengan cara mengkodekan data dengan sebuah kode khusus dan unik yaitu PRCS (*Pseudo – Random Code Sequence*). Sistem CDMA dapat digunakan pada band frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama untuk masing-masing *user*. Teknik dasar CDMA didasarkan pada pengkodean yang berbeda untuk setiap *user* atau biasa

disebut DCS (*Direct Sequence Code*). Kode ini digunakan untuk membedakan masing-masing user ketika terjadi panggilan. CDMA menggunakan teknologi *spread-spectrum* untuk mengedarkan sinyal informasi melalui *bandwidth* lebar (1.25 MHz) dan laju data pada akhir *spreading* sebesar 1,2288Mcps. CDMA menawarkan kapasitas jaringan terbesar untuk melayani lebih banyak pelanggan dibandingkan dengan GSM. *Multiple access* terdiri dari beberapa jenis, yaitu FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), TDMA (*Time Domain Multiple Access*) dan CDMA (*Code Domain Multiple Access*).



Gambar 2.1 Ilustrasi FDMA, TDMA, dan CDMA
(Sumber : Luca De Nardis. 2007)

- **FDMA**

FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) merupakan sebuah metode akses yang membagi akses berdasarkan frekuensi. Masing-masing pengguna menggunakan frekuensi tertentu (privat) dalam proses komunikasi, tiap kanal pembicaraan dibedakan berdasarkan pembagian frekuensi. Tiap-tiap kanal menempati satu frekuensi dengan lebar band 30 KHz. Jadi hanya satu pemakai yang dapat memakai kanal frekuensi tersebut dalam setiap waktunya

- **TDMA**

TDMA (*Time Division Multiple Access*) merupakan sebuah metode akses yang membagi akses berdasarkan waktu. Masing-masing pengguna menggunakan frekuensi khusus namun hanya selama *time slot* tertentu. Jika telah melampaui *time slot* nya maka frekuensinya akan digunakan oleh yang lain, Sedangkan pada sistem TDMA menerapkan pembagian waktu untuk meningkatkan kapasitas sistem. Satu kanal frekuensi dibagi lagi menjadi beberapa *time slot* sehingga kapasitas sistem lebih

meningkat. TDMA diterapkan antara lain pada seluler GSM dimana satu band frekuensi dibagi menjadi delapan *time slot*.

- **CDMA**

CDMA (*Code Division Multiple Access*) merupakan sebuah metode akses yang membagi akses berdasarkan kode. Untuk membedakan pengguna yang satu dengan pengguna yang lain, CDMA menggunakan kode yang berbeda-beda dalam sinyal yang sama (waktu dan frekuensi yang sama), interferensi terjadi karena pengguna yang banyak yang saling berdekatan. Semua user memakai frekuensi pancar yang sama dengan lebar band 1,25 MHz dimana masing-masing kanal dibedakan oleh kode tertentu.

2.2.2 Konsep Spektrum Tersebar (*Spread Spectrum*)

Spread spectrum adalah sebuah metode komunikasi dimana semua sinyal komunikasi disebar di seluruh spektrum frekuensi yang tersedia. Dalam komunikasi *spread spectrum*, semakin lebar *bandwidth* akan semakin tahan terhadap *jamming*, semakin terjamin tingkat kerahasiaannya dan jumlah kanal yang bisa dipakai semakin banyak. Sebuah sistem *spread spectrum* memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Sinyal yang dikirim menduduki *bandwidth* yang jauh lebih lebar dibandingkan dengan *bandwidth* minimum yang diperlukan untuk mengirim sinyal informasi.
2. Pada pengirim terjadi proses *spreading* yaitu menebarkan sinyal informasi dengan bantuan sinyal kode yang bersifat *independen* terhadap informasi.
3. Pada penerima terjadi proses *despreading* terhadap sinyal yang diterima. Pada bagian penerima, digunakan *correlator* untuk menyusun data tersebar sesuai dengan susunannya semula berdasarkan PN Code-nya. Pada proses ini digunakan *bandpass filter* untuk memilih sinyal yang akan digunakan. Sinyal yang diinginkan, dinaikkan dayanya sedangkan sinyal yang tidak diinginkan, dianggap sebagai *noise*.

Konsep komunikasi spektrum tersebar didasarkan pada teori C.E. Shannon untuk kapasitas saluran, yaitu :

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \dots \dots \dots (2-1)$$

Keterangan :

- C = Kapasitas kanal transmisi (bps)
- W = Lebar pita frekuensi transmisi (Hz)

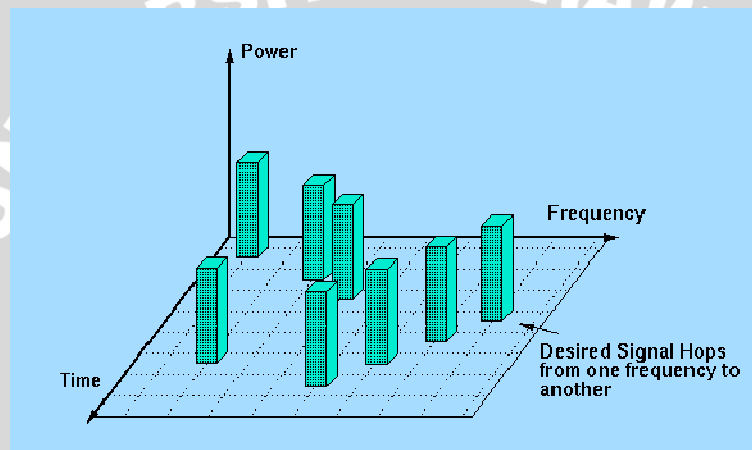
N = Daya derau (Watt)

S = Daya sinyal (Watt)

Terdapat beberapa teknik modulasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan spectrum sinyal, antara lain :

- *Frequency Hopping Spread Spectrum (FH-SS)*

Prinsip *Frequency Hopping* yaitu mengkopii *carrier radio* dari frekuensi ke frekuensi dalam beberapa detik. Dimana frekuensi *carrier* berubah-ubah sesuai dengan deretan kode yang diberikan dan akan konstan selama periode tertentu yang disebut T (*periode chip*).



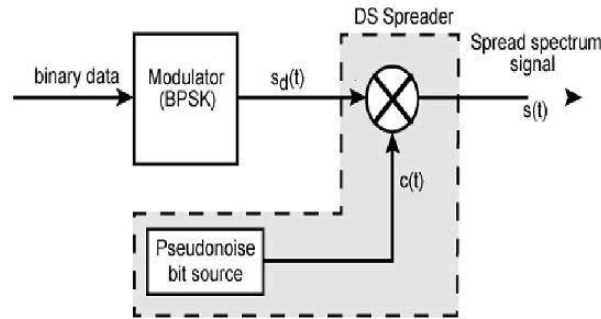
Gambar 2.2 *Frequency Hopping Spread Spectrum*
(Sumber : <http://www.wirelesscommunication.nl>)

- *Direct Sequence Spread Spectrum (DS-SS)*

Direct Sequence Spread Spectrum dipilih karena adanya kemudahan dalam mengacak data yang akan *dispreading*. Dalam *DSSS spreading* hanya menggunakan sebuah generator *noise* yang periodik yang disebut *Pseudo Noise Generator*. Kode yang digunakan pada sistem *spread spectrum* memiliki sifat acak tetapi periodik sehingga disebut sinyal acak semu (*pseudo random*). Pembangkit sinyal kode ini disebut *Pseudo Random Generator (PRG)* atau *pseudo noise generator (PNG)*. PRG inilah yang akan melebarkan dan sekaligus mengacak sinyal data yang akan dikirim. Dalam skema ini, masing masing bit pada sinyal yang asli ditampilkan oleh bit-bit multipel pada sinyal yang ditransmisi, yang dikenal sebagai kode tipis (*chipping*). Kode tipis yang menyebar secara langsung sepanjang *band* frekuensi yang lebih luas sebanding dengan jumlah bit yang digunakan.

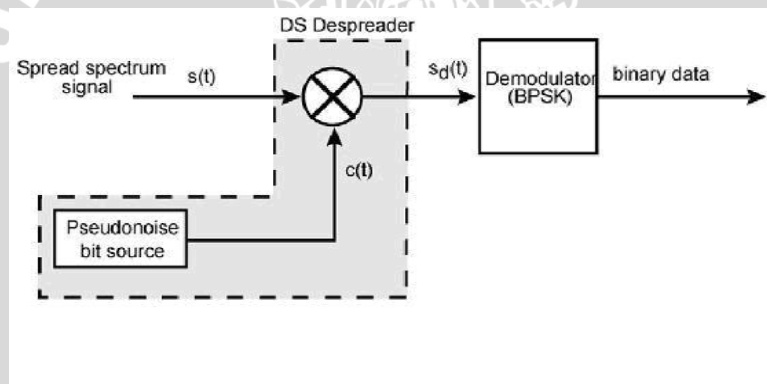
This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>



Gambar 2.3 Direct Sequence Spread Spectrum pada transmitter
 (Sumber : <http://tewe.wordpress.com/2008/05/29/spread-spectrum/>)

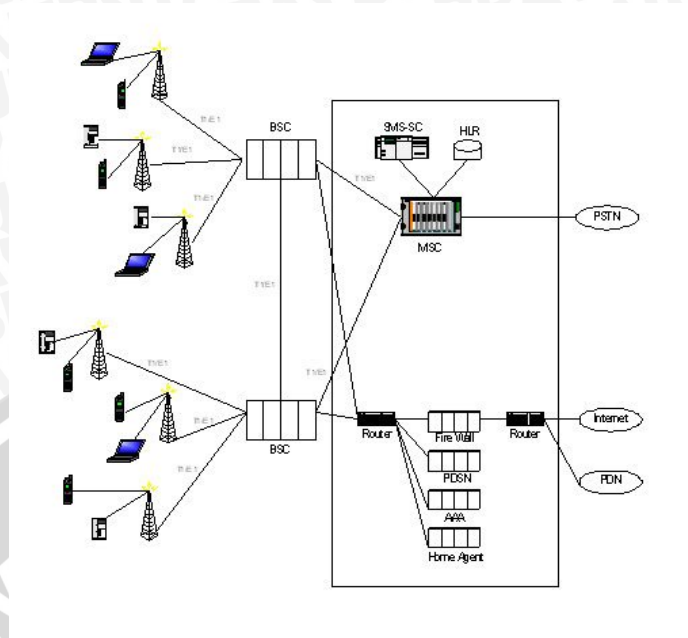
Sedangkan pada sisi penerima, DS-SS terdiri dari tiga bagian utama yaitu demodulator, *despreader* dan blok sinkronisasi deret kode.



Gambar 2.4 Direct Sequence Spread Spectrum pada receiver
 (Sumber : <http://tewe.wordpress.com/2008/05/29/spread-spectrum/>)

2.2.3 Arsitektur Jaringan CDMA

Konfigurasi jaringan CDMA terkait dengan perangkat apa saja yang terdapat pada jaringan tersebut.



Gambar 2.5 Arsitektur Jaringan CDMA

(Sumber : William C.Y.Lee. Mobile Cellular Telecommunication)

2.2.4 Perkembangan Jaringan CDMA

CDMA pertama kali berdasarkan sistem teleponi dengan nama IS-95 dirancang oleh *Qualcomm*. Merk dagang untuk IS-95 adalah *CDMAone*. IS-95 dikenal sebagai TIA-EIA-95 dan menjadi *standard* komunikasi bergerak 2G berdasarkan CDMA. Sama dengan GSM, jaringan ini menyediakan *data rate* mencapai 9,6 kbps.

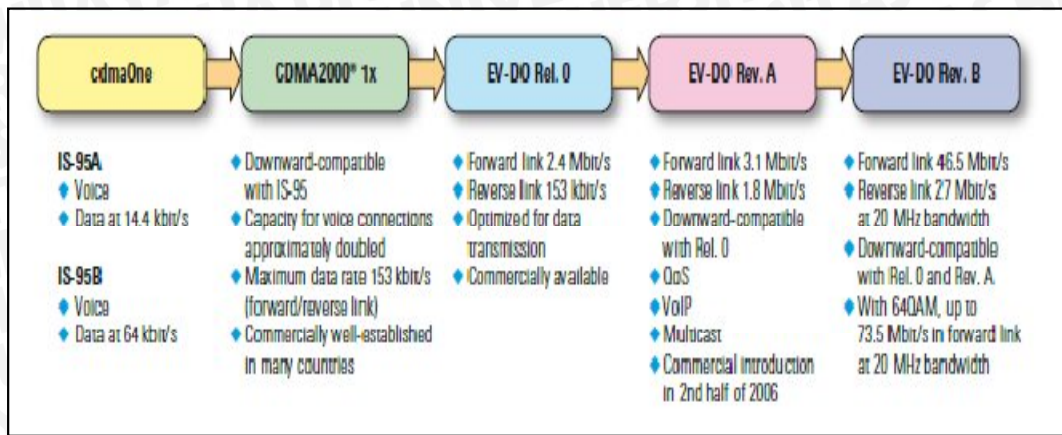
CDMA2000 merupakan evolusi dari *CDMAone*. Standar ini menawarkan beberapa kemampuan yang lebih maju dibandingkan dengan pendahulunya, seperti *data rate* dan peningkatan layanan. Salah satu keuntungan utama dari CDMA2000 adalah dapat dioperasikan dalam *spectrum* yang sama seperti *CDMAOne* yang membuat proses migrasi dari *CDMAOne* ke CDMA2000 menjadi lebih mudah sejak tidak dibutuhkan lagi alokasi *spectrum* baru, tidak seperti sistem GSM ketika bermigrasi ke UMTS atau WCDMA.

Ada beberapa anggota keluarga dari CDMA 2000 yaitu, CDMA2000 1x, CDMA2000 1xEV-DO dan CDMA2000 EV-DV. CDMA20001x merupakan dasar dari semua *standard* berbasis CDMA2000. Jaringan ini memiliki 1,25 MHz RF *bandwidth* dan *data rate* 144 kbps untuk *uplink* dan *downlink*. Perkembangan selanjutnya dari CDMA2000 1x adalah CDMA2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*). Versi Rev.0 dari EVDO menyediakan *data rate* mencapai 2,45 Mbps untuk *downlink* dan

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

0,15 Mbps untuk *uplink*. Untuk versi Rev.A, kecepatan *downlink* mencapai 3,1 Mbps dan *uplink* mencapai 1,8 Mbps. Versi Rev.B dari EVDO masih dalam pengembangan.



Gambar 2.6 Standard Evolusi Anggota CDMA2000

(Sumber : ZTE-STTTelkom Asian Pacific Training, Basic Concept CDMA 20001X)

Jaringan CDMA memiliki berbagai keuntungan jika diaplikasikan dalam sistem seluler. Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain :

- Memiliki pengaruh interferensi yang kecil antara satu sinyal dengan lainnya. Hal ini dikarenakan CDMA hanya membutuhkan satu frekuensi untuk beberapa *sektor/cell*.
- Memiliki tingkat kerahasiaan yang tinggi dimana hal ini berkaitan dengan proses acak pada teknik ini.
- Tidak membutuhkan alokasi dan pengelolaan frekuensi.

2.3 Teknologi CDMA20001x

Teknologi CDMA2000 1x merupakan teknologi CDMA yang menggunakan protokol 2000, terdapat peningkatan *control channel* pada *signaling air interface*, dengan satu kali (1X) *radio transmission*. CDMA 20001x merupakan suatu sistem komunikasi *wireless* dengan spesifikasi IMT-2000 (*International Telecommunication Union-2000*). Dalam spesifikasi ini kecepatan transfer data minimum yang diharuskan adalah 144Kbps. Standarisasi CDMA2000 1x dilakukan berdasarkan spesifikasi IS2000 yang kompatibel dengan sistem IS-95A/B (CDMAone). Dibandingkan dengan IS-95, jaringan CDMA2000 1x mengalami beberapa pengembangan seperti kontrol daya yang lebih baik, *uplink pilot channel*, teknik *vocoder* baru, pengembangan kode *Walsh* serta

perubahan skema modulasi. Sedangkan pada sisi arsitektur jaringan terdapat *Base Station Controller* (BSC) dengan kemampuan *IP Routing*, *BTS multimode* serta PDSN (*Packet Data Serving Network*).

2.3.1 Konsep Dasar Teknologi CDMA20001x

Teknologi ini memiliki *data rate* yang cukup dan mampu menangani koneksi paket data. Layanan suara (*voice*) dan *data call* dapat dilakukan secara serentak. *Fixed Wireless* dan koneksi internet dapat disediakan juga. Contoh *vendor hardware* dari konfigurasi ini adalah Huawei.

Konsep dari CDMA2000 1x ini adalah dengan menggunakan kode-kode berkorelasi, yaitu *walsh code*. Kode ini berfungsi untuk membedakan satu *subscriber* dengan *subscriber* lain di samping sebagai sistem *multiple access* . Proses pengiriman dan penerimaan informasi pada CDMA2000 1x dilakukan dengan cara informasi yang akan dikirim (misal, suara kita) akan diubah menjadi sinyal *digital* melalui *encoder* kemudian disebar (*spreading*) sepanjang *bandwidth* dari kanal CDMA2000 1x dengan menggunakan *walsh code*.

Hal ini bertujuan agar informasi yang dikirim masih dapat dikenali apabila sebagian dari sinyal tersebut ada yang rusak, sebagai contoh karena terkena pantulan dari gedung, *jamming*, dan sebagainya. Selama pengiriman, informasi awal yang telah dikodekan ini akan tercampur dengan derau dasar, interferensi dari luar, interferensi dari sel lain, dan interferensi dari pemakai lain sehingga informasi awal tersebut menjadi sinyal campuran. Selain menggunakan *walsh code* untuk *multiple access*-nya, CDMA2000 1x juga menggunakan *frequency division multiple access* (FDMA) untuk meningkatkan jumlah kapasitas pemakainya dalam suatu sel.

Teknologi CDMA2000 1x ini menggunakan pita lebar (*bandwidth*) mulai dari 1,25 MHz sampai 15 Mhz dan mempunyai alokasi pada frekuensi 450 MHz, 800 MHz (*cellular band*), 1.700 MHz, 1.900 (PCS *Band*), atau 2,1 GHz yang sangat tergantung dari regulasi tiap-tiap negara.

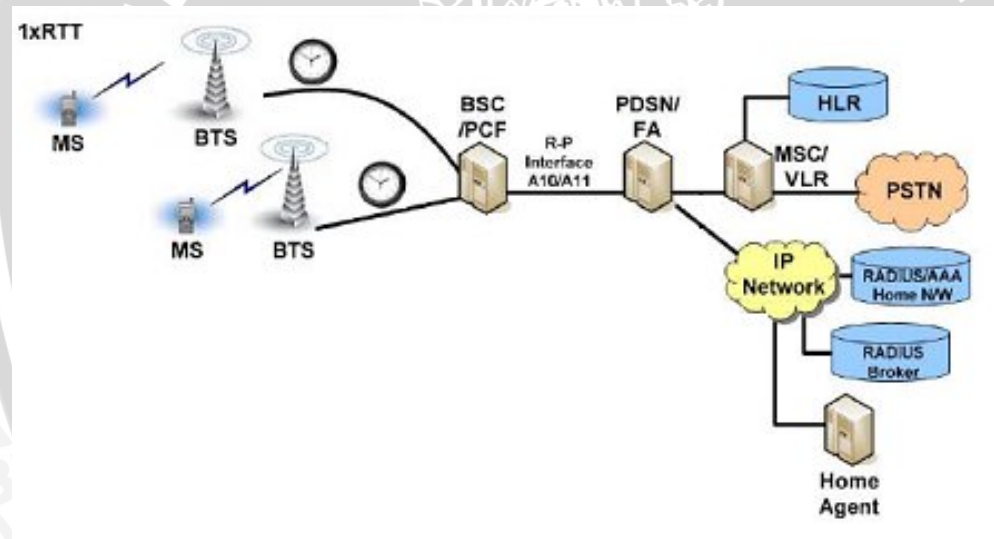
Tabel 2.1 Parameter-Parameter Sistem CDMA2000

Parameter	Konfigurasi	<i>Direct Spread (1x) dan Multi-carrier (3x Forward Link)</i>
<i>Air Interface</i>	<i>Bandwidth</i>	1,25 MHz (1x) dan 3,75MHz (3x)

	<i>Chip/ Spreading Rate</i>	1,2288 Mcps (1x) dan 3,6864 Mcps (3x)
	Sandi Kanal	4-128 bit (1x) dan 4-256 bit (3x)
	Modulasi	QPSK (forward) dan BPSK (reverse)
	Skema Transmit Diversity	<i>Orthogonal Transmit Diversity</i> <i>Space time spreading</i>
Sandi Pengkalan dan Identifikasi Sumber	Kode Channelization	Kode Walsh 4-128 bit
	Kode Identifikasi Sumber Sektor	<i>Short PN (32,768bit) 512 unique Offset</i> , dibangkitkan dengan <i>PN Offset</i>
	Kode Identifikasi Sumber MS	<i>Long PN (2⁴²bit)unique offset</i> Berdasarkan <i>electronic serial number</i> tidak tiap MS tidak ditentukan sector.

(Sumber : <http://purwakarta.org/flash/cdma2000.pdf>)

2.3.2 Arsitektur Jaringan CDMA20001x



Gambar 2.7 Arsitektur Jaringan CDMA2000 1x

(Sumber : Edvian, Rosmida Syarif. Materi Pelatihan Teknologi 1xEVDO Rev-A)

Skema struktur jaringan CDMA2000 1x secara umum terdiri dari :

1. User Terminal

User terminal terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut :

- Fixed terminal
- Portable / handheld

2. Radio Access Network (RAN)

Radio Access Network terdiri dari beberapa komponen berikut :

➤ *Base Transceiver Station (BTS)*

BTS bertanggung jawab untuk mengalokasikan daya digunakan oleh pelanggan serta berfungsi sebagai antarmuka yang menghubungkan jaringan CDMA2000 1x dengan perangkat pelanggan. BTS terdiri dari perangkat radio yang digunakan untuk mengirimkan dan menerima sinyal CDMA.

➤ *Base Station Controller (BSC)*

BSC bertanggung jawab untuk mengontrol semua BTS yang berada di dalam daerah cakupannya serta mengatur rute paket data dari BTS ke PDSN atau sebaliknya serta trafik dari BTS ke MSC atau sebaliknya.

3. *Circuit Core Network (CCN)*

Circuit Core Network terdiri dari beberapa komponen berikut :

➤ *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC diletakkan di pusat jaringan *mobile communication* dan juga bekerja dengan jaringan lain seperti PSTN, PLMN, dll.

➤ *Home Location Register (HLR)*

HLR adalah sebuah database yang menyimpan data dari pelanggan dan informasi lokasi dari pengguna yang bertempat tinggal sama dengan kota tempat MSC berada.

➤ *Visitor Location Register (VLR)*

VLR adalah sebuah *database* yang menyimpan IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) dan informasi dari pelanggan secara sementara untuk setiap *roaming subscriber* yang mengunjungi *coverage area* dari MSC tertentu.

➤ *Packet Control Function (PCF)*

Fungsi utama PCF adalah untuk membentuk, memelihara dan membubarkan hubungan dengan PDSN. PCF berkomunikasi dengan RRC untuk meminta dan mengatur kanal radio untuk menyampaikan paket dari dan ke MS. PCF juga bertanggung jawab mengumpulkan informasi akunting dan meneruskannya ke PDSN.

4. *Packet Core Network (PCN)*

Packet Core Network terdiri dari beberapa komponen berikut :

➤ *Packet Data Serving network (PDSN)*

Merupakan komponen dalam sistem seluler berbasis CDMA2000 1x yang bertujuan untuk mendukung layanan paket data. Fungsi PDSN antara lain :

- Membangun, menjaga dan mengakhiri sesi PPP dengan subc.
- Membangun, menjaga dan mengakhiri pemakaian kanal radio.
- Menginisialisasi AAA untuk MS *client* ke *server* AAA.
- Menerima *service parameter* dari *server* AAA untuk MS *client*.
- Merutekan paket-paket dari dan menuju jaringan data paket luar.

➤ *Authentication, Authorization and Accounting (AAA)*

AAA menyediakan fungsi untuk *authentication* bertalian dengan PPP dan hubungan *mobile IP*, melakukan autorisasi yaitu layanan profil dan kunci keamanan distribusi serta manajemen dan *accounting* untuk jaringan paket data dengan menggunakan protokol *Remote Access Dial in User Service (RADIUS)*. AAA server juga digunakan oleh PDSN untuk berhubungan dengan jaringan suara dari HLR dan VLR.

➤ *Home Agent*

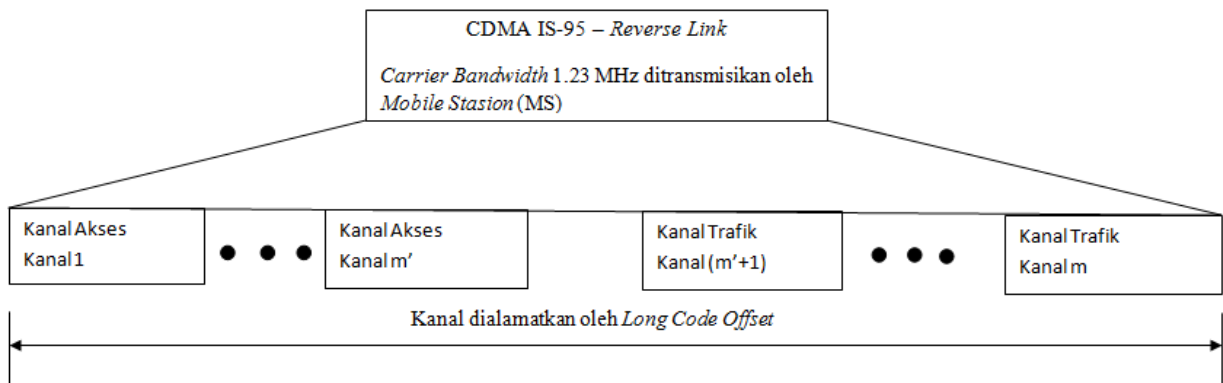
HA berfungsi untuk menelusuri lokasi *mobile station (MS)* sekaligus mengecek apakah paket data telah diteruskan ke MS tersebut.

2.3.3 Model Kanal pada Sistem CDMA2000 1x

Pola kanal CDMA disusun dari beberapa kanal AMPS. Untuk menyediakan satu *carrier* CDMA maka dibutuhkan 41 buah kanal AMPS (30 KHz), sehingga satu *carrier* CDMA sebesar 1,23 MHz (41 x 30 KHz) dan *guard band* dibutuhkan 9 buah kanal AMPS. Kanal fisik CDMA didefinisikan untuk kanal arah *forward* diidentifikasi dengan 64 kode Walsh sedangkan kanal arah *reverse* diidentifikasi dengan *long PN code sequence*.

2.3.3.1 Reverse Link

Perbedaan utama struktur kanal *reverse* pada sistem IS-95 dan CDMA2000 1x adalah adanya kanal pilot yang memungkinkan demodulasi secara koheren dan menyediakan informasi *power control*. Pelanggan pada arah *reverse* dipisahkan dengan perbedaan *time offset*. Untuk mengantisipasi terjadinya *multipath* dan *delay*, maka *time offset* antar kode dipisahkan minimal sebesar 64 *chips*. Sedangkan kanal-kanal pada arah *reverse* dibedakan dengan menggunakan kode Walsh yang ortogonal. Berikut ini struktur kanal yang ditransmisikan oleh MS pada arah *reverse* :



Gambar 2.8 Reverse CDMA Link

(Sumber : ZTE-STTTelkom Asian Pacific Training, Basic Concept CDMA 20001X)

Kanal-kanal yang ditransmisikan pada arah *reverse* dapat dikategorikan menjadi :

A. Access Channel (R-ACH)

Access Channel adalah *code channel* yang digunakan oleh *mobile station* untuk melakukan komunikasi data dan suara dengan BS, untuk merespon pesan *paging channel* dan pengalamatan panggilan. Satu atau lebih *access channel* dipasangkan dengan setiap *paging channel*.

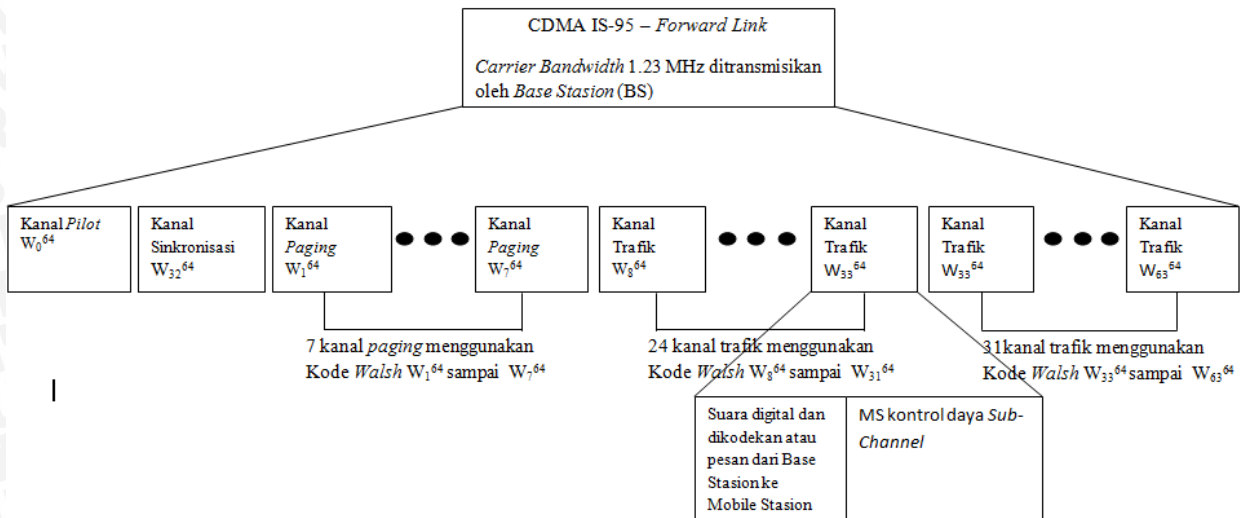
B. Reverse Traffic Channel

Reverse traffic channel digunakan untuk pengiriman informasi *user* dan *signaling* menuju BS selama panggilan.

2.3.3.2 Forward Link

Pada komunikasi arah *forward*, sinyal dari sel atau sektor yang berbeda dipisahkan dengan pembedaan *time offset* dari dua buah kode pendek (*short code*) dengan panjang 215*chips*, satu untuk kanal I dan satu untuk kanal Q. Untuk mengantisipasi terjadinya *multipath* dan *delay* maka *time offset* antar kode dipisahkan minimal 64 *chips*.

Berikut ini struktur kanal pada arah *forward link* :



Gambar 2.9 Forward CDMA Link

(Sumber : ZTE-STTTelkom Asian Pacific Training, Basic Concept CDMA 20001X)

Kanal-kanal yang ditransmitkan pada arah *forward* dapat dikategorikan menjadi :

A. Pilot Channel

Kanal Pilot sering disebut dengan *Up* dan *Down link*. Digunakan oleh pesawat pelanggan untuk mendapatkan inisial sistem sinkronisasi (keperluan sinkronisasi awal) dan membedakan *cell site* yaitu mengenal dan mensinkronkan kode generator yang dikirim dari BTS. Setiap sektor dari masing-masing call site memiliki kanal pilot yang unik. Kanal pilot pada MS juga menyediakan time, frekuensi dan phase tracking signal dari cell site.

B. Synchronisation Channel

Menyediakan MS dengan *network information* yang berhubungan dengan identifikasi *cell site*, *pilot transmit power* dan *cell set PN Offset* dengan informasi tersebut, MS dapat menetapkan sistem *time* sesuai dengan *level transmit power* yang digunakan untuk memulai suatu *call*. Disebarkan dengan kode *walsh 32* (W_{32}) pada *chip rate* 1,288 Mbps dan dipancarkan oleh *base station* secara kontinyu.

C. Paging Channel

Digunakan oleh sistem CDMA untuk mengirimkan pesan-pesan yang ditujukan pada MS. *Paging channel* mengirimkan informasi pada kecepatan data 9600 bps atau 4800 bps dengan durasi *frame* 20 ms. *Paging channel* menggunakan Kode Walsh 1 sampai 7.

D. *Forward Traffic Channel*

Digunakan untuk pengiriman informasi *user* dan informasi *signalling* ke MS selama panggilan. BS mengirimkan informasi dalam *traffic channel* pada *bit rate* yang bervariasi, yaitu : 9600, 4800, 2400 dan 1200 bps. Setiap *traffic channel* dibedakan secara unik oleh kode *walsh* dimana kode *walsh* yang telah dialokasikan untuk MS dalam suatu sel *omnidirectional* tidak dapat digunakan oleh MS lain di dalam sel tersebut selama berlangsungnya pembicaraan.

2.3.4 Kelebihan Teknologi CDMA2000 1x

Teknologi CDMA memiliki kelebihan yang sangat penting dibandingkan dengan teknologi lainnya.

- CDMA2000 1x lebih tahan terhadap gangguan cuaca dan interferensi, oleh karena itu, pengaruh noise CDMA relatif rendah, sehingga menghasilkan kualitas suara yang sangat baik.
- CDMA tidak dapat digandakan (kloning) karena setiap pelanggan diberikan kode yang berbeda. Kode-kode ini sangat sulit dilacak karena bersifat acak.
- Kapasitas yang besar. Pada penggunaan spectrum yang sama kapasitas CDMA lebih besar dari GSM. Hal ini disebabkan CDMA lebih irit dalam pemakaian frekuensi.
- CDMA-2000 1x dapat mengirim data dengan kecepatan hingga 144 Kbps, sementara GSM 9,6 Kbps. Sehingga dapat mendukung layanan SMS, MMS, *main game* dan *down load data* melalui internet.

2.4 Teknologi CDMA20001x EVDO

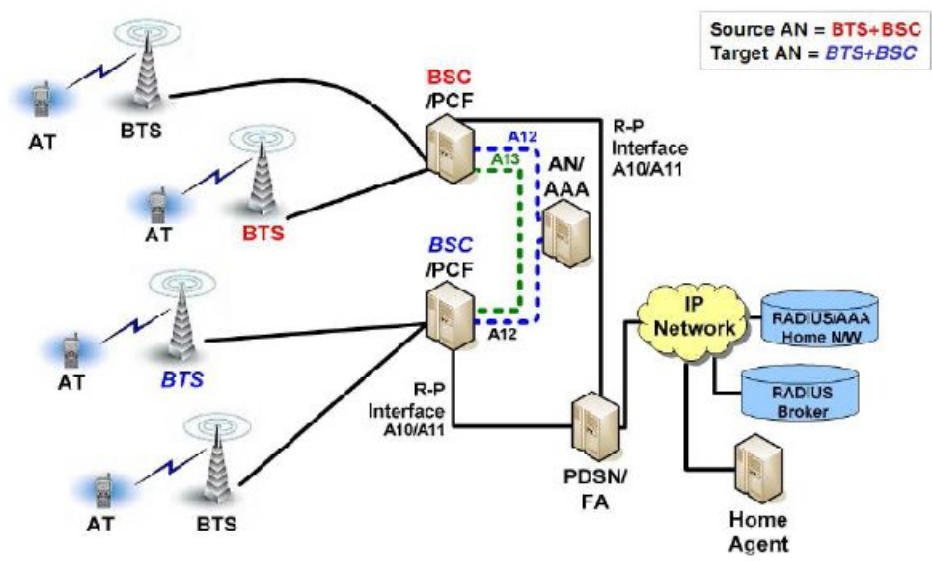
Teknologi 1x EV-DO merupakan evolusi dari CDMA2000 dengan *air interface* yang optimazed untuk pengiriman data *wireless* berkecepatan tinggi (contoh: internet) ke terminal *mobile* dan *fixed*. EVDO Rev. A menawarkan peningkatan pada kecepatan di dua jalur *forward* dan *reverse* dengan cara melakukan perbaikan pada penurunan nilai *latency* dan meningkatkan kemampuan *data rate*-nya sehingga kualitas transmisi data menjadi lebih efisien. Peningkatan juga dilakukan dengan cara mengganti *card* fungsi antena pada BTS yang semula *card* antena hanya mentransmisikan layanan suara, menjadi *card* antena yang mampu mentransmisikan layanan data dan menjadikan BTS ke IP BTS. Teknologi CDMA20001x EVDO Rev-A menitikberatkan *peak data*

rate downlink mencapai 3,1 Mbps dan peak data rate uplink 1,8 Mbps bisa dikatakan juga untuk throughputnya 600 s/d 1300 kbps.

2.4.1 Konsep Dasar Jaringan CDMA20001x EVDO

CDMA 20001x EVDO didesain untuk meningkatkan layanan paket data untuk berbagai aplikasi antara lain *Web browsing, File transfer, VoIP, video conferencing, Streaming video, Wireless Network Gaming, Push to Talk* dan *Push to Media*. CDMA20001x EVDO didesain mempunyai *bandwidth* yang sama dengan CDMA2000 1x/IS-95 yaitu 1,25 MHz. Teknologi EVDO juga sangat cocok digunakan untuk aplikasi *delay sensitive* (aplikasi yang mengharuskan koneksi internet cepat secara kontinyu) semacam *Voice Over IP (VoIP)*, dengan menggunakan teknologi ini, sehingga suara yang dihasilkan lebih jernih. Aplikasi lain dari teknologi ini adalah *transfer video* pada perangkat *video surveillance* yang sudah didukung *protocol IP*. Teknologi EVDO Rev-A memiliki fitur *Service Control* yang dapat mengenali trafik data apa saja yang sedang melewatinya sekaligus mampu untuk memberikan prioritas terhadap paket tersebut. Pemberian prioritas ini juga dapat dilakukan berdasarkan *profile* dari pelanggan. Fitur ini akan sangat berguna untuk mengatur lalu lintas data yang akan lewat pada jaringan EVDO.

2.4.2 Arsitektur Jaringan CDMA20001x EVDO



Gambar 2.10 Arsitektur jaringan CDMA20001x EVDO

(Sumber : Edvian, Rosmida Syarif. Materi Pelatihan Teknologi 1xEVDO Rev-A)

Komponen-komponen pembangun jaringan CDMA20001x EVDO, antara lain :

A. AT(Access Terminal)

Mempunyai fungsi utama untuk membentuk, memelihara hubungan (*voice* dan *data*) dengan jaringan. MS membentuk hubungan dengan meminta kanal radio dari AN. Setelah hubungan terbentuk, MS bertanggung jawab untuk menjaga kanal radio tersebut dan melakukan *buffer* paket jika kanal radio sedang tidak tersedia. MS biasanya mendukung enkripsi dan protokol seperti *Mobile IP* dan *Simple IP*.

B. BTS (Base Transceiver Station)

Berfungsi sebagai antar muka yang menghubungkan antara MSC dengan pelanggan dan bertanggung jawab untuk mengalokasikan daya yang digunakan oleh pelanggan. BTS terdiri dari perangkat radio yang digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal CDM. Mengontrol aspek-aspek dalam *system* yang berhubungan dengan performasi jaringan. BTS mengontrol *forward power* (dialokasikan untuk *traffic overhead* dan *soft handoff*) dan penggunaan kode *Walsh*.

C. BSC (Base Station Controller)

Bertanggung jawab mengontrol semua BTS yang ada di daerah cakupannya, mengatur rute paket data dari BTS ke PDSN (*Packet Data Service Node*) atau sebaliknya. BSC untuk 3G atau *Radio Network (RN)* terdiri dari dua komponen, yaitu *Packet Control Function (PCF)* dan *Radio Resources Control(RRC)*. Fungsi utama PCF adalah untuk membentuk, memelihara dan membubarkan hubungan dengan PDSN. PCF berkomunikasi dengan RRC untuk meminta dan mengatur kanal radio untuk menyampaikan paket dari dan ke MS. PCF juga bertanggung jawab mengumpulkan informasi akunting dan meneruskannya ke PDSN. RRC mendukung otentikasi dan otorisasi MS untuk mendapatkan akses radio. RRC juga mendukung enkripsi *air interface* bagi MSMSC (*Mobile Switching Center*) sering juga disebut *interface* antara BSC-BSC dengan PSTN dan jaringan data (ISDN) melalui *gateway MSC (G-MSC)*.

D. PDSN (Packet Data Serving Node)

PDSN merupakan komponen yang terdapat dalam sistem seluler berbasis CDMA 20001x yang bertujuan untuk mendukung layanan paket data. Beberapa fungsi PDSN antara lain :

- Membentuk, memelihara, dan memutuskan sesi *point-to-point protocol (PPP)* dengan pelanggan.

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

- Melakukan *routing* paket jaringan ke IP atau HA.
- Membentuk, memelihara, dan memutuskan hubungan dengan *radio network* melalui *interface radio-packet*.
- Mengumpulkan data autentifikasi, otorisasi, dan akunting yang diperlukan oleh AAA. Sebagai balasannya PDSN menerima parameter-parameter profil pelanggan yang berisi jenis-jenis layanan dan keamanan.

E. HA (*Home Agent*)

HA berfungsi untuk menelusuri lokasi *mobile station*, sekaligus mengecek apakah paket data telah diteruskan ke *mobile station* tersebut. HA berperan dalam implementasi protokol *Mobile IP* dengan meneruskan paket-paket ke PDSN dan sebaliknya. HA menyediakan keamanan dengan melakukan otentikasi MS melalui pendaftaran *Mobile IP*. HA juga menjaga hubungan dengan AAA untuk menerima informasi tentang pelanggan.

F. AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*)

AAA menyediakan fungsi untuk *authentication* berkaitan dengan PPP dan hubungan *mobile IP*, melakukan *authorisasi* yaitu layanan profil dan kunci keamanan distribusi dan manajemen, dan *accounting* untuk jaringan paket data dengan menggunakan protocol RADIUS (*Remote Access Dial In User Service*). AAA server juga digunakan oleh PDSN untuk berhubungan dengan jaringan suara dari HLR dan VLR.

2.4.3 Struktur Link Jaringan CDMA20001x EVDO

2.4.3.1 Forward Link

Adapun fitur dari forward link adalah sebagai berikut:

1. Struktur forward link pada EVDO berbeda dengan CDMA2000 1x atau IS-95. Forward link pada EVDO adalah *Time Division Multiplexed* (TDM) yang berlawanan dengan *Code Division Multiplexed* (CDM) pada CDMA20001x atau IS-95.
2. Power yang *full* diberikan pada *user* tidak menggunakan *power control* sebagaimana yang ada pada CDMA20001x atau IS-95.
3. *Data rate* yang bervariasi dari 38,4 Kbps hingga 2,4 Mbps yang menyesuaikan dengan perubahan kondisi kanal. Hal ini kontras dengan CDMA2000 1x atau IS-

- 95, yang menggunakan *power control* untuk mengubah *power* transmisi untuk mengatasi perubahan pada kondisi kanal.
4. Setiap carrier EVDO menyediakan data channel yang dibagi menjadi 1,67 ms slot, dimana setiap slot terdiri dari 2048 *Pseudorandom noise* (PN) *chip*.
5. Ukuran paket pada *physical layer* bervariasi dari 1 hingga 16 slot. Variasi ukuran paket tergantung pada *data rate* dan *coding rate* atau skema modulasi untuk mengoptimalkan efisiensi spektrum dengan beradaptasi pada kanal yang berubah terhadap waktu
6. Modulasi yang digunakan adalah QPSK/8-PSK/16 QAM.

2.4.3.2 Reverse Link

Adapun fitur dari *reverse link* pada EVDO adalah sebagai berikut ;

1. Transmisi *Access Terminal* (AT) pada *reverse link* adalah *Code Division Multiplexed*, sama halnya pada CDMA2000 1x/IS-95.
2. *Data rate* bervariasi dari 9,6 kbps hingga 153 Kbps.
3. Disusun dari 26,66 ms *frame* pada *physical layer*.
4. Menggunakan modulasi BPSDK untuk semua *data rate*.

2.4.4 Karakteristik Layanan CDMA 20001x EVDO

Sesuai standar 3GPP TS 123.107, ada empat kelas layanan berdasarkan QoS nya. Faktor utama yang membedakannya adalah sensitivitasnya terhadap *delay*, yang mana kelas *conversational* menempati prioritas paling tinggi, disusul dengan kelas *streaming*, *interaktif*, dan yang terendah adalah kelas *background*. Jika dalam jaringan *resource* yang mendekati kondisi *overload*, maka trafik dengan prioritas tinggi akan diutamakan, sedangkan yang terendah akan ditunda (*buffering*).

Spesifikasi 3G menetapkan empat kelas layanan, di antaranya :

1. **Conversational**, hal ini dikarakteristikan dengan rendahnya *delay*, *jitter* (variasi *delay*), dan *error*. Kebutuhan akan laju data dapat bervariasi, tetapi secara umum bersifat simetris.. Suara dan data termasuk dalam kategori ini.
2. **Interactive**, interaktif trafik dikarakteristikan dengan toleransi yang rendah terhadap *error*, tetapi memiliki toleransi terhadap *delay* yang lebih tinggi dari pada layanan *conversational*.

3. **Streaming**, layanan *streaming* mempunyai toleransi *error* yang rendah, tetapi pada umumnya mempunyai toleransi yang tinggi terhadap *delay* dan *jitter*.
4. **Background**, hal ini dikarakteristikan dengan sangat kecilnya *delay*. Contohnya adalah pengiriman *email* dari *server* ke *server* dan SMS .

2.5 Pertambahan Jumlah Penduduk

Prediksi pertambahan jumlah penduduk hingga beberapa tahun kedepan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan jaringan karena menentukan kebijaksanaan dan strategi dalam pengembangan sistem. Besarnya jumlah penduduk yang didapatkan akan berpengaruh dalam perhitungan pelanggan CDMA. Nantinya jumlah penduduk ini akan dikalikan dengan prosentase pelanggan CDMA di Kota Malang. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode deret berkala (time series). Metode deret berkala terdiri dari 3 jenis trend, yaitu trend linier, trend kuadrat dan trend eksponensial.

- Trend Linier

Persamaan umum trend linier :

$$Y' = a + b.X \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan :

- Y' = Variabel tak bebas hasil ramalan (kepadatan pelanggan)
- X = Variabel bebas berupa periode waktu
- a dan b = Konstanta

Bila jumlah pengamatan sebanyak n, maka dari persamaan di atas diperoleh:

$$\begin{aligned} \Sigma Y &= n.a + b.\Sigma X \\ \Sigma XY &= a.\Sigma X + b.\Sigma X^2 \dots\dots\dots (2-3) \end{aligned}$$

Keterangan :

- X = Unit periode waktu pengamatan (mulai 0,1,2,3 dan seterusnya)
- Y = Data kepadatan pelanggan sebenarnya.

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, akan diperoleh konstanta a dan b sehingga jumlah pertambahan penduduk yang diperkirakan akan diperoleh.

- Trend Kuadratik

Metode Trend Kuadratik biasanya sebagai persamaan parabola. Bentuk umum persamaan ini adalah :

$$Y' = a + b.X + c.X^2 \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan :

Y' = Variabel tak bebas hasil ramalan (kepadatan pelanggan)

X = Variabel bebas berupa periode waktu

a, b, dan c = Konstanta

Untuk mencari hasil dari a, b dan c maka digunakan persamaan-persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \Sigma Y &= a.n + b.\Sigma X + c.\Sigma X^2 \\ \Sigma XY &= a.\Sigma X + b.\Sigma X^2 + c.\Sigma X^3 \\ \Sigma X^2 Y &= a.\Sigma X^2 + b.\Sigma X^3 + c.\Sigma X^4 \end{aligned} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

X = Unit periode waktu pengamatan

Y = Data kepadatan pelanggan sebenarnya

Dengan mengeliminasi ketiga persamaan di atas, akan diperoleh konstanta a, b dan c sehingga jumlah pertumbuhan penduduk yang diperkirakan akan diperoleh.

- Trend Eksponensial

Persamaan umum trend eksponensial:

$$Y' = a.bX \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan :

Y' = Variabel tak bebas hasil ramalan (kepadatan pelanggan)

X = Variabel bebas berupa periode waktu

a dan b = Konstanta

Bentuk persamaan metode Trend Eksponensial tersebut dapat diubah menjadi bentuk persamaan linier sebagai berikut :

$$Y' = a.bX$$

$$\text{Log} Y' = \log a.bX$$

$$\text{Log} Y' = \log a + \log bX \dots\dots\dots (2-7)$$

$$\text{Log} Y' = \log a + X.\log b$$

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

$$Y_0 = a_0 + b_0X \dots\dots\dots (2-8)$$

Sehingga :

$$Y' = 10^{Y_0} \dots\dots\dots (2-9)$$

$$Y' = 10^{a_0 + b_0X}$$

Konstanta a_0 dan b_0 dapat dicari dengan mengeliminasi kedua persamaan berikut :

$$\Sigma \log Y = n \log a_0 + \log b_0 . \Sigma X$$

$$\log a_0 = \frac{\Sigma Y_0 - b_0 \Sigma X}{n}$$

$$\Sigma X \log Y = \log a_0 . \Sigma X + \log b_0 . \Sigma X^2 \dots\dots\dots (2-10)$$

$$b_0 = \frac{\Sigma XY_0 - a_0 \Sigma X}{\Sigma X^2}$$

Keterangan :

X = Unit periode waktu pengamatan

Y = Data kepadatan pelanggan sebenarnya

2.6 Kapasitas OBQ (*Offered Bit Quantity*)

Dengan diketahuinya besar kebutuhan trafik, maka dapat direncanakan berapa kapasitas maksimum jaringan yang akan dibangun. Pada penelitian ini menggunakan OBQ untuk estimasi kebutuhan trafik total layanan yang dapat disediakan.

Langkah pertama untuk mendapatkan OBQ adalah dengan menentukan jumlah pengguna potensial. Jumlah pengguna potensial tersebut dihitung per-Km² untuk setiap daerah pendimensionan, pada penelitian ini meliputi daerah urban dan sub-urban. Setelah didapatkan pengguna potensial per-Km² maka dikalikan dengan penetrasi pengguna tiap layanan sehingga akan didapatkan pengguna aktual per layanan per-Km². Kemudian jumlah pengguna aktual per layanan per-Km² akan dikalikan dengan

panggilan selama jam sibuk (*Busy Hour Call Attempt*). Dengan demikian perkalian antara pengguna aktual per layanan per-Km² dengan panggilan selama jam sibuk akan menghasilkan nilai yang sebanding dengan jumlah pengguna yang aktif selama jam sibuk untuk 1 Km². Dan setelah itu *throughput* layanan dengan satuan Kbps akan dikalikan dengan durasi panggilan efektif dan jumlah pengguna yang aktif selama jam sibuk untuk 1Km². Hasil akhir dari perhitungan ini didapatkan suatu nilai OBQ yang menunjukkan jumlah total bit *throughput* per Km² pada jam sibuk. Persamaan untuk mendapatkan nilai OBQ ditunjukkan berikut ini :

$$OBQ = \delta \times p \times d \times BHCA \times BW \text{ (kbps/km}^2 \text{)} \dots\dots\dots(2-11)$$

Keterangan :

- δ = Kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah (user/km²)
- p = Penetrasi pengguna tiap layanan
- d = Durasi atau lama panggilan efektif (second)
- BW = *Bandwidth* tiap layanan (kbps)
- $BHCA$ = *Busy Hour Call Attempt* (Call/second)

2.7 Kapasitas Sistem

Kapasitas selular pada CDMA dapat didefinisikan sebagai kanal yang dapat disediakan dalam 1 *bandwidth* sebesar 1,25 MHz. Kapasitas pada sistem CDMA ini dipengaruhi oleh faktor aktifitas trafik yang dapat berupa *voice* maupun data, faktor interferensi dari sel tetangga yang lain, faktor kontrol daya yang tidak sempurna serta faktor sektorisasi. Kapasitas kanal sel CDMA dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu *primary traffic* dan *secondary traffic*. Untuk *primary traffic* hanya digunakan sebagai kanal suara sedangkan untuk *secondary traffic* digunakan sebagai kanal untuk pentransmisi data. Pada analisis ini dibatasi hanya kondisi *secondary traffic*. Berikut ini diberikan persamaan untuk menentukan kapasitas kanal sel CDMA yang menggunakan antena dengan pancaran ke segala arah (*omnidirectional*). Dalam perhitungan kapasitas sel, langkah awal yang harus dilakukan yaitu menghitung besarnya *processing gain* yang merupakan perbandingan antara *chiprate* dengan *data rate*, dimana *data rate* yang digunakan yaitu 9600 kbps. Setelah diketahui besarnya *processing gain*, kemudian dikalikan dengan faktor kontrol daya yang tidak sempurna yang besarnya tergantung pada interferensi margin. Perkalian *processing gain* dengan faktor daya tidak sempurna tadi selanjutnya dibagi dengan E_b/N_0 , E_b/N_0 menyatakan

rasio besarnya energy per bit yang dipancarkan terhadap *thermal noise*, dimana semakin besar nilai E_b/N_0 yang diberikan maka besarnya kapasitas user yang dapat terlayani akan semakin kecil. Selanjutnya dibagi lagi dengan faktor aktivitas trafik data sebesar 1 dan faktor interferensi sel lain sebesar 0,7. Hasil akhir dari perhitungan ini didapatkan suatu nilai kapasitas user maksimum (M_{max}) yang dapat terlayani per-sel disuatu wilayah. Besarnya kapasitas user ini juga bergantung pada interferensi yang ada, saat interferensi dari sel lainnya mebesar, maka jumlah user yang dapat terlayani akan semakin kecil.

$$M_{max} = G_p \left[\frac{\eta_c}{\frac{E_b}{N_0} \cdot V_f \cdot (1+f)} \right] \dots\dots\dots(2-12)$$

Keterangan :

- M_{max} = Kapasitas kanal maksimum (user)
- G_p = Processing *gain* atau senilai dengan (W/R)
- E_b/N_0 = Rasio energi tiap bit terhadap *thermal noise* (dB)
- η_c = Faktor kontrol daya yang tidak sempurna ($1-10^{0,1x\eta}$)
- V_f = Faktor aktivitas trafik *voice* = 0,4 dan data = 1
- f = Faktor interferensi dari sel lain = 0,7

2.8 Bit Rate

Bit Rate adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi yang dinyatakan dengan persamaan :

$$R = Bw_{Kanal} \times \log n \dots\dots\dots(2-13)$$

Keterangan :

- R = *Bit Rate* (bps)
- Bw = *Bandwidth* kanal yang digunakan (Hz)
- n = Banyaknya simbol

Nilai suatu *bit rate* akan berbeda sesuai dengan jenis modulasi yang digunakan. Modulasi yang digunakan pada jaringan CDMA adalah modulasi BPSK (*reverse link*) dan modulasi QPSK, 8-PSK dan 16-QAM (*forward link*).

2.9 Efisiensi Cakupan dan *Link Budget*

Link budget memperhitungkan semua hal yang berhubungan dengan sistem transmisi dari BTS ke *user*, yaitu *pathloss*, daya pancar BTS, sensitivitas penerima, *gain antenna* pemancar dan penerima, rugi-rugi yang lain (rugi-rugi saluran transmisi, rugi-rugi bangunan, dan sebagainya). Radius sel maksimum dari perangkat dicari dengan model propagasi Okumura-Hatta dan cost 231. Yang membedakan kedua model ini adalah dari penggunaan frekuensi. Rentang frekuensi model Okumura-Hatta (150-1500MHz) sedangkan model Cost231 (1500-2000MHz).

2.9.1 Model Propagasi Okumura-Hatta

Pada pengukuran model Okumura Hatta ini daerah pengukurannya dibedakan menjadi 3 kategori, yaitu :

a. Rural

Kawasan rural adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama pertanian, termasuk pengelolaan sumber daya alam dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman pedesaan. Ciri-ciri kawasan rural yaitu wilayah yang cukup luas, jumlah bangunan sedikit dan jarang, alam terbuka. Populasi penduduk pada wilayah ini masih rendah berkisar 500/2,56 Km².

b. Sub Urban

Sub urban adalah wilayah dimana para penglaju / *commuter* tinggal yang letaknya tidak jauh dari pusat kota. Penglaju atau *commuter* adalah orang-orang yang tinggal di pinggiran kota yang pulang pergi ke kota untuk bekerja setiap hari. Ciri-ciri daerah sub urban jumlah bangunan yang mulai padat, tinggi bangunan rata-rata antara 12 – 20 m dan lebar 10-15 m. Tingkat kepadatan penduduk daerah ini sudah padat, namun trafik percakapan telepon masih terjadi pada saat-saat tertentu saja.

c. Urban

Kawasan perkotaan (urban) adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi. Ciri-ciri daerah urban memiliki gedung-gedung yang rapat dan terdiri dari 5-10 lantai, kepadatan populasi mencapai 7500-20000/2,56 Km². Pada

daerah ini trafik penggunaan telepon sudah sangat tinggi dan kepadatan trafik terjadi setiap saat.

- Untuk daerah Urban (kota) :

$$L_{U(dB)} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log d \dots(2-14)$$

Keterangan :

L_U = Rugi propagasi daerah urban (dB)

f = Frekuensi (MHz)

h_b = Tinggi antenna BS (m)

h_m = Tinggi antenna MS (m)

d = Jarak antara MS dan BS (km)

C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f \leq 1500$ MHz

= 46,30 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f \leq 1500$ MHz

= 33,90 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

$a(h_m)$ merupakan faktor koreksi tinggi antenna penerima efektif yang nilainya sebagai berikut :

- Untuk Kota Kecil dan Menengah (Suburban)

$$a(h_m)_{(dB)} = (1,1 \log f_c - 0,7) h_m - (1,56 \log f_c - 0,8) \dots(2-15)$$

- Untuk Kota Besar (Urban)

$$a(h_m) = 8,29 (\log 1,54 h_m)^2 - 1,1 ; \text{ untuk } f_c \leq 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_m) = 3,2 (\log 11,75 h_m)^2 - 4,97 ; \text{ untuk } f_c > 300 \text{ MHz} \dots(2-16)$$

- Untuk Daerah Sub Urban

$$L_{SU(dB)} = L_{U(dB)} - 2 [\log f_c / 28]^2 - 5,4 \dots(2-17)$$

- Untuk Daerah Open Rural

$$L_{OR(dB)} = L_{U(dB)} - 4,78 (\log f_c)^2 + 18,33 \log f_c - 40,94 \dots(2-18)$$

Keterangan :

h_b = Tinggi antenna BS (30m – 200m)

h_m = Tinggi MS (1 - 10 m)

f_c = Frekuensi Carrier (150-2000 MHz)

d = Jarak antara BS dengan MS (km)

2.9.2 Model Cost 231

Persamaan *Loss Propagation* untuk Model Cost 231 sebagai berikut :

$$L_U = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_T - a(h_R) + (44,9 - 6,55 \log h_T) \log d + C_m \dots (2-19)$$

Keterangan :

- L_U = Rugi propagasi (dB)
- f_c = Frekuensi (MHz)
- h_T = Tinggi antenna BS (m)
- h_R = Tinggi antenna MS (m)
- d = Jarak antara MS dan BS (km)
- $a(h_R)$ = Faktor koreksi tinggi antenna MS (dB)
- C_m = Faktor koreksi ; $C_m = 0$ dB untuk daerah kota menengah (suburban)
 $C_m = 3$ dB untuk daerah pusat kota (urban)

$a(h_R)$ merupakan faktor koreksi tinggi antenna penerima efektif yang nilainya sebagai berikut :

- Untuk Kota Kecil dan Menengah (Suburban)

$$a(h_R)_{(dB)} = (1,1 \log f_c - 0,7) h_m - (1,56 \log f_c - 0,8) \dots (2-20)$$

- Untuk Kota Besar (Urban)

$$a(h_m) = 8,29 (\log 1,54 h_m)^2 - 1,1 ; \text{ untuk } f_c \leq 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_R) = 3,2 (\log 11,75 h_m)^2 - 4,97 ; \text{ untuk } f_c > 300 \text{ MHz} \dots (2-21)$$

• Untuk Daerah Sub Urban

$$L_{SU} (dB) = L_U (dB) - 2 [\log f_c / 28]^2 - 5,4 \dots (2-22)$$

• Untuk Daerah Open Rural

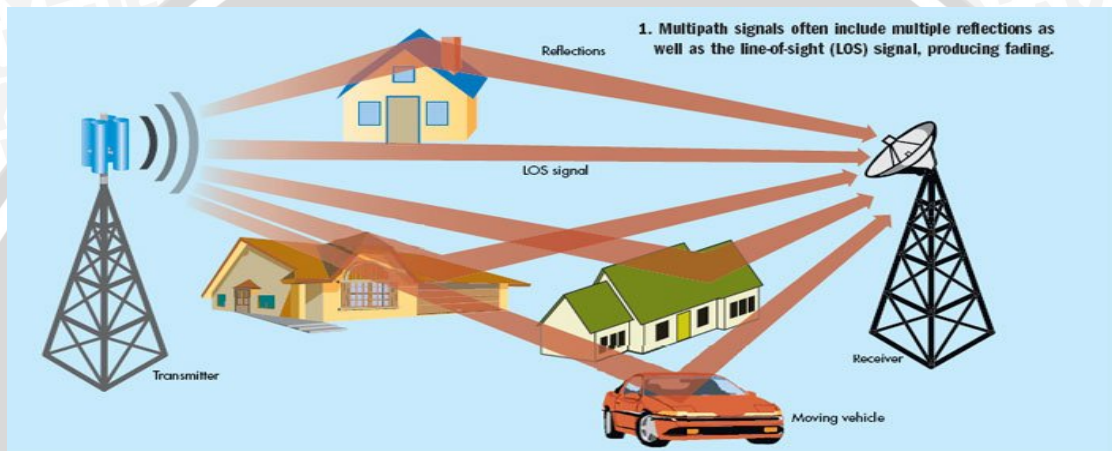
$$L_{OR} (dB) = L_U (dB) - 4,78 (\log f_c)^2 + 18,33 \log f_c - 40,94 \dots (2-23)$$

Keterangan :

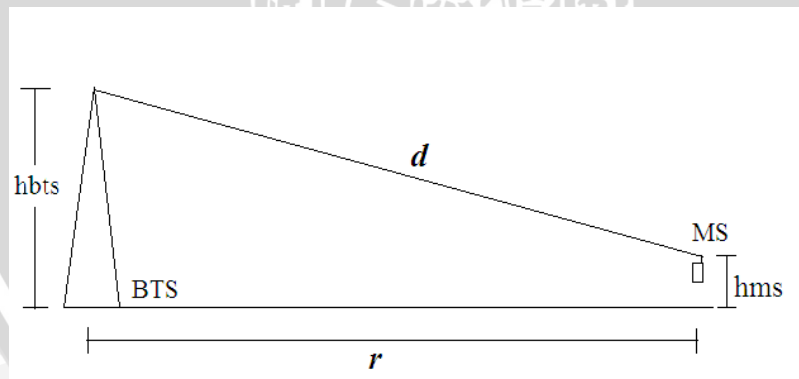
- h_b = Tinggi antenna BS (30m – 200m)
- h_R = Tinggi MS (1 - 10 m)
- f_c = Frekuensi Carrier (150-2000 MHz)
- d = Jarak antara BS dengan MS (km)

2.9.3 Link Budget

Link budget merupakan perhitungan daya pada lintasan transmisi, dibandingkan dengan rugi-rugi/redaman yang dialami sepanjang lintasan, dalam hal ini yaitu lintasan dari BTS ke user. Link budget digunakan untuk mendesain sistem untuk semua gain dan rugi-rugi dalam lintasan. Link budget pada CDMA dibagi menjadi dua bagian, yaitu reverse link (dari MS menuju BS) dan forward link (dari BS menuju MS). Data teknis reverse link dan forward link dari perangkat diperlukan untuk mencari rugi lintasan (path loss) maksimum dan radius sel yang diperbolehkan oleh perangkat.



Gambar 2.11 Link budget untuk Non line of sight
(Sumber : www.Electronicdesign.com)



Gambar 2.12 Link budget untuk Non line of sight

(Sumber :Usman,Uke Kurniawan. Sistem Komunikasi Seluler CDMA 2001x)

Jarak antara BTS dengan mobile station dapat diketahui dengan rumus phytagoras segitiga siku-siku dan dapat diformulakan sebagai berikut :

$$r = \sqrt{d^2 - (h_{BTS} - h_{MS})^2} \dots\dots\dots(2-24)$$

Keterangan :

d = Jarak antara antenna BTS dengan *Mobile Station* (km)

r = Jarak antara BTS dengan *Mobile Station* (km)

h_{BTS} = Ketinggian antenna BTS dari tanah (km)

h_{MS} = Ketinggian *Mobile Station* dari tanah (km)

Besarnya luas sel per BTS dapat di hitung dengan mengalikan radius kuadrat dengan 2,6 seperti yang dinyatakan dalam persamaan (2-25)

$$L_{Area} = 2,6 \times r^2 \dots\dots\dots(2-25)$$

Keterangan :

L_{Area} = Luas area sel (Km²)

r = Radius sel (Km)

2.9.3.1 Reverse Link Budget

Sebelum dilakukan perhitungan radius sel harus diketahui dulu besarnya MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) atau *path loss* maksimum yang diizinkan. Besarnya MAPL ini dihitung dengan menggunakan persamaan (2-25) yang berdasarkan parameter pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Parameter *Reverse Link Budget* EVDO Rev-A

1X EVDO REVERSE LINK BUDGET	NILAI PARAMETER
AT Tx Power (mW)	200
AT Tx Power (dBm)	23,0
AT Antenna Gain (dBi)	1,5
Body Loss (dB)	3,3
AT EIRP (dB)	21,2
BTS Rx Antenna Gain(dBi)	17,0
BTS CableLoss (dB)	3,0

BTS Noise Figure	5,0
BTS Thermal Noise (dBm Hz)	-169,0
Data Rate(bps)	9600
Data Rate (dBHz)	39,8
Required Eb/No perAntenna (dB)	6,6
Load Margin(dB)	5,0
BTS Receiver Sensitivity (dBm)	-117,6
Log Normal Stdev (dB)	8,0
Log Normal Fade Margin (dB)	10,3
Soft Handoff Gain(dB)	4,1
Differential FadeMargin(dB)	2,1
Building Vehicle Penetratin Loss (dB)	10,0

(Sumber : P.J Black and Q.Wu .*Link Budget of cdma2000 Wireless Internet Access System*)

$$L_{max} = EIRP - Sensitivitas + G_{BTS} - L_{cable} - FM + G_{SHO} - L_{penetration} \dots\dots\dots(2-26)$$

Dengan :

$$EIRP = P_{MS} + G_{MS} - L_{body}$$

$$Sensitivitas = E_b/N_o + N_o + I_m + \text{Information Rate} + NF_{BTS}$$

Keterangan :

L_{max} = Loss maksimum yang diizinkan (dB)

EIRP = EIRP MS (dBm)

Sensitivitas = Sensitivitas BTS (dBm)

P_{MS} = Daya pancar MS (dBm)

G_{BTS} = Gain BTS (dBi)

FM = Fading Margin (dB)

G_{SHO} = Gain soft handover (dB)

$L_{penetration}$ = Loss penetrasi (dB)

G_{MS} = Gain MS (dBi)

- L_{body} = Loss body (dB)
- E_b/N_o = Kualitas kanal trafik (dB)
- N_o = Thermal Noise Density (dBm/Hz)
- I_m = Receiver interference Margin (dB)
- NF_{BTS} = Noise Figure BTS (dB)

2.9.3.2 Forward Link Budget

Sama halnya dengan *reverse link budget*, sebelum dilakukan perhitungan *path loss* harus diketahui dulu besarnya MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) atau *path loss* maksimum yang diizinkan. Nilai MAPL dihitung dengan menggunakan persamaan (2-26) dengan menggunakan parameter-parameter yang sesuai pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Parameter *Forward Link Budget* EVDO Rev-A

1X EVDO FORWARD LINK BUDGET	NILAI PARAMETER
Data Rate (dB/Hz)	209,691
BTS Tx Power (dBm)	41,8
BTS Antenna Gain (dBi)	17
Body Loss (dB)	3
BTS EIRP for data channel (dBm)	55,8
MS Rx Antenna Gain (dBi)	0
BTS Cable Loss (dB)	3
BTS Noise Figure (dB)	9
BTS Thermal Noise (dBm/Hz)	-165
Total I_o/N_o per antenna (dB)	2,5
MS Receiver sensitivity (dBm)	-101,6
Log-Normal Fade Margin (dB)	10,3
Soft Handoff Gain (dB)	4,1
Building Penetration Loss (dB)	10

(Sumber : P.J Black and Q.Wu . *Link Budget of cdma2000 Wireless Internet Access System*)

$$L_{max} = EIRP - Sensitivitas + G_{BTS} - L_{cable} - FM + G_{SHO} - L_{penetration} \dots \dots \dots (2-27)$$

Dengan :

$$\text{EIRP} = P_{\text{BTS}} + G_{\text{BTS}} - \text{Cable Loss}$$

$$\text{Sensitivitas} = E_b/N_o + N_o + I_m + \text{Information Rate} + \text{NF}_{\text{BTS}}$$



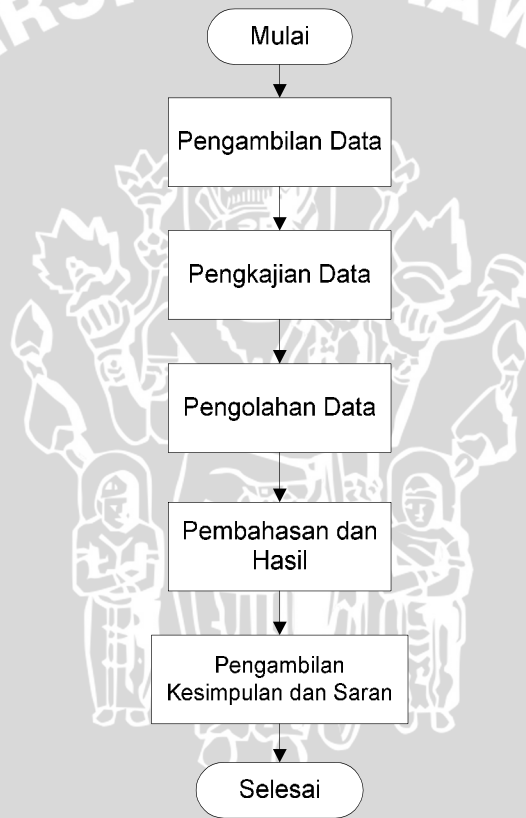
This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcstechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>



BAB III METODOLOGI

Kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian yang bersifat penelitian dan analisis mengenai implementasi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A yang mengacu pada studi literatur. Metodologi yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini meliputi pengambilan data, pengkajian data, pengolahan data, pembahasan dan hasil, serta pengambilan kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Penyusunan Penelitian
(Sumber : Perencanaan)

3.1 Pengambilan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber secara tidak langsung, dimana dalam penelitian ini data didapatkan dari salah satu provider CDMA di

Kota Malang dan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang, selain itu data sekunder juga didapatkan melalui studi literatur dari buku referensi, jurnal, *web browsing* dan forum-forum yang membahas mengenai perencanaan jaringan. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman secara teori mengenai bahasan yang akan digunakan pada penelitian ini. Studi literatur juga digunakan untuk mendapatkan pembahasan dari rumusan masalah mengenai konfigurasi jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A. Teori-teori yang digunakan meliputi :

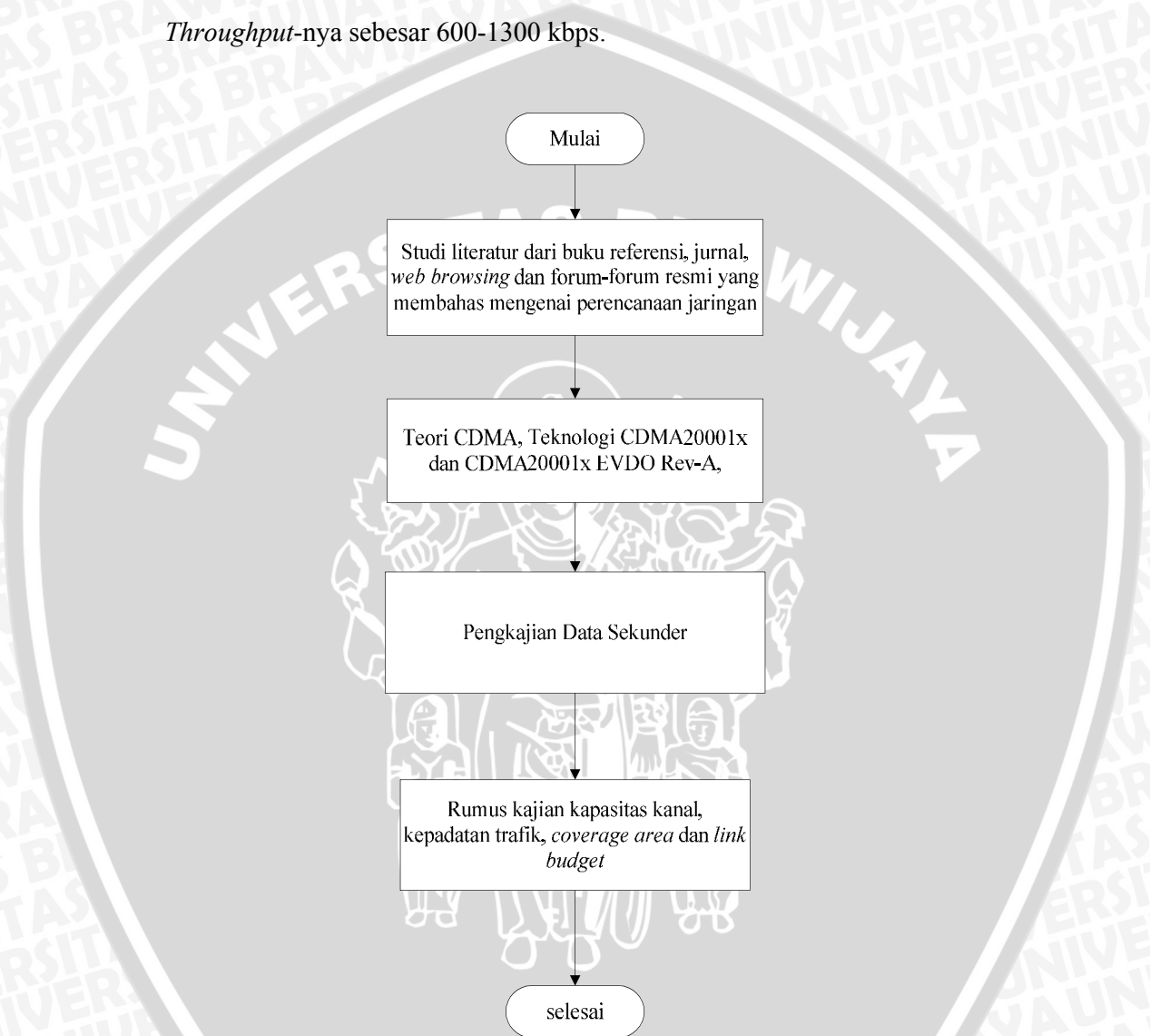
1. Jaringan CDMA
Meliputi pengertian dan konsep dasar CDMA, perkembangan jaringan CDMA dan arsitektur jaringan CDMA.
2. Teknologi CDMA20001x
Meliputi konsep dasar dan konfigurasi jaringan, struktur *link*, kelebihan dan kekurangan.
3. Teknologi CDMA20001x EVDO Rev-A
Meliputi konsep dasar dan konfigurasi jaringan, struktur *link*, kelebihan dan kekurangan, karakteristik layanan EVDO, dan spesifikasi layanan EVDO.
4. Teori perhitungan kepadatan trafik, kapasitas sistem, *pathloss* dan *radius cell* pada jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A dan CDMA20001x.

3.2 Pengkajian Data

Pada penelitian ini dilakukan pengkajian terhadap data sekunder. Data sekunder yang akan dikaji meliputi karakteristik serta spesifikasi jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A. Dari hasil studi literatur mengenai CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A, data yang akan dikaji dalam penelitian sebagai berikut:

1. Kajian karakteristik bandwidth kanal CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A sebesar 1,25 MHz.
2. Kajian karakteristik CDMA20001x EVDO Rev-A bekerja pada frekuensi 800MHz.

3. Kajian jaringan CDMA20001x *peak data rate downlink* dan *uplink* sebesar 144kbps.
4. Kajian jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A *peak data rate downlink* hingga 3,1Mbps dan *peak data rate uplink* hingga 1,8 Mbps. *Throughput*-nya sebesar 600-1300 kbps.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengambilan Data Sekunder
(Sumber : Penelitian)

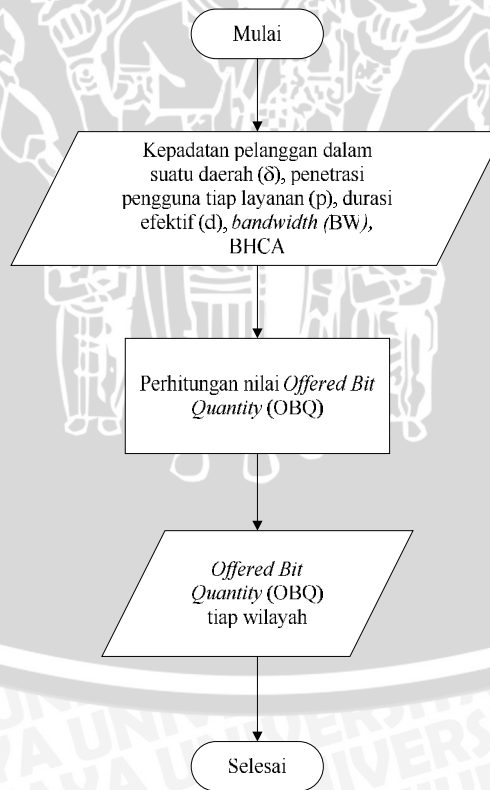
3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh hasil perhitungan dalam penelitian. Dari hasil yang didapatkan, selanjutnya akan dibandingkan dan

dianalisis performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A terhadap jaringan CDMA20001x. Hasil perhitungan yang didapatkan yaitu kepadatan trafik, kapasitas sistem, *Pathloss* dan radius sel. Pengolahan data dilakukan dalam beberapa tahap :

- Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan secara matematis yakni perhitungan dilakukan dengan mengumpulkan beberapa nilai parameter dari data sekunder dan kemudian diolah berdasarkan rumus-rumus yang didapatkan dari studi literatur.
- Untuk pengolahan data terhadap analisis performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A terhadap jaringan CDMA20001x yang meliputi kapasitas sistem, kepadatan trafik .

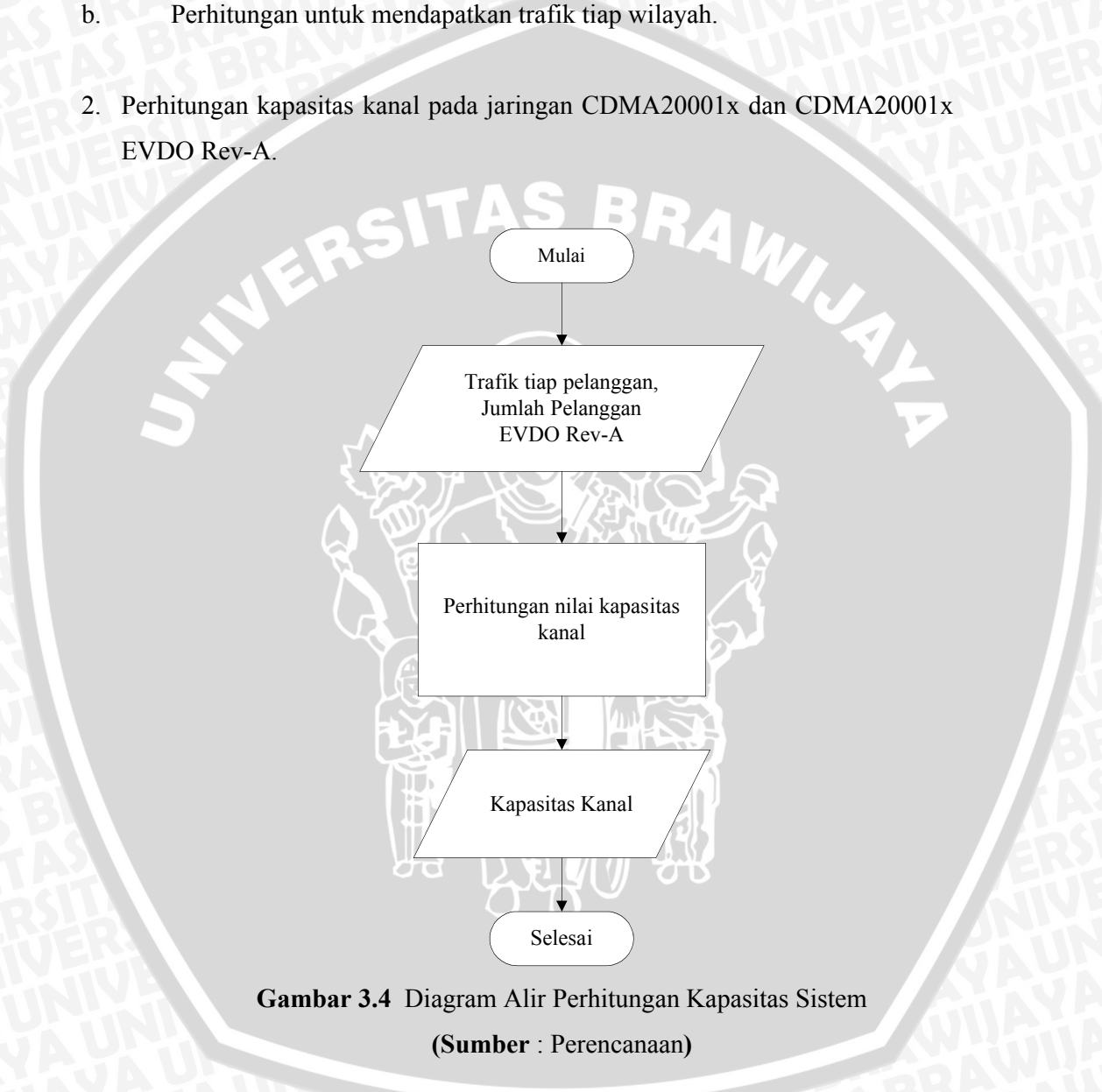
1. Perhitungan kepadatan trafik pada jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A. *Offered Bit Quantity* (OBQ) merupakan total bit *throughput* per km² pada jam sibuk.



Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan OBQ Tiap Wilayah
(Sumber : Penelitian)

Pada gambar diagram alir 3.3 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Didapatkan besarnya beberapa nilai-nilai parameter meliputi kepadatan pelanggan dalam suatu daerah, penetrasi pengguna tiap layanan, durasi panggilan efektif, *bandwidth*, dan BHCA.
 - b. Perhitungan untuk mendapatkan trafik tiap wilayah.
2. Perhitungan kapasitas kanal pada jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A.

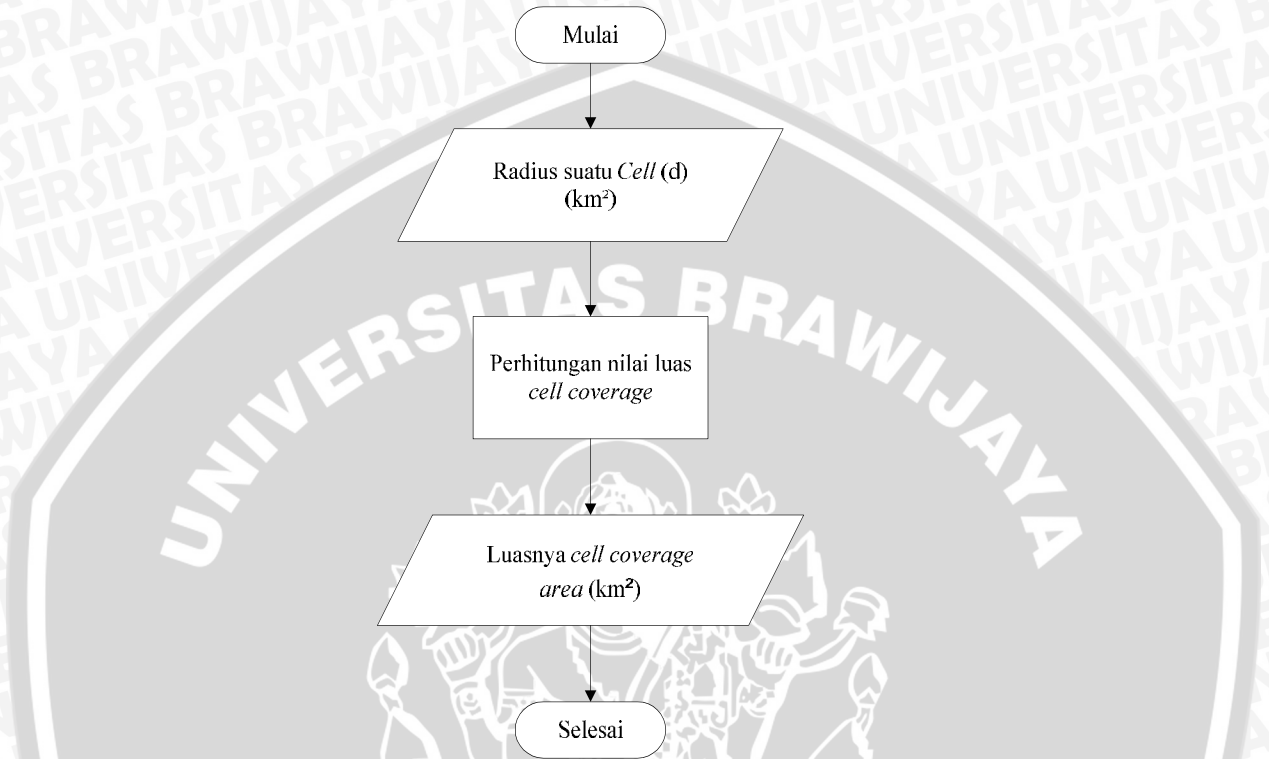


Gambar 3.4 Diagram Alir Perhitungan Kapasitas Sistem
(Sumber : Perencanaan)

Pada gambar diagram alir 3.4 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Didapatkan besarnya trafik tiap pelanggan dan jumlah pelanggan EVDO Rev-A.
- b. Perhitungan untuk mendapatkan kapasitas kanal.

- Perhitungan luas *cell coverage area* pada jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A.

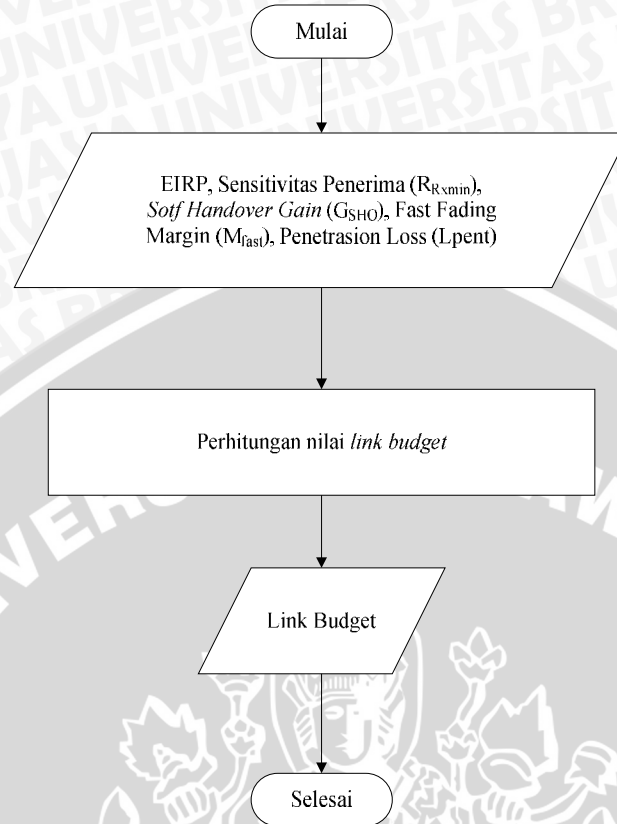


Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Luas *Cell Coverage Area*
(Sumber : Penelitian)

Pada gambar diagram alir 3.5 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Didapatkan besarnya *radius cell* (km^2).
 - Perhitungan untuk mendapatkan Luas *Cell Coverage Area* (km^2).
- Perhitungan *link budget* pada jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO Rev-A.

Link budget bertujuan untuk mengetahui berapa besar *loss maksimum* yang masih diperbolehkan.



Gambar 3.6 Diagram Alir Perhitungan *Link Budget*
(Sumber : Penelitian)

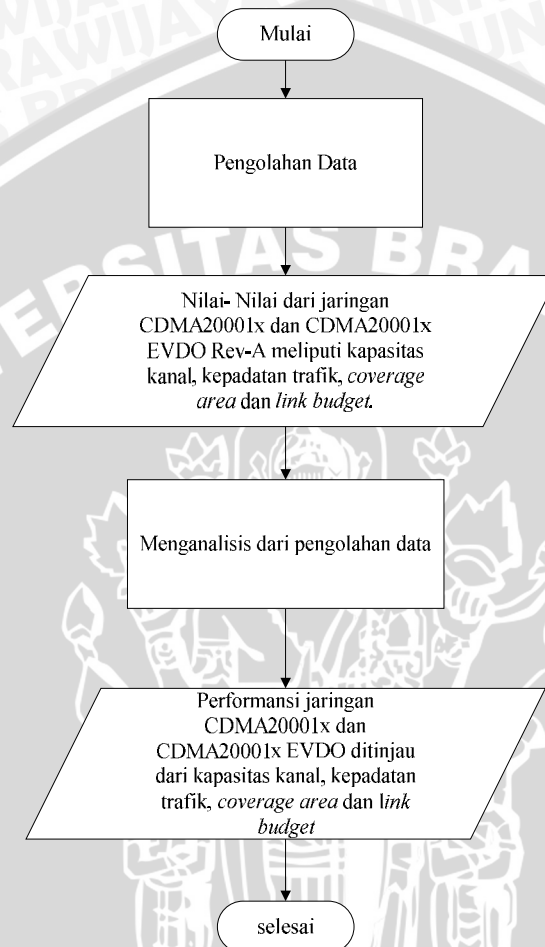
Pada gambar diagram alir 3.6 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Didapatkan besarnya EIRP, Sensitivitas penerima, *Soft Handover*, *Fast Fading Margin*, *Penetration Loss*.
- Perhitungan untuk mendapatkan *link budget*.

3.4 Pembahasan dan Hasil

Pembahasan data mengenai analisis performansi jaringan CDMA20001x EVDO terhadap jaringan CDMA20001x. Untuk memperoleh hasil analisis dari rumusan masalah dalam penelitian ini sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan pada proses pengolahan data. Pembahasan dalam penelitian ini adalah mengenai performansi dari jaringan CDMA20001x dan CDMA20001x EVDO yang ditinjau dari segi kapasitas sistem, kepadatan trafik, *pathloss* dan radius sel nya. Performansi dari kedua jaringan ini nantinya akan dibandingkan dan

dinyatakan dalam tabel. Sehingga dari analisis yang didapat, akan diketahui apakah teknologi CDMA terbaru berupa EVDO Rev-A mampu meningkatkan performansi dari teknologi 1x untuk segi layanan data.



Gambar 3.7 Diagram alir analisis performansi jaringan CDMA
(Sumber : Perancangan)

3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan ringkasan akhir dari pemecahan masalah. Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan teori, hasil simulasi serta analisis yang meliputi:

1. Konfigurasi jaringan CDMA.
2. Analisis performansi jaringan CDMA20001x EVDO dibandingkan dengan jaringan CDMA20001x di Kota Malang.

3. Kemudian dilakukan juga pemberian saran yang dimaksudkan kepada pembaca yang akan melakukan studi tentang penelitian ini, ataupun sebagai pendukung dari penelitiannya.

3.6 Kerangka Acuan Berpikir

Proses penelitian dimulai dari pengambilan data yakni data sekunder. Data sekunder diperoleh dari buku refrensi, *web-browsing*, jurnal, dan forum-forum. Selain itu data sekunder juga diperoleh dari salah satu operator CDMA di Kota Malang dan Badan Pusat Statistik (BPS) Malang. Dari hasil pengambilan data selanjutnya dilakukan kajian penelitian untuk menentukan metode-metode yang diperlukan dalam pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan memasukkan nilai-nilai yang didapatkan dan kemudian diolah ke dalam rumus perhitungan. Dari hasil pengolahan data selanjutnya dilakukan pembahasan dan analisis akhir yang dijadikan acuan dalam pengambilan kesimpulan. Dari metode-metode yang digunakan diharapkan dapat tercapai tujuan sebagai berikut :

1. Dapat diketahui performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A dan CDMA20001x.
2. Dapat diketahui apakah jaringan CDMA20001x EVDO di Kota Malang sudah optimal dan mampu meng-*cover* seluruh wilayah layanan.

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Umum

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan secara matematis yakni perhitungan dilakukan dengan mengumpulkan beberapa nilai parameter dari data sekunder dan kemudian diolah berdasarkan rumus-rumus yang didapatkan dari studi literatur. Untuk pengolahan data terhadap analisis performansi jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A terhadap jaringan CDMA20001x yang meliputi kepadatan trafik kapasitas sistem, *pathloss* dan radius sel.

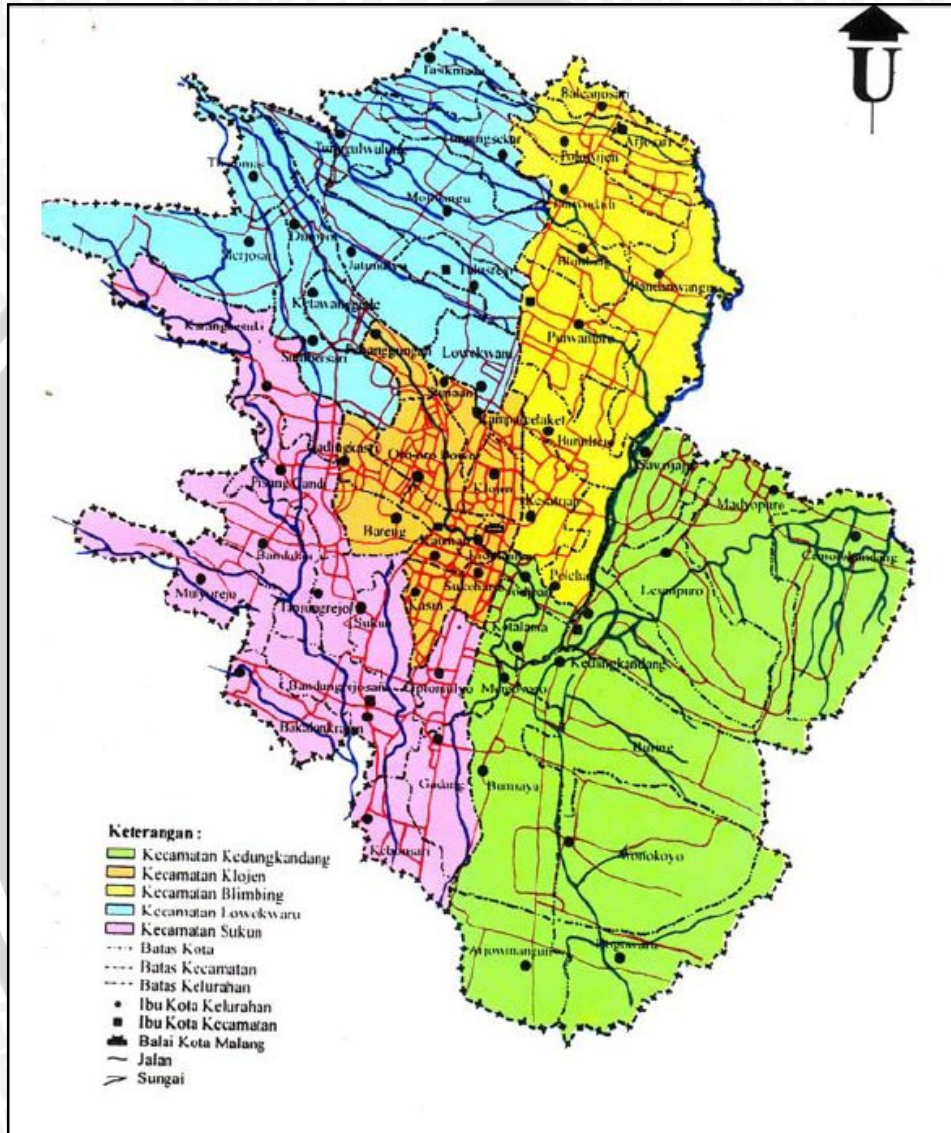
4.2 Wilayah Implementasi

Pada penelitian ini, lokasi pengimplementasian jaringan EVDO Rev-A diterapkan di wilayah Kota Malang dengan *demand* layanan seluler dan perkembangan pelanggan yang cukup tinggi. Kota Malang terdiri dari 5 kecamatan yaitu Kedungkandang, Klojen, Blimbing, Lowokwaru, dan Sukun serta 57 kelurahan. Kota Malang merupakan kota yang berkembang dalam sektor pendidikan dan pariwisata. Saat ini sudah mulai banyak dibangun *hot spot area* di beberapa titik penting, seperti kampus, mall dan lokasi strategis lainnya. Namun kendala yang sering ditemui adalah sempitnya cakupan area dan *bit rate* yang rendah. Oleh karena itu, diterapkanlah jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A yang mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Jaringan CDMA20001x EVDO Rev-A mampu menyediakan layanan dengan *bit rate* yang tinggi dengan cakupan area yang lebih luas. Terdapat 3 kategori wilayah yang sering digunakan:

- Urban
- Sub Urban
- Rural

Jumlah pengguna layanan CDMA20001x EVDO diperlukan untuk menentukan kapasitas yang disediakan sistem. Jumlah pengguna layanan EVDO di dapat dari prediksi trafik seluler salah satu provider CDMA di Kota Malang. Prediksi pelanggan dipengaruhi beberapa hal, yaitu :

1. Laju pertumbuhan penduduk
2. Tingkat penetrasi seluler di daerah layanan
3. Penetrasi layanan EVDO terhadap sistem lainnya (CDMA20001x).



Gambar 4.1 Peta Kota Malang
(Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang)

4.3 Analisis Prediksi Jumlah Penduduk di Kota Malang

Peramalan kebutuhan telepon dimaksudkan untuk mengetahui besarnya jumlah satuan sambungan telepon yang dibutuhkan oleh pelanggan pada masa

akan datang. Untuk keperluan ini sangat dibutuhkan lengkapnya data pada masa lalu dan sekarang serta perkiraan keadaan pada masa akan datang. Sehubungan dengan perencanaan kabelnya maka ditentukan tahun-tahun peramalannya sebagai batasan keperluan pembangunan. Peramalan kebutuhan telepon secara garis besar dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. Peramalan secara Makro

Metode makro digunakan untuk mengetahui total permintaan. Secara keseluruhan di suatu wilayah pelayanan. Unsur unsur yang diperlukan adalah jumlah penduduk di wilayah tersebut, faktor pertumbuhan ekonomi secara nasional dan faktor faktor lain yang terjadi.

2. Peramalan secara Mikro

Peramalan secara mikro digunakan untuk mengetahui permintaan secara rinci yang sifatnya langsung ke lokasi-lokasi seperti daftar tunggu dari tahun ketahun disetiap lokasi pada wilayah pelayanan, dirinci dan dicatat secara teliti dan terus menerus.

4.3.1 Statistik Penduduk Kota Malang

Berdasarkan data yang diperoleh dari BPS Kota Malang, berikut ini jumlah penduduk di 5 kecamatan Kota Malang tahun 2007-2011.

Tabel 4.1 Data Jumlah Penduduk Kota Malang tahun 2007-2011

No	Kecamatan	Tahun								
		2007	Kepadatan (Km ²)	2008	Kepadatan (Km ²)	2009	Kepadatan (Km ²)	2010	Kepadatan (Km ²)	2011
1	Kd.kandang	182534	4576	162104	4064	162941	4085	174477	4374	203273
2	Sukun	170201	8116	174868	8339	175772	8382	181513	8656	203664
3	Klojen	101823	11531	126760	14356	127415	14430	105907	11994	118297
4	Blimbing	167555	9429	171051	9626	171935	9676	172333	9698	199300
5	Lowokwaru	194331	8599	181854	8047	182794	8088	186013	8231	170119
Jumlah Total		816444	-	816637	-	820857	-	820243	-	894653

(Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang)

Sedangkan untuk jumlah bangunan dan luas area di Kota Malang pada tahun 2010 adalah :

Tabel 4.2 Data Jumlah Bangunan dan Luas Wilayah Kota Malang

No	Kecamatan	Jumlah Bangunan (Gedung)	Luas Wilayah (Km2)
1	Kedungkandang	1.874.730	39,88
2	Sukun	1.282.860	20,97
3	Klojen	754.25	8,83
4	Blimbing	1.505.000	17,77
5	Lowokwaru	1.642.000	22,6

(Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Malang)

Diperlukan metode yang paling tepat dalam memprediksi jumlah penduduk Kota Malang tahun 2013. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode deret berkala (time series). Metode deret berkala terdiri dari 3 jenis trend, yaitu trend linier, trend kuadratik dan trend eksponensial. Metode yang paling tepat digunakan adalah metode yang mempunyai prosentase kesalahan paling kecil terhadap nilai sebenarnya.

4.3.1.1 Trend Linier

Persamaan umum trend linier :

$$Y' = a + b.X \dots\dots\dots (4-1)$$

Keterangan :

Y' = Variabel tak bebas hasil ramalan (kepadatan pelanggan)

X = Variabel bebas berupa periode waktu (mulai 1,2,3 dan seterusnya)

a dan b = Konstanta

Bila jumlah pengamatan sebanyak n, maka dari persamaan di atas diperoleh:

$$\begin{aligned} \Sigma Y_n &= n.a + b.\Sigma X_n \\ \Sigma X_n.Y_n &= a.\Sigma X_n + b.\Sigma X_n^2 \end{aligned} \dots\dots\dots (4-2)$$

Keterangan :

- X_n = Unit periode waktu pengamatan (mulai 1,2,3 dan seterusnya)
- Y_n = Data kepadatan pelanggan sebenarnya.
- n = Jumlah tahun pengamatan (1,2,3, dan seterusnya)
- a dan b= Konstanta

Nilai konstanta a dan b dapat dicari dengan mengeliminasi kedua persamaan (4-2).

1. Kecamatan Kedungkandang

Dari persamaan 4-2, maka besarnya konstanta a dan b dalam perhitungan jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang tahun 2011 dengan trend linier adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Parameter perhitungan penduduk Kecamatan Kedungkandang dengan trend linier

n	Tahun	Yn	Xn	Xn.Yn	Xn ²
1	2006	177530	1	177530	1
2	2007	182534	2	365068	4
3	2008	162104	3	486312	9
4	2009	162941	4	651764	16
5	2010	174477	5	872385	25
Σ	-	859586	15	2553059	55

(Sumber : Perhitungan)

Keterangan :

Data yang diperoleh adalah data tahun 2006-2010, maka :

n (jumlah tahun pengamatan) = 5

t (tahun yang dicari) = 2011

$$t_{rat} = \frac{2006 + 2007 + 2008 + 2009 + 2010}{5} = 2008$$

$$X = t - t_{rat} = 2011 - 2008 = 3$$

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

1. $\sum Y_n = n \cdot a + b \cdot \sum X_n$
 $859586 = 5 \cdot a + b \cdot 15$
2. $\sum X_n \cdot Y_n = \sum X_n \cdot a + \sum X_n^2 \cdot b$
 $2553059 = 15 \cdot a + 55 \cdot b$

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, maka didapatkan nilai :

$$a = 179626,9 \quad b = -2569,9$$

Nilai a dan b di substitusi ke dalam persamaan (4-1) menjadi :

$$Y' = a + b X$$

$$Y' = 179626,9 + (-2569,9) \cdot 3 = 171917$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang tahun 2011 adalah 171917 jiwa.

Dengan menggunakan metode yang sama, maka perkiraan jumlah penduduk di lima kecamatan Kota Malang tahun 2011 dengan metode trend linier dapat dilihat di tabel 4.4

Tabel 4.4 Jumlah Penduduk Kota Malang tahun 2011 dengan Trend Linier

No	Kecamatan	a	b	Y'
1	Kedungkandang	179626,9	-2569,9	171917
2	Sukun	165105,3	3056,3	174274
3	Klojen	104301,6	2955	113167
4	Blimbing	164874,2	1650,8	169827
5	Lowokwaru	193189,3	-2035,5	187083

(Sumber : Perhitungan)

4.3.1.2 Trend Kuadratik

Persamaan umum metode trend kuadratik :

$$Y' = a + b.X + c.X^2 \dots\dots\dots (4-3)$$

Keterangan :

Y' = Variabel tak bebas hasil ramalan (kepadatan pelanggan)

X = Variabel bebas berupa periode waktu (mulai 1,2,3 dan seterusnya)

a, b, dan c = Konstanta

Untuk mencari nilai a, b dan c maka digunakan proses eliminasi pada persamaan-persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \sum Y_n &= a.n + b.\sum X_n + c.\sum X_n^2 \\ \sum X_n.Y_n &= a.\sum X_n + b.\sum X_n^2 + c.\sum X_n^3 \dots\dots\dots (4-4) \\ \sum X_n^2.Y_n &= a.\sum X_n^2 + b.\sum X_n^3 + c.\sum X_n^4 \end{aligned}$$

Keterangan :

X_n = Unit periode waktu pengamatan (mulai 1,2,3 dan seterusnya)

Y_n = Data kepadatan pelanggan sebenarnya

n = Jumlah tahun pengamatan (1,2,3, dan seterusnya)

a,b dan c = Konstanta

1. Kecamatan Kedungkandang

Dari persamaan 4-4 , maka besarnya konstanta a,b dan c dalam perkiraan jumlah penduduk menggunakan metode trend kuadratik dapat diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4.5 Parameter perhitungan penduduk Kecamatan Kedungkandang dengan Trend Kuadratik

n	Tahun	Yn	Xn	Xn.Yn	Xn ²	Xn ³	Xn ⁴	Xn ² .Yn
1	2006	177530	1	177530	1	1	1	177530

2	2007	182534	2	365068	4	8	16	730136
3	2008	162104	3	486312	9	27	81	1458936
4	2009	162941	4	651764	16	64	256	2607056
5	2010	174477	5	872385	25	125	625	4361925
Σ	-	859586	15	2553059	55	225	979	9335583

(Sumber : Perhitungan)

Keterangan :

Data yang diperoleh adalah data tahun 2006-2010, maka :

n (jumlah tahun pengamatan) = 5

t (tahun yang dicari) = 2011

$$t_{rat} = \frac{2006+2007+2008+2009+2010}{5} = 2008$$

$$X = t - t_{rat} = 2011 - 2008 = 3$$

$$\Sigma Y_n = a.n + b.\Sigma X_n + c.\Sigma X_n^2$$

$$859586 = a.5 + b.15 + c.55$$

$$\Sigma X_n . Y_n = a.\Sigma X_n + b.\Sigma X_n^2 + c.\Sigma X_n^3$$

$$2553059 = a.15 + b.55 + c.225$$

$$\Sigma X_n^2 . Y_n = a.\Sigma X_n^2 + b.\Sigma X_n^3 + c.\Sigma X_n^4$$

$$9335583 = a.55 + b.225 + c.979$$

Dengan mengeliminasi ketiga persamaan di atas, didapatkan nilai a, b dan c yaitu:

$$a = 196792,27 \quad b = -17283,09 \quad c = 2452,2$$

Sehingga besarnya Y' dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai a, b dan c :

$$Y' = a + b.X + c.X^2$$

$$Y' = 196792,27 + (-17283,09). 3 + 2452,2 . 9$$

$$Y' = 167013$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang tahun 2011 adalah

167013 jiwa.

Dengan menggunakan metode yang sama, maka perkiraan jumlah penduduk di lima kecamatan Kota Malang tahun 2011 dengan metode trend kuadratik dapat dilihat di tabel 4.6

Tabel 4.6 Jumlah Penduduk Kota Malang tahun 2011 dengan Trend Kuadratik

No	Kecamatan	a	b	c	Y'
1	Kedungkandang	196792,27	-17283,09	2452,2	167013
2	Sukun	167780,79	763,016	382,214	173510
3	Klojen	72757,67	29992,67	-4506,3	122179
4	Blimbing	152728,19	11577,38	-1603,43	173029
5	Lowokwaru	184075,585	4154,95	-859,785	188802

(Sumber : Perhitungan)

4.3.1.3 Trend Eksponensial

Persamaan umum trend eksponensial :

$$Y' = 10^{y_0} \dots\dots\dots (4-5)$$

Dimana $Y_0 = \log a + \log b.X$

Keterangan :

- Y' = Kepadatan penduduk hasil ramalan
- X = Periode waktu pengamatan (1,2,3, dan seterusnya)
- a₀ dan b₀ = Konstanta

Konstanta a₀ dan b₀ dapat dicari dengan kedua persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \Sigma \log Y_n &= n \cdot \log a + \log b \cdot \Sigma X_n \\ \Sigma X_n \cdot \log Y_n &= \log a \cdot \Sigma X_n + \log b \cdot \Sigma (X_n)^2 \dots\dots\dots (4-6) \end{aligned}$$

Sehingga besarnya konstanta a₀ dan b₀ dapat dicari dengan persamaan (4-6):

$$\log a = \frac{\sum \log Y_n - \log b \cdot \sum X_n}{n}$$

$$\log b = \frac{\sum X_n \cdot \log Y_n - \log a \cdot \sum X_n}{\sum (X_n)^2} \dots\dots\dots (4-7)$$

Keterangan :

- X_n = Periode waktu pengamatan (mulai 1,2,3 dan seterusnya)
- Y_n = Data kepadatan pelanggan
- n = Tahun pengamatan
- a_0 dan b_0 = Konstanta

1. Kecamatan Kedungkandang

Dari persamaan 4-7, maka besarnya konstanta log a dan log b dalam perkiraan jumlah penduduk menggunakan metode trend eksponensial dapat diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4.7 Parameter perhitungan penduduk Kecamatan Kedungkandang dengan trend eksponensial

n	Tahun	Yn	Xn	Xn ²	Yo=log Yn	Xn.Yo
1	2006	177530	1	1	5,25	5,25
2	2007	182534	2	4	5,26	10,52
3	2008	162104	3	9	5,2	15,6
4	2009	162941	4	16	5,21	20,84
5	2010	174477	5	25	5,24	26,2
Σ	-	859586	15	55	26,16	78,41

(Sumber : Perhitungan)

Keterangan:

Data yang diperoleh adalah data tahun 2006-2010, maka :

n (jumlah tahun pengamatan) = 5

t (tahun yang dicari) = 2011

$$t_{rat} = \frac{2006 + 2007 + 2008 + 2009 + 2010}{5} = 2008$$

$$X = t - t_{rat} = 2011 - 2008 = 3$$

$$\log a = \frac{\sum \log Y_n - \log b \cdot \sum X_n}{n}$$

$$\log a = \frac{26,16 - \log b \cdot 15}{5}$$

$$\log b = \frac{\sum X_n \cdot \log Y_n - \log a \cdot \sum X_n}{\sum X_n^2}$$

$$\log b = \frac{78,41 - \log a \cdot 15}{55}$$

Maka,

$$\log a = 5,253$$

$$\log b = -0,007$$

$$Y_0 = \log a + \log b \cdot X$$

$$Y_0 = 5,253 + (-0,007) \cdot 3$$

$$Y_0 = 5,232$$

$$\text{Sehingga } Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,232} = 170608$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang tahun 2011 adalah 170608 jiwa.

Dengan menggunakan metode yang sama, maka jumlah penduduk tahun 2011 di lima kecamatan Kota Malang dapat dilihat di tabel 4.8

Tabel 4.8 Jumlah Penduduk Kota Malang tahun 2011 dengan Trend Eksponensial

No	Kecamatan	Log a	log b	Yo	Y'
1	Kedungkandang	5,253	-0,007	5,232	170608
2	Sukun	5,223	0,005	5,238	172982
3	Klojen	5,0175	0,0113	5,0514	112564
4	Blimbing	5,2178	0,004	5,2298	169748
5	Lowokwaru	5,288	-0,0054	5,272	186982

(Sumber : Perhitungan)

Dari tiga metode yang telah dijelaskan sebelumnya, maka metode yang paling baik digunakan adalah metode yang memiliki selisih paling kecil antara hasil sebenarnya dengan hasil perhitungan. Prosentase kesalahan tiap metode dapat dilihat pada tabel 4.9

$$\%Kesalahan = \frac{|Nilai_Sebenarnya - Nilai_Perhitungan|}{Nilai_Sebenarnya} \times 100\%$$

Tabel 4.9 Analisis Prosentase Kesalahan Tiap Trend

No	Kecamatan	Perkiraan Jumlah Penduduk Tahun 2011(Jiwa)						Jumlah penduduk sesungguhnya tahun 2011 (jiwa)
		Trend Linier	Kesalahan (%)	Trend Kuadratik	Kesalahan (%)	Trend Eksponensial	Kesalahan (%)	
1	Kedungkandang	171917	15,43	167013	17,83	170608	16,07	203273
2	Sukun	174274	14,43	173510	14,8	172982	15,06	203664
3	Klojen	113167	4,33	122179	3,28	112564	4,84	118297
4	Blimbing	169827	14,78	173029	13,8	169746	14,83	199300
5	Lowokwaru	187083	9,97	188802	10,98	186982	9,91	170119
	Rata-Rata	-	11,79%	-	12,14%	-	12,14%	-

(Sumber : Perhitungan)

Berdasarkan analisis prosentase kesalahan di tiap metode perhitungan penduduk Kota Malang pada tahun 2011, didapatkan bahwa metode Trend Linier tepat digunakan untuk kelima kecamatan di Kota Malang. Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan penduduk Kota Malang tahun 2013 adalah sebagai berikut:

$$n \text{ (jumlah tahun pengamatan)} = 7$$

$$t \text{ (tahun akhir pengamatan)} = 2013$$

$$t_{rat} = \frac{2006 + 2007 + 2008 + 2009 + 2010 + 2011 + 2012}{7} = 2009$$

$$\text{Sehingga, } X = t - t_{rat} = 2013 - 2009 = 4$$

- **Kecamatan Kedungkandang**

Untuk mendapatkan jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang tahun 2013 maka ditentukan periode pengamatan selama 7 tahun mulai 2006-2012. Parameter-parameter yang digunakan dalam perkiraan jumlah penduduk dengan metode Trend linier dinyatakan dalam Tabel 4.10

Tabel 4.10 Parameter-parameter perhitungan penduduk di Kecamatan Kedungkandang

n	Tahun	Yn	Xn	Xn ²	Yo=log Yn	Xn.Yo
1	2006	177530	1	1	5,25	5,25
2	2007	182534	2	4	5,26	10,52
3	2008	162104	3	9	5,2	15,6
4	2009	162941	4	16	5,21	20,84
5	2010	174477	5	25	5,24	26,2
6	2011	203273	6	36	5,3	31,8
7	2012	210459	7	49	5,32	37,24
Σ	-	1062859	28	140	36,78	147,45

(Sumber : Perhitungan)

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

$$\Sigma Y_0 = n \cdot \log a + \log b \cdot \Sigma X_n$$

$$36,78 = 7 \cdot \log a + 28 \cdot \log b$$

$$\Sigma X_n \cdot Y_0 = \log a \cdot \Sigma X_n + \log b \cdot \Sigma (X_n)^2$$

$$147,45 = 28 \cdot \log a + 140 \cdot \log b$$

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, maka didapatkan nilai konstanta a_0 dan b_0 .

$$\log a = 5,206$$

$$\log b = 0,012$$

Maka,

$$Y_0 = \log a + \log b \cdot X$$

$$Y_0 = 5,206 + (0,012) \cdot 4$$

$$Y_0 = 5,254$$

Sehingga $Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,254} = 179473$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Kedungkandang tahun 2013 adalah 179473 jiwa.

- **Kecamatan Sukun**

Untuk mendapatkan jumlah penduduk Kecamatan Sukun tahun 2013 maka ditentukan periode pengamatan selama 7 tahun mulai 2006-2012. Parameter-parameter yang digunakan dalam perkiraan jumlah penduduk dengan metode Trend linier dinyatakan dalam Tabel 4.11

Tabel 4.11 Parameter-parameter perhitungan penduduk di Kecamatan Sukun

n	Tahun	Yn	Xn	Xn ²	Yo=log Yn	Xn.Yo
1	2006	169017	1	1	5,23	5,23
2	2007	170201	2	4	5,23	10,46
3	2008	174868	3	9	5,24	15,72
4	2009	175772	4	16	5,24	20,96
5	2010	181513	5	25	5,25	26,25
6	2011	203664	6	36	5,3	31,8
7	2012	206109	7	49	5,31	37,17
Σ	-	1281144	28	140	36,8	147,59

(Sumber : Perhitungan)

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

$$\Sigma Y_0 = n \cdot \log a + \log b \cdot \Sigma X_n$$

$$36,8 = 7 \cdot \log a + 28 \cdot \log b$$

$$\Sigma X_n \cdot Y_0 = \log a \cdot \Sigma X_n + \log b \cdot \Sigma (X_n)^2$$

$$147,59 = 28 \cdot \log a + 140 \cdot \log b$$

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, maka didapatkan nilai konstanta a_0 dan b_0 .

$$\log a = 5,201$$

$$\log b = 0,014$$

Maka,

$$Y_0 = \log a + \log b \cdot X$$

$$Y_0 = 5,201 + (0,014) \cdot 4$$

$$Y_0 = 5,257$$

$$\text{Sehingga } Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,257} = 180717$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Sukun tahun 2013 adalah 180717 jiwa.

• **Kecamatan Klojen**

Untuk mendapatkan jumlah penduduk Klojen Sukun tahun 2013 maka ditentukan periode pengamatan selama 7 tahun mulai 2006-2012. Parameter-parameter yang digunakan dalam perkiraan jumlah penduduk dengan metode Trend linier dinyatakan dalam Tabel 4.12

Tabel 4.12 Parameter perhitungan penduduk Kecamatan Klojen

n	Tahun	Yn	Xn	Xn ²	Yo=log Yn	Xn.Yo
1	2006	103928	1	1	5,016	5,016
2	2007	101823	2	4	5,00784589	10,01569178
3	2008	126760	3	9	5,10298223	15,30894669
4	2009	127415	4	16	5,10522056	20,42088223
5	2010	105907	5	25	5,02492467	25,12462333
6	2011	118297	6	36	5,07297373	30,43784239
7	2012	108037	7	49	5,03357252	35,23500761
Σ	-	792167	28	140	35,3635196	141,558994

(Sumber : Hasil Perhitungan)

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

$$\Sigma Y_0 = n \cdot \log a + \log b \cdot \Sigma X_n$$

$$35,364 = 7 \cdot \log a + 28 \cdot \log b$$

$$\Sigma X_n \cdot Y_0 = \log a \cdot \Sigma X_n + \log b \cdot \Sigma (X_n)^2$$

$$141,559 = 28 \cdot \log a + 140 \cdot \log b$$

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, maka didapatkan nilai konstanta a_0 dan b_0 .

$$\log a = 5,037$$

$$\log b = 0,0037$$

Maka,

$$Y_0 = \log a + \log b \cdot X$$

$$Y_0 = 5,037 + (0,0037) \cdot 4$$

$$Y_0 = 5,0518$$

$$\text{Sehingga } Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,0518} = 112668$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Klojen tahun 2013 adalah 112668 jiwa.

• Kecamatan Blimbing

Untuk mendapatkan jumlah penduduk Blimbing tahun 2013 maka ditentukan periode pengamatan selama 7 tahun mulai 2006-2012. Parameter-parameter yang digunakan dalam perkiraan jumlah penduduk dengan metode Trend linier dinyatakan dalam Tabel 4.13

Tabel 4.13 Parameter perhitungan penduduk Kecamatan Blimbing

n	Tahun	Yn	Xn	Xn ²	Yo=log Yn	Xn.Yo
1	2006	166239	1	1	5,22	5,22
2	2007	167555	2	4	5,224157392	10,44831478
3	2008	171051	3	9	5,233125618	15,69937685
4	2009	171935	4	16	5,235364293	20,94145717
5	2010	172333	5	25	5,236368448	26,18184224
6	2011	199300	6	36	5,299507299	31,79704379

7	2012	187979	7	49	5,274109335	36,91876534
Σ	-	1236392	28	140	36,72263238	147,2068002

(**Sumber** : Perhitungan)

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

$$\Sigma Y_0 = n \cdot \log a + \log b \cdot \Sigma X_n$$

$$36,723 = 7 \cdot \log a + 28 \cdot \log b$$

$$\Sigma X_n \cdot Y_0 = \log a \cdot \Sigma X_n + \log b \cdot \Sigma (X_n)^2$$

$$147,207 = 28 \cdot \log a + 140 \cdot \log b$$

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, maka didapatkan nilai konstanta a_0 dan b_0 .

$$\log a = 5,2$$

$$\log b = 0,0114$$

Maka,

$$Y_0 = \log a + \log b \cdot X$$

$$Y_0 = 5,2 + (0,0114) \cdot 4$$

$$Y_0 = 5,2456$$

$$\text{Sehingga } Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,2456} = 176035$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Blimbing tahun 2013 adalah 176035 jiwa.

- **Kecamatan Lowokwaru**

Untuk mendapatkan jumlah penduduk di Kecamatan Lowokwaru tahun 2013 maka ditentukan periode pengamatan selama 7 tahun mulai 2006-2012. Parameter-parameter yang digunakan dalam perkiraan jumlah penduduk dengan metode Trend Eksponensial dinyatakan dalam Tabel 4.14

Tabel 4.14 Parameter perhitungan penduduk Kecamatan Lowokwaru

n	Tahun	Yn	Xn	Xn ²	Yo=log Yn	Xn.Yo
1	2006	190422	1	1	5,279	5,279
2	2007	194331	2	4	5,28	10,57708417

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

3	2008	181854	3	9	5,25	15,77916857
4	2009	182794	4	16	5,261961936	21,04784775
5	2010	186013	5	25	5,269543297	26,34771649
6	2011	170119	6	36	5,230752821	31,38451693
7	2012	174753	7	49	5,24242464	36,69697248
Σ	Jumlah	1280286	28	140	36,83194764	147,1123064

(Sumber : Perhitungan)

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

$$\Sigma Y_0 = n \cdot \log a + \log b \cdot \Sigma X_n$$

$$36,832 = 7 \cdot \log a + 28 \cdot \log b$$

$$\Sigma X_n \cdot Y_0 = \log a \cdot \Sigma X_n + \log b \cdot \Sigma (X_n)^2$$

$$147,112 = 28 \cdot \log a + 140 \cdot \log b$$

Dengan mengeliminasi kedua persamaan di atas, maka didapatkan nilai konstanta a_0 dan b_0 .

$$\log a = 5,2925$$

$$\log b = -0,0077$$

Maka,

$$Y_0 = \log a + \log b \cdot X$$

$$Y_0 = 5,2925 + (-0,0077) \cdot 4$$

$$Y_0 = 5,2617$$

$$\text{Sehingga } Y' = 10^{Y_0} = 10^{5,2617} = 182684$$

Maka perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Lowokwaru tahun 2013 adalah 182684 jiwa.

4.3.2 Penduduk Usia Produktif

Untuk mengetahui jumlah penduduk usia produktif, digunakan persamaan di bawah ini :

$$\text{Jumlah_Usia_Produktif} = 70\% \times \text{Jumlah_Penduduk_Total} \dots\dots\dots (4-8)$$

Dalam kasus ini, penduduk usia produktif diasumsikan sebagai penduduk yang menggunakan layanan CDMA.

Untuk perhitungan masing-masing kecamatan di Kota Malang, dapat diperlihatkan di tabel 4.15

Tabel 4.15 Perhitungan jumlah penduduk usia produktif di Kota Malang tahun 2013

No	Kecamatan	Jumlah total penduduk tahun 2013 (jiwa)	Jumlah penduduk produktif (jiwa)
1	Kedungkandang	179473	125631
2	Sukun	180717	126502
3	Klojen	112668	78868
4	Blimbing	176035	123225
5	Lowokwaru	182684	127879

(Sumber : Perhitungan)

Untuk menentukan faktor penetrasi maka dibutuhkan data jumlah pelanggan operator seluler CDMA dan GSM di Indonesia yang diperlihatkan pada tabel 4.16

Tabel 4.16 Data Pelanggan Operator di Indonesia

No	Operator	Jumlah Pelanggan (juta)	Prosentase (%)
1	Telkomsel	109,88	43,9
2	Flexi	46,4	18,6
3	Indosat	18,1	7,24
4	XL Axiata	52,1	20,82
5	Esia	8	3,2
6	Smartfren	5	2
7	Axis	10,6	4,24
Total		250,8	100

(Sumber : Bisnis Indonesia. www.bisnis-kti.com)

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

Jumlah pelanggan seluler di Indonesia ini akan digunakan dalam perhitungan pelanggan seluler di Kota Malang pada tahun 2013. Data jumlah pelanggan di Kota Malang dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.17 Data pelanggan seluler di Kota Malang

No	Operator	Jumlah Pelanggan Seluler (jiwa)				
		Kecamatan				
		Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru
1	Telkomsel	55152	55534	34623	54096	56139
2	Flexi	23367	23529	14669	22920	23785
3	Indosat	9096	9159	5710	8921	9258
4	XL Axiata	26156	26338	16420	25655	26624
5	Esia	4020	4048	2524	3943	4092
6	Smartfren	2513	2530	1577	2465	2558
7	Axis	5327	5364	3344	5225	5422

(Sumber : Perhitungan)

4.3.3 Faktor Penetrasi

Faktor penetrasi merupakan faktor yang menunjukkan tingkat kebutuhan telepon. Faktorr penetrasi dihitung berdasarkan persamaan:

$$FP = \frac{\text{Existing_Subscriber} + \text{Waiting_List} + \text{Supressed_Demand}}{\Sigma \text{Bangunan}} \dots\dots\dots (4-9)$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka akan didapatkan nilai faktor penetrasi di Kecamatan Kedungkandang:

$$FP = \frac{\text{Existing_Subscriber} + \text{Waiting_List} + \text{Supressed_Demand}}{\Sigma \text{Bangunan}}$$

$$FP = \frac{7210 + 23367 + 125631}{1874730} = 0.08$$

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama, maka faktor penetrasi di Kota Malang dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4.18 Nilai Faktor Penetrasi Kota Malang

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk 2013 (jiwa)	Jumlah Penduduk Usia Produktif (jiwa)	Faktor Penetrasi
1	Kedungkand	179473	125631	0,08
2	Sukun	180717	126502	0,12
3	Klojen	112668	78868	0,13
4	Blimbing	176035	123225	0,1
5	Lowokwaru	182684	127879	0,09
Jumlah		831577	582105	-

(Sumber : Perhitungan)

Setelah diketahui faktor penetrasi di masing-masing kecamatan, maka jumlah pelanggan CDMA20001x EVDO Rev-A pada tahun 2013 dapat dilihat pada tabel 4.19

$$\text{Pelanggan}_{\text{CDMA20001xEVDO}} = \text{Calon}_{\text{pelanggan}} \times \text{FaktorPenetrasi} \dots (4-10)$$

Tabel 4.19 Jumlah Pelanggan CDMA20001x EVDO Rev-A Tahun 2013

No	Kecamatan	User Operator	Faktor Penetrasi	Pelanggan CDMA20001x EVDO
1	Kedungkandang	23367	0,08	1869
2	Sukun	23529	0,12	2823
3	Klojen	14669	0,13	1907
4	Blimbing	22920	0,1	2292
5	Lowokwaru	23785	0,09	2141

(Sumber : Perhitungan)

4.4 Perhitungan Kebutuhan OBQ

Untuk mencapai hasil optimal, data untuk melakukan perhitungan meliputi kepadatan user/km², penetrasi layanan, durasi efektif, BHCA dan *bandwidth*. *Bandwidth* yang digunakan adalah *bandwidth forward*, karena trafik pada arah *forward* jauh lebih besar dibandingkan dengan trafik pada arah *reverse*. Dari hal tersebut maka akan diketahui trafik maksimum pada tiap layanan. Besarnya OBQ di tiap kecamatan dapat dicari menggunakan persamaan:

$$OBQ = \delta \times p \times d \times BHCA \times \textit{bandwidth} \text{ (bps/km}^2\text{)} \dots\dots\dots (4-11)$$

Keterangan :

- δ = Kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah (user/km²)
- p = Penetrasi pengguna tiap layanan
- d = Durasi atau lama panggilan efektif (hour)
- Bandwidth* = *Bandwidth* tiap layanan (kbps)
- BHCA = *Busy Hour Call Attempt* (Call/hour)

1. Kecamatan Kedungkandang

Dari persamaan 4-11 dan tabel 4.19 maka besarnya OBQ untuk wilayah Kecamatan Kedungkandang tahun 2013 adalah sebagai berikut :

- Σ user = 23367 pelanggan
- Luas urban = 39,89 km²
- Kepadatan user/km² (δ) = $\frac{23367 \textit{ user}}{39,89 \textit{ km}^2} = 585,79 \textit{ user/km}^2$

Total OBQ pada Kecamatan Kedungkandang adalah :

$$\begin{aligned} \Sigma OBQ_{\textit{layanan}} &= \sigma \times p \times d \times BHCA \times \textit{Bandwidth} \text{ (bps / km}^2\text{)} \\ \Sigma OBQ_{\textit{layanan}} &= 585,79 \times 0,08 \times 300 \times 0,095 \times 3100 \\ \Sigma OBQ_{\textit{layanan}} &= 4140363,72 \textit{ kbit / hour / km}^2 \\ \Sigma OBQ_{\textit{layanan}} &= 1150,1 \textit{ kbps / km}^2 \end{aligned}$$

Maka besarnya OBQ di Kecamatan Kedungkandang adalah sebesar 1006,3 kbps/km².

Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama, maka besarnya OBQ di kelima kecamatan di Kota Malang dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4.20 Hasil perhitungan OBQ Pada Teknologi EVDO Rev-A Kota Malang

Kecamatan	Kepadatan [δ] (User/km ²)	Penetrasi layanan (p)	Durasi [d] (s)	BHCA (call/se cond)	Bandwidth (kbps)	OBQ (Kbps/km ²)
Kedungkandang	585,79	0,08	1800	0,095	3100	6900,6
Sukun	1122,03	0,12	1800	0,069	3100	7200
Klojen	1661,3	0,13	1800	0,1	3100	33481,2
Blimbing	1289,8	0,1	1800	0,095	3100	18991,8
Lowokwaru	1052,4	0,09	1800	0,095	3100	13946,4

(Sumber : Perhitungan)

Perbedaan ketersediaan *bandwidth* pada teknologi 1x dan EVDO Rev-A mengakibatkan adanya selisih dari besarnya OBQ pada tiap daerah di Kota Malang. Besarnya OBQ di Kota Malang pada teknologi 1x dapat dilihat pada tabel 4.21

Tabel 4.21 Hasil perhitungan OBQ Pada Teknologi 1x Kota Malang

Kecamatan	Kepadatan [δ] (User/km ²)	Penetrasi layanan [p]	Durasi [d] (s)	BHCA (call/se cond)	Bandwidth (kbps)	OBQ (kbps/km ²)
Kedungkandang	585,79	0,08	300	0,05	144	28,12
Sukun	1122,03	0,12	300	0,05	144	80,79
Klojen	1661,3	0,13	300	0,05	144	129,58
Blimbing	1289,8	0,1	300	0,05	144	77,39
Lowokwaru	1052,4	0,09	300	0,05	144	56,83

(Sumber : Perhitungan)

4.5 Perhitungan Kapasitas Sistem

Kapasitas jaringan *wireless* (*fixed* atau *mobile wireless*) didefinisikan sebagai sebagai jumlah *user* yang dapat dilayani oleh *cell site* selama kriteria jenis layanan (QOS/GOS) terpenuhi. Maka kapasitas sistem untuk kelima kecamatan di Kota Malang adalah :

$$M_{\max} = G_p \left[\frac{\alpha}{\left(\frac{E_b}{N_0} \right) \cdot v_f \cdot (1+f)} \right] \quad (4-12)$$

Dimana :

$$G_p = \frac{W}{R}$$

$$\alpha = 1 - 10^{-0.1\eta}$$

Keterangan :

M_{\max} = Kapasitas kanal maksimum (*user*)

G_p = Processing *gain* atau senilai dengan (W/R)

E_b/N_0 = Rasio energi tiap bit terhadap total interferensi dan kerapatan daya *thermal noise* (dB)

η = *Interference Margin*

v_f = Faktor aktivitas trafik *voice* atau data = 1

f = Faktor interferensi dari sel lain = 0,7

1. Kecamatan Kedungkandang

Dari persamaan 4-12, maka perhitungan kapasitas kanal di Kecamatan Kedungkandang adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas}_{\text{ Sistem}}(N) = G_p \times \frac{\alpha}{\left(\frac{E_b}{N_0} \right) \times v_f \times (1+f)}$$

$$\text{Kapasitas}_{\text{ Sistem}}(N) = 128 \times \frac{1 - 10^{-0.1(5)}}{0.08 \times 1 \times (1 + 0,7)}$$

$$\text{Kapasitas}_{\text{ Sistem}}(N) = 643 \text{ user}$$

Dengan pembebanan sel sebesar 70%, maka kapasitas sistem di Kecamatan Kedungkandang menjadi sebesar 450 user.

Dengan metode perhitungan yang sama, maka kebutuhan trafik di Kota Malang dapat dilihat pada tabel 4.22

Tabel 4.22 Kapasitas Sistem per BTS dengan teknologi EVDO Rev-A di Kota Malang

No	Parameter	Kecamatan				
		Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru
1	Chip rate (kbps)	1228800	1228800	1228800	1228800	1228800
2	Data rate (bps)	9600	9600	9600	9600	9600
3	Eb/No (dB)	0,08	0,055	0,08	0,06	0,07
4	Interference Margin (η)	5	5	5	5	5
5	Faktor aktivasi data (V_f)	1	1	1	1	1
6	rasio interferensi luar sel (f)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Kapasitas sistem (user)	450	655	450	600	514

(Sumber : Perhitungan)

Sama halnya pada perhitungan OBQ, perbedaan *chip rate* pada teknologi 1x dan EVDO Rev-A mengakibatkan perbedaan besarnya kapasitas sistem pada tiap daerah di Kota Malang. Besarnya kapasitas BTS di Kota Malang pada teknologi 1x dapat dilihat pada tabel 4.23

Tabel 4.23 Kapasitas Sistem per BTS dengan teknologi 1x di Kota Malang

No	Parameter	Kecamatan				
		Kedungkandang	Sukun	Klojen	Blimbing	Lowokwaru
1	Chip rate (kbps)	307,2	307,2	307,2	307,2	307,2

2	Bit rate (bps)	9600	9600	9600	9600	9600
3	Eb/No (dB)	0,08	0,055	0,08	0,06	0,07
4	Interference Margin (η)	5	5	5	5	5
5	Faktor aktifasi data (Vf)	1	1	1	1	1
6	rasio interferensi luar sel (f)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Kapasitas Kanal (user)	112	163	112	150	129

(Sumber : Perhitungan)

4.6 Perhitungan Bit Rate

Bit Rate adalah kecepatan pengiriman informasi melalui media transmisi yang dinyatakan dengan persamaan :

$$R = Bw_{Kanal} \times \log n \dots \dots \dots (4-13)$$

Keterangan :

- R = Bit Rate (bps)
- Bw = Bandwidth kanal yang digunakan (Hz)
- n = Banyaknya simbol

Modulasi yang digunakan jaringan CDMA adalah BPSK, QPSK, 8-PSK dan 16-QAM. Berdasarkan persamaan 4-13 maka nilai bit rate untuk tiap modulasi adalah :

- Modulasi BPSK
Modulasi BPSK mempunyai 1 bit untuk setiap simbol, maka jumlah n = 2 (0 dan 1). Dengan bandwidth kanal (Bw) sebesar 1,25 MHz, maka nilai bit rate modulasi ini adalah:

$$R = Bw_{kanal} \times \log n$$

$$R = (1,25 \times 10^6) \times \log 2$$

$$R = 1,25 Mbps$$

- Modulasi QPSK

Modulasi QPSK mempunyai 2 bit untuk setiap simbol, maka jumlah $n = 4$ (00, 01, 10 dan 11). Dengan *bandwidth* kanal (B_w) sebesar 1,25 MHz, maka nilai *bit rate* modulasi ini adalah:

$$R = B_{w_kanal} \times 2 \log n$$

$$R = (1,25 \times 10^6) \times 2 \log 4$$

$$R = 2,5 \text{ Mbps}$$

- Modulasi 8-PSK

Modulasi 8-PSK mempunyai 3 bit untuk setiap simbol, maka jumlah $n = 8$ (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 dan 111). Dengan *bandwidth* kanal (B_w) sebesar 1,25 MHz, maka nilai *bit rate* modulasi ini adalah:

$$R = B_{w_kanal} \times 2 \log n$$

$$R = (1,25 \times 10^6) \times 2 \log 8$$

$$R = 3.75 \text{ Mbps}$$

- Modulasi 16-QAM

Modulasi 16-QAM mempunyai 4 bit untuk setiap simbol, maka jumlah $n = 16$ (0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111). Dengan *bandwidth* kanal (B_w) sebesar 1,25 MHz, maka nilai *bit rate* modulasi ini adalah:

$$R = B_{w_kanal} \times 2 \log n$$

$$R = (1,25 \times 10^6) \times 2 \log 16$$

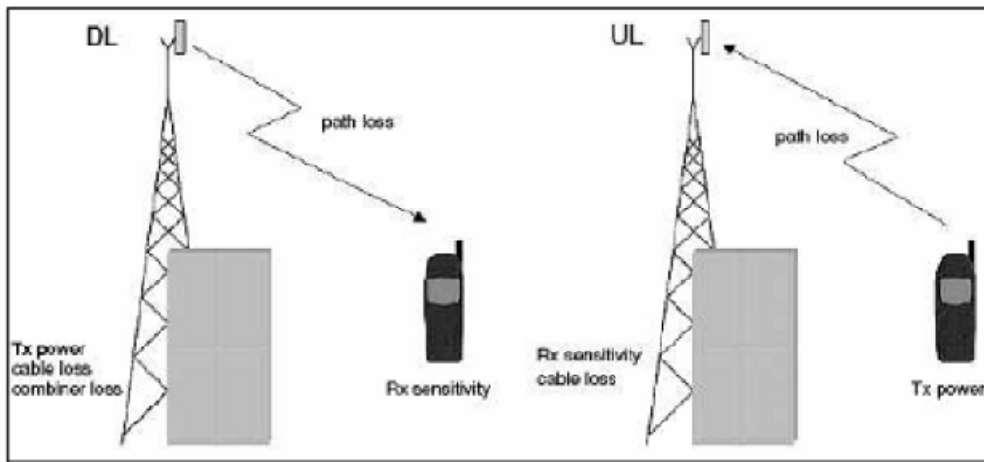
$$R = 5 \text{ Mbps}$$

Dengan memperhatikan perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah bit di setiap simbol akan menghasilkan *bit rate* yang lebih besar. Modulasi yang digunakan pada jaringan CDMA merupakan modulasi adaptif, dimana sistem modulasi yang digunakan dapat menyesuaikan dengan keadaan lingkungan. Keempat jenis modulasi ini disesuaikan berdasarkan level daya yang diterima. Semakin besar level daya yang diterima maka menggunakan modulasi 16-QAM, jika level daya yang diterima semakin kecil maka menggunakan modulasi 8-PSK dan seterusnya.

4.7 Efisiensi Cakupan dan *Link Budget*

4.7.1 *Link Budget*

Perhitungan *link budget* bertujuan untuk mendapatkan nilai *path loss* yang nantinya dapat digunakan untuk menghitung sel radius. Dengan menggunakan parameter-parameter yang telah ditentukan maka akan didapatkan nilai maksimum *path loss* yang diperbolehkan. Parameter-parameter beserta rumus perhitungan *link budget* arah *forward* dan *reverse* ditunjukkan pada tabel 4.24 dan 4.25 .



Gambar 4.2 Parameter-Parameter *Link Budget*

(Sumber : Herlinawati, Penentuan Cakupan dan Kapasitas Sel Jaringan Universal Mobile Telecommunication System (UMTS))

Tabel 4.24 *Reverse Link Budget* EVDO Rev-A

1x EVDO Reverse Link Budget	Nilai Parameter
AT Tx Power (mW)	200
AT Tx Power (dBm)	23,0
AT Antenna Gain (dBi)	1,5
Body Loss (dB)	3,3
AT EIRP (dBm)	21,2
BTS Rx Antenna Gain (dBi)	17,0
BTS Cable Loss (dB)	3,0

BTS Noise Figure	5,0
BTS Thermal Noise (dBm/Hz)	-169,0
Data Rate (bps)	9600
Data Rate (dBHz)	39,8
Required Eb/No per Antenna (dB)	6,6
Load Margin (dB)	5,0
BTS Receiver Sensitivity (dBm)	-117,6
Log Normal Stdev (dB)	8,0
Log Normal Fade Margin (dB)	10,3
Soft Handoff Gain (dB)	4,1
Differential Fade Margin (dB)	2,1
Building/Vehicle Penetration Loss (dB)	10,0

(Sumber : *Link Budget of cdma2000 Wireless Internet Access System*, P.J Black and Q.Wu)

$$L_{max} = EIRP - \text{Sensitivitas} + G_{BTS} - L_{cable} - FM + G_{SHO} - L_{penetration} \dots\dots (4-14)$$

Dengan :

$$EIRP = P_{MS} + G_{MS} - L_{body}$$

$$\text{Sensitivitas} = E_b/N_o + N_o + I_m + \text{Information Rate} + NF_{BTS}$$

Berdasarkan persamaan 4-13 maka besarnya *Maximum Allowable Pathloss* arah *reverse* untuk Kota Malang adalah:

- EIRP = MS Tx Power (P_{MS}) + MS Antenna Gain (G_{MS}) - Body Loss
- EIRP = 23 (dBm) + 1,5 (dBi) - 3,3 (dB)
- EIRP = 21,2 dBm

- BTS Receiver Sensitivity = $E_b/N_o + N_o + I_m + \text{Information Rate} + NF_{BTS}$

$$\text{BTS Receiver Sensitivity} = 6,6 \text{ (dB)} + -169 \text{ (dBm/Hz)} + 5,0 \text{ (dB)} + 39,8 \text{ (dBHz)} + 5$$

$$\text{BTS Receiver Sensitivity} = -117,6 \text{ dBm}$$

Sehingga perhitungan *Maximum Path Loss Allowable* (MAPL) dapat di cari dengan persamaan 4-9 yaitu sebagai berikut :

$$L_{\max} = \text{EIRP} - \text{Sensitivitas} + G_{\text{BTS}} - L_{\text{cable}} - FM + G_{\text{SHO}} - L_{\text{penetration}}$$

$$L_{\max} = 21,2 \text{ (dBm)} - -117,6 \text{ dBm} + 17 \text{ (dBi)} - 3,0 \text{ (dB)} - 10,3 \text{ (dB)} + 4,1 \text{ (dB)} - 2,1 \text{ (dB)} - 10 \text{ (dB)}$$

$$L_{\max} = 134,5 \text{ dB}$$

Maka besarnya redaman lintasan maksimum yang diijinkan dalam *link budget* arah *reverse* yaitu 134,5 dB.

Tabel 4.25 Forward Link Budget EVDO Rev-A

1X EVDO FORWARD LINK BUDGET	Nilai Parameter
Data Rate (dB/Hz)	209,691
BTS Tx Power (dBm)	41,8
BTS Antenna Gain (dBi)	17
Body Loss (dB)	3
BTS EIRP for data channel (dBm)	55,8
MS Rx Antenna Gain (dBi)	0
BTS Cable Loss (dB)	3
BTS Noise Figure (dB)	9
BTS Thermal Noise (dBm/Hz)	-165
Total Io/No per antenna (dB)	2,5
MS Receiver sensitivity (dBm)	-101.6
Log-Normal Fade Margin (dB)	10,3
Soft Handoff Gain (dB)	4,1

Building Penetration Loss (dB)	10
-----------------------------------	----

(**Sumber** : *Link Budget of cdma2000 Wireless Internet Access System*, P.J Black and Q.Wu)

$$L_{\max} = \text{EIRP} - \text{Sensitivitas} + G_{\text{BTS}} - L_{\text{cable}} - \text{FM} + G_{\text{SHO}} - L_{\text{penetration}} \dots (4-15)$$

Dengan :

$$\text{EIRP} = P_{\text{BTS}} + G_{\text{BTS}} - \text{Cable Loss}$$

$$\text{Sensitivitas} = E_b/N_o + N_o + I_m + \text{Information Rate} + NF_{\text{BTS}}$$

Berdasarkan persamaan 4-13 maka besarnya *Maximum Allowable Pathloss* arah *forward* untuk Kota Malang adalah:

- EIRP = BTS Tx Power (P_{BTS}) + BTS Antenna Gain (G_{BTS}) – Cable Loss
- EIRP = 41,8 (dBm) + 17 (dBi) – 3 (dB)
- EIRP = 55,8 dBm

- MS Receiver Sensitivity = *Thermal Noise* + I_o/N_o + *Bandwidth*
- MS Receiver Sensitivity = -165 (dBm/Hz) + 2,5 (dB) + 60,9 (dB/Hz)
- MS Receiver Sensitivity = -101,6 dBm

Sehingga perhitungan *Maximum Path Loss Allowable* (MAPL) dapat di cari dengan persamaan 4-9 yaitu sebagai berikut :

$$L_{\max} = \text{EIRP} - \text{Sensitivitas} + G_{\text{MS}} - L_{\text{Body}} - \text{FM} + G_{\text{SHO}} - L_{\text{penetration}}$$

$$L_{\max} = 55,8(\text{dBm}) - -101,6\text{dBm} + 0 (\text{dBi}) - 3,0 (\text{dB}) - 10,3 (\text{dB}) + 4,1 (\text{dB}) - 10 (\text{dB})$$

$$L_{\max} = 138,2 \text{ dB}$$

Maka besarnya redaman lintasan maksimum yang diijinkan dalam *link budget* arah *forward* yaitu 138,2 dB.

4.7.2 Efisiensi Cakupan

Setelah diketahui nilai MAPL, selanjutnya adalah mengitung jari-jari sel sesuai dengan model propagasi Okumura-Hatta. Tujuan dari perhitungan efisiensi cakupan adalah untuk mengetahui apakah BTS CDMA EVDO Rev-A yang terdapat di Kota Malang mampu meng-cover sejumlah wilayah layanan sesuai dengan kebutuhan. Pemilihan model propagasi Okumura-Hatta karena frekuensi kerja yang digunakan adalah 800MHz untuk layanan EVDO Rev-A, sesuai dengan *range* frekuensi metode propagasi Okumura-Hatta yaitu 150-1500MHz. Pada penelitian ini, daerah pengukuran dibagi menjadi daerah Urban dan Sub urban dengan perhitungan arah *forward* dan *reverse*. Besarnya luas sel per BTS dapat di hitung dengan mengalikan radius kuadrat dengan 2,6 seperti yang dinyatakan dalam persamaan (4-16)

$$L_{Area} = 2,6 \times r^2 \dots\dots\dots (4-16)$$

Keterangan :

L_{Area} = Luas area sel (Km²)

r = Radius sel (Km)

4.7.2.1 Radius Reverse Link

- **Daerah Urban**

Pada penelitian ini, Kecamatan Klojen diklasifikasikan sebagai daerah Urban sehingga perhitungan rugi propagasinya adalah sebagai berikut :

Untuk besarnya faktor koreksi tinggi antenna penerima efektif ($a(h_m)$) di daerah Urban adalah sebagai berikut:

$$a(h_m) = 3,2 (\log 11,75 \times h_m)^2 - 4,97$$

$$a(h_m) = 3,2 (\log 11,75 \times 1,5)^2 - 4,97$$

$$a(h_m) = 3,2 (2,576) - 4,97$$

$$a(h_m) = 3,27$$

Sesuai dengan ketentuan daerah Urban yang menggunakan frekuensi 800MHz, besarnya $C_1 = 69,55$ dan $C_2 = 26,16$. Maka, besarnya jari-jari sel di daerah Urban adalah :

$$L_U (dB) = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log (h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log (h_b)] \log d$$

$$134,5 = 69,55 + 26,16 \log (800) - 13,82 \log (30) - 3,27 + [44,9 - 6,55 \log (30)] \log d$$

$$134,5 = 69,55 + 75,94 - 20,41 - 3,27 + (35,22) \log d$$

$$134,5 = 121,181 + 35,22 \log d$$

$$\text{Log } d = 0,378$$

$$d = 2,4 \text{ km}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa besarnya jari-jari sel di Kecamatan Klojen adalah sebesar 2,4 km. Dengan menggunakan antenna tipe hexagonal, maka luas cakupan sel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4-16 adalah :

$$L_{Area} = 2,6 \times d^2$$

$$L_{Area} = 2,6 \times (2,4)^2$$

$$L_{Area} = 14,9 \text{ km}^2$$

- **Daerah Sub-Urban**

Pada penelitian ini, Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Blimbing dan Lowokwaru diklasifikasikan sebagai daerah Sub-Urban sehingga perhitungan jari-jari selnya adalah sebagai berikut :

$$d = \frac{(MAPL - 69,55 - 26,16 \log f + 13,82 \log h_{BTS} + P)}{44,9 - 6,55 \log h_{BTS}}$$

dengan

$$P = a(h_{MS}) + 2 \left(\log \frac{f}{28} \right)^2 + 5,4$$

Untuk besarnya faktor koreksi tinggi antenna penerima efektif ($a(h_m)$) di daerah Sub-Urban adalah sebagai berikut:

$$a(h_m)_{(dB)} = (1,1 \log f_c - 0,7) h_m - (1,56 \log f_c - 0,8)$$

$$a(h_m)_{(dB)} = (1,1 \log (800) - 0,7) 1,5 - (1,56 \log (800) - 0,8)$$

$$a(h_m)_{(dB)} = 0,011$$

$$P = a(h_{MS}) + 2 \left(\log \frac{f}{28} \right)^2 + 5,4$$

$$P = 0,011 + 4,239 + 5,4$$

$$P = 9,65$$

Maka, besarnya jari-jari sel di daerah Sub-Urban adalah sebagai berikut :

$$d = \log^{-1} \frac{(MAPL - 69,55 - 26,16 \log f + 13,82 \log h_{BTS} + P)}{44,9 - 6,55 \log h_{BTS}}$$

$$d = \log^{-1} \frac{134,5 - 69,55 - 26,16 \log(800) + 13,82 \log(60) + 9,65}{44,9 - 6,55 \log(60)}$$

$$d = \log^{-1} \frac{23,23}{33,25}$$

$$d = 4,99 \text{ km}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa besarnya jari-jari sel untuk daerah Sub-Urban adalah sebesar 4,99 km. Dengan menggunakan antenna tipe hexagonal, maka luas cakupan sel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4-16 adalah :

$$L_{Area} = 2,6 \times d^2$$

$$L_{Area} = 2,6 \times (4,99)^2$$

$$L_{Area} = 64,7 \text{ km}^2$$

Dengan menggunakan metode yang sama, maka radius untuk wilayah Sub-Urban dapat dihitung sesuai dengan tabel 4-26

Tabel 4.26 Radius Wilayah Urban dan Sub-urban di Kota Malang

No	Kecamatan	Kategori Wilayah	Jumlah Pelanggan	Radius (km)	Luas Area Sel (km ²)
1	Kedungkan dang	Sub-Urban	1869	4,99	64,7
2	Sukun	Sub-Urban	2823	4,99	64,7
3	Klojen	Urban	1907	2,4	14,9
4	Blimbing	Sub-Urban	2292	4,52	53,,1
5	Lowokwaru	Sub-Urban	2141	3,67	35

(Sumber : Perhitungan)

4.7.2.2 Radius Forward Link

- **Daerah Urban**

Pada penelitian ini, Kecamatan Klojen diklasifikasikan sebagai daerah Urban sehingga perhitungan rugi propagasinya adalah sebagai berikut :

Untuk besarnya faktor koreksi tinggi antenna penerima efektif ($a(h_m)$) di daerah Urban adalah sebagai berikut:

$$a(h_m) = 3,2 (\log 11,75 \times h_m)^2 - 4,97$$

$$a(h_m) = 3,2 (\log 11,75 \times 1,5)^2 - 4,97$$

$$a(h_m) = 3,2 (2,576) - 4,97$$

$$a(h_m) = 3,27$$

Sesuai dengan ketentuan daerah Urban yang menggunakan frekuensi 800MHz, besarnya $C_1 = 69,55$ dan $C_2 = 26,16$. Maka, besarnya jari-jari sel di daerah Urban adalah :

$$L_{U(dB)} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log d$$

$$138,2 = 69,55 + 26,16 \log(800) - 13,82 \log(30) - 3,27 + [44,9 - 6,55 \log(30)] \log d$$

$$138,2 = 69,55 + 75,94 - 20,41 - 3,27 + (35,22) \log d$$

$$138,2 = 121,81 + 35,22 \log d$$

$$\log d = 0,483$$

$$d = 3,04 \text{ km}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa besarnya jari-jari sel di Kecamatan Klojen untuk *Forward link* adalah sebesar 3,04 km. Dengan menggunakan antenna tipe hexagonal, maka luas cakupan sel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4-16 adalah :

$$L_{Area} = 2,6 \times d^2$$

$$L_{Area} = 2,6 \times (3,04)^2$$

$$L_{Area} = 24,03 \text{ km}^2$$

- **Daerah Sub-Urban**

Pada penelitian ini, Kecamatan Kedungkandang, Sukun, Blimbing dan Lowokwaru diklasifikasikan sebagai daerah Sub-Urban sehingga perhitungan jari-jari selnya adalah sebagai berikut :

$$d = \frac{(MAPL - 69,55 - 26,16 \log f + 13,82 \log h_{BTS} + P)}{44,9 - 6,55 \log h_{BTS}}$$

dengan

$$P = a(h_{MS}) + 2 \left(\log \frac{f}{28} \right)^2 + 5,4$$

Untuk besarnya faktor koreksi tinggi antenna penerima efektif ($a(h_m)$) di daerah Sub-Urban adalah sebagai berikut:

$$a(h_m)_{(dB)} = (1,1 \log f_c - 0,7) h_m - (1,56 \log f_c - 0,8)$$

$$a(h_m)_{(dB)} = (1,1 \log (800) - 0,7) 1,5 - (1,56 \log (800) - 0,8)$$

$$a(h_m)_{(dB)} = 0,011$$

$$P = a(h_{MS}) + 2 \left(\log \frac{f}{28} \right)^2 + 5,4$$

$$P = 0,011 + 4,239 + 5,4$$

$$P = 9,65$$

Maka, besarnya jari-jari sel di daerah Sub-Urban adalah sebagai berikut :

$$d = \log^{-1} \frac{(MAPL - 69,55 - 26,16 \log f + 13,82 \log h_{BTS} + P)}{44,9 - 6,55 \log h_{BTS}}$$

$$d = \log^{-1} \frac{138,2 - 69,55 - 26,16 \log(800) + 13,82 \log(60) + 9,65}{44,9 - 6,55 \log(60)}$$

$$d = \log^{-1} \frac{26,93}{33,25}$$

$$d = 6,45 \text{ km}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa besarnya jari-jari sel untuk daerah Sub-Urban untuk *Forward Link* adalah sebesar 6,45 km. Dengan menggunakan antenna tipe hexagonal, maka luas cakupan sel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4-16 adalah :

$$L_{Area} = 2,6 \times d^2$$

$$L_{Area} = 2,6 \times (6,45)^2$$

$$L_{Area} = 108,2 \text{ km}^2$$

4.8 Pembahasan

4.8.1 Analisis OBQ Teknologi 1x dan EVDO Rev-A

Berdasarkan tabel 4.20, besarnya OBQ untuk teknologi EVDO Rev-A jauh lebih besar dibandingkan dengan teknologi 1x. Yang mana hal ini disebabkan karena adanya peningkatan *data rate* baik pada sisi *forward link* maupun *reverse link*. Untuk Kecamatan Kedungkandang (Wilayah Sub Urban), besarnya trafik yang disediakan pada teknologi 1x yaitu 24,6 kbps/km² sedangkan pada teknologi EVDO RevA, trafik yang diberikan yaitu sebesar 1006,3 kbps/km². Pada kasus lain, Kecamatan Klojen (Wilayah Urban) mengalami peningkatan trafik setelah teknologi di *upgrade* menjadi EVDO Rev-A. Pada awalnya, di kecamatan ini trafik yang disediakan BTS adalah sebesar 109,6 kbps/km² untuk teknologi 1x dan meningkat menjadi 4720,6 kbps/km² untuk teknologi EVDO Rev-A. Perbedaan OBQ pada kedua teknologi ini dapat dilihat pada tabel 4.27

Tabel 4.27 Perbandingan OBQ pada teknologi 1x dan EVDO Rev-A

Kecamatan	1x		EVDO Rev-A	
	Data Rate (kbps)	OBQ (kbps/km ²)	Data Rate (kbps)	OBQ (kbps/km ²)
Kedungkandang	144	24,6	3100	6900,6
Sukun	144	67,3	3100	7200
Klojen	144	109,6	3100	33481,2
Blimbing	144	69,6	3100	18991,8
Lowokwaru	144	50,5	3100	13946,4

(Sumber : Perhitungan)

Besarnya OBQ yang tertera pada tabel 4.27 baik teknologi 1x maupun EDO Rev-A merupakan kapasitas trafik maksimum yang dapat diberikan setiap BTS di Kota Malang. Dari tabel 4.27 dapat diketahui bahwa teknologi EVDO Rev-A mampu memberikan kecepatan data yang lebih tinggi dibandingkan pada teknologi 1x.

4.8.2 Analisis Kapasitas Sistem Teknologi 1x dan EVDO Rev-A

Berdasarkan tabel 4.22 dan 4.23 dapat diketahui bahwa kapasitas sistem yang disediakan per-BTS memiliki nilai yang jauh berbeda antara teknologi 1x dengan EVDO Rev-A. Hal ini dikarenakan nilai *chiprate* yang terdapat pada teknologi 1x jauh lebih kecil dibandingkan dengan yang ada pada teknologi EVDO Rev-A. Pada Kecamatan Sukun, kapasitas dalam jumlah user sebesar 935 user pada teknologi EVDO Rev-A dan sebesar 233 user pada teknologi 1x. Untuk besarnya kanal pada wilayah urban, BTS di Kecamatan Klojen menyediakan kapasitas sebesar 643 user untuk teknologi EVDO Rev-A sedangkan pada teknologi 1x hanya sebesar 160 user. Perbedaan kanal per-BTS di Kota Malang dengan teknologi 1x dan EVDO Rev-A dapat dilihat pada tabel 4.28

Tabel 4.28 Perbedaan Kapasitas Sistem per-BTS Kota Malang pada Teknologi 1x dan EVDO Rev-A

Kecamatan	Kapasitas per-BTS teknologi 1x (user)	Kapasitas per-BTS teknologi EVDO Rev-A (user)
Kedungkandang	112	450
Sukun	163	655
Klojen	112	450
Blimbing	150	600
Lowokwaru	129	514

(Sumber : Perhitungan)

Ditinjau dari tabel 4.27 dan 4.28, besarnya OBQ dan kapasitas sistem yang dimiliki teknologi EVDO Rev-A membuat teknologi ini mampu meng-handle semua layanan-layanan *High Multimedia* seperti *file transfer*. Operator melakukan migrasi semua jaringan, sehingga pelanggan dari operator ini dapat menikmati layanan berkecepatan tinggi. Namun yang menjadi kendala adalah dengan melakukan migrasi seluruh jaringan tersebut, maka otomatis *User Equipment* (UE) setiap pengguna harus ikut menyesuaikan dengan perubahan tersebut. Hal

ini dapat dilakukan dengan membeli perangkat komunikasi yang baru, atau operator memberikan jasa tukar tambah UE bagi setiap pelanggannya.

4.8.3 Analisis Lingkungan Propagasi Terhadap *PathLoss* dan Radius Sel

Lingkungan propagasi yang berbeda mengakibatkan perbedaan radius sel seperti yang terlihat pada perhitungan radius sel arah *reverse* dan *forward*. Dari perhitungan dapat diketahui bahwa daerah urban mempunyai radius sel yang lebih kecil dibandingkan daerah Suburban. Di daerah urban, terlihat bahwa rugi-rugi yang relative besar disebabkan karena pengguna dekat dengan gedung dan rintangan lain yang mengakibatkan terhalangnya sinyal komunikasi. Sedangkan pada daerah sub-urban rugi-rugi yang terjadi relative lebih kecil karena sedikitnya rintangan yang menghalangi sinyal komunikasi, sehingga radius sel lebih besar dibandingkan daerah urban. Dan didapatkan juga bahwa radius sel arah *reverse* < dari radius sel arah *forward*.

Tabel 4.29 Hubungan Lingkungan Propagasi terhadap Radius Sel

Lingkungan Propagasi	<i>Reverse Link</i>		<i>Forward Link</i>	
	Radius Sel (km)	Luas Area (km ²)	Radius Sel (km)	Luas Area (km ²)
Urban	2,4	14,9	3,04	24,03
Sub-Urban	4,99	64,7	6,45	108,2

(Sumber : Perhitungan)

4.8.4 Analisis Jumlah User Terhadap Radius Sel

Hubungan antara pertambahan jumlah user terhadap radius sel dapat dilihat pada tabel 4.30. Perbandingan ini dilakukan dengan merubah besarnya *interference margin* yang nantinya akan mempengaruhi nilai MAPL, radius sel dan jumlah user.

Tabel 4.30 Hubungan Jumlah *User* Terhadap Radius Sel

<i>Interference Margin</i>	MAPL (dB)	Radius Sel Urban (km)	Radius Sel Sub-Urban (km)	Jumlah User
0	134,5	2,38	3,47	0

1	133,5	2,23	3,25	2
2	132,5	2,09	3,05	5
3	131,5	1,96	2,86	6
4	130,5	1,83	2,68	7
5	129,5	1,72	2,51	8
6	128,5	1,61	2,35	9
7	127,5	1,51	2,2	10
8	126,5	1,41	2,06	10
9	125,5	1,32	1,93	10
10	124,5	1,24	1,81	11
11	123,5	1,16	1,69	11
12	122,5	1,09	1,58	11
13	121,5	1,02	1,49	11
14	120,5	0,95	1,39	11
15	119,5	0,89	1,3	12
16	118,5	0,84	1,22	12
17	117,5	0,78	1,14	12
18	116,5	0,74	1,07	12
19	115,5	0,69	1	12
20	114,5	0,65	0,94	12

(Sumber : Perhitungan)

Dari tabel 4.30 dapat diketahui bahwa perhitungan *link budget* mempengaruhi besarnya *pathloss*, radius sel dan jumlah user dalam sel. Tabel 4.30 menyatakan hubungan antara kapasitas sistem dalam jumlah user dengan radius sel. Berdasarkan tabel, dengan meningkatnya jumlah user akan berdampak pada menurunnya radius sel pada dua buah lingkungan propagasi radio. Dapat diketahui pula bahwa kapasitas maksimum user terjadi pada radius 0,65 km dengan jumlah user mencapai 12 user dan untuk maksimum radius sel wilayah urban diketahui sebesar 2,38 km dan sebesar 3.47 km untuk wilayah Sub-Urban.

4.8.5 Analisis MAPL Terhadap Jumlah User

Dari tabel 4.30, didapatkan bahwa peningkatan jumlah user akan berdampak pada menurunnya *pathloss*, dimana keadaan ini mengakibatkan menurunnya cakupan sel. Peningkatan kapasitas terjadi akibat bertambahnya beban sel di dalam sistem, beban sel yang bertambah akan berdampak pada meningkatnya *interference margin* pada BS. Sehingga dengan meningkatnya

interference margin akan berdampak pada berkurangnya *path loss*. Dan pada akhirnya dengan semakin bertambahnya jumlah *user* maka akan mengakibatkan menurunnya cakupan suatu sel.

Peristiwa *Cell Breathing* pada sel CDMA terjadi apabila suatu sel sedang padat user mengakibatkan meningkatnya interferensi pada sel tersebut. Peningkatan interferensi ini akan menurunkan nilai E_b/N_0 sistem. Menurunnya nilai E_b/N_0 berarti menurunkan kualitas komunikasi yang terjadi. Pada kondisi ini *Base Station* akan menurunkan level sinyal pilotnya. Dengan turunnya sinyal pilot maka ukuran sel akan mengecil. User yang berada pada pinggir sel akan menerima pilot yang lebih kecil sehingga akan terjadi *handoff* ke sel tetangganya.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Teknologi EVDO Rev-A mengalami peningkatan pada OBQ (*Offered Bit Quantity*) yang disediakan, kapasitas sitem yang dapat dilayani tiap BTS dan radius sel baik Wilayah Urban dan Sub-Urban.
2. Nilai kapasitas sistem teknologi EVDO Rev-A mengalami peningkatan baik di Wilayah Sub-Urban maupun Urban.
Wilayah Sub-Urban Kecamatan Sukun:
 - Teknologi 1x : Kapasitas sistem sebesar 163 user.
 - Teknologi EVDO Rev-A : Kapasitas yang disediakan sebesar 655 user.Wilayah Urban Kecamatan Klojen :
 - Teknologi 1x : kapasitas sistem sebesar 112 user.
 - Teknologi EVDO Rev-A : Kapasitas yang disediakan sebesar 450 user.
3. Nilai OBQ (*Offered Bit Quantity*) teknologi EVDO Rev-A mengalami peningkatan karena adanya peningkatan *data rate* baik di Wilayah Sub-Urban maupun Urban.
Wilayah Sub-Urban Kecamatan Kedungkandang:
 - Teknologi 1x : Nilai OBQ yang disediakan yaitu 69,6 kbps/km².
 - Teknologi EVDO Rev-A : Nilai OBQ meningkat menjadi 18991,8kbps/km².Wilayah Urban Kecamatan Klojen :
Teknologi 1x :Nilai OBQ yang disediakan yaitu 109,6kbps/km².
Teknologi EVDO Rev-A : Nilai OBQ meningkat menjadi 33481,2 kbps/km².

4. Lingkungan propagasi yang berbeda pada teknologi EVDO Rev-A mengakibatkan perbedaan radius sel baik dari arah *forward* maupun arah *reverse*.

Wilayah Urban dengan tinggi antenna 30m, besarnya radius sel pada :

- Arah *reverse* yaitu sebesar 2,4 km.
- Arah *forward* yaitu sebesar 3,04 km.

Wilayah Sub-Urban dengan tinggi antenna 60m, besarnya radius sel pada:

- Arah *reverse* yaitu sebesar 4,99 km.
- Arah *forward* yaitu sebesar 6,45 km.

Dapat disimpulkan bahwa radius pada daerah urban lebih kecil jika dibandingkan dengan daerah Sub-Urban dan radius pada arah *reverse* lebih kecil dibandingkan arah *forward*.

5. Nilai dari parameter *interference margin* mempengaruhi besarnya *pathloss*, radius sel dan jumlah user dalam sel. Semakin besar nilai *interference margin* maka nilai *pathloss* akan menurun dan mengakibatkan radius di dua lingkungan propagasi yang berbeda (urban dan Sub-urban) ikut menurun. Dengan berkurangnya nilai radius di suatu daerah akan mempengaruhi jumlah user yang dapat terlayani di daerah tersebut. Semakin padat jumlah user, maka radius sel akan semakin mengerut/mengecil sesuai dengan prinsip *cell breathing* pada jaringan CDMA.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kajian untuk layanan *mobile multimedia* pada teknologi EVDO Rev-A.
2. Perlu di analisis performansi layanan *teleconference* pada teknologi EVDO Rev-A.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2004. PL-5 Planning & Design Radio Access Network (RAN).
Bandung: Penerbit PT.Telkom Indonesia Tbk.
- De Nardis, Luca. 2007. TDMA, FDMA, and CDMA. Roma: University of Rome La Sapienza
- Edvian, Rosmida Syarif. Materi Pelatihan Teknologi 1xEVDO Rev-A. Jakarta :
Penerbit : Telkom Learning Center
- Herlinawati, 2008. Penentuan Cakupan dan Kapasitas Sel Jaringan Universal Mobile Telecommunication System (Umts), Lampung.
- Irawan, I Putu Dody, 2009. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI), Yogyakarta.
- Lee, William C.Y, 1993. Mobile Communication Design Fundamental, John Willy-Interscience Publication, Singapura.
- Masyitha, 2008. Studi Implementasi Jaringan CDMA20001x EVDO di PT. Smart Telecom Jakarta , IT Telkom.
- Parkway, Nelson C White, 2002. CDMA/CDMA20001x RF *Planning Guide*. USA : Motorola Inc.
- P.J Black and Q.Wu, 2002. *Link Budget of cdma2000 Wireless Internet Access System*.
- Qualcomm Inc, 2001. 1xEV: 1x EVolution IS-856 TIA/EIA Standard Revision 7.2.
- Tim BPS, 2009. Kota Malang Dalam Angka (Malang City in Figure). Malang:
Penerbit : Badan Pusat Statistik
- Usman, Uke Kurniawan, 2009. Sistem Komunikasi Seluler CDMA 2000-1x.
Bandung: Penerbit INFORMATIKA.
- ZTE-STTTelkom Asian Pacific Training. Basic Concept CDMA 20001X. Bandung
purwakarta.org/flash/cdma2000.pdf
tewe.wordpress.com/2008/05/29/spread-spectrum/ (di akses 29 Mei 2008)
www.bisnis-kti.com (di akses 6 Mei 2012)

www.Electronicdesign.com

<http://www.wirelesscommunication.nl>

