

**PENENTUAN KUALITAS PELAYANAN (*QUALITY OF SERVICE*) PENYEDIA JARINGAN CDMA EVDO
MENGUNAKAN NEMO *OUTDOOR***

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



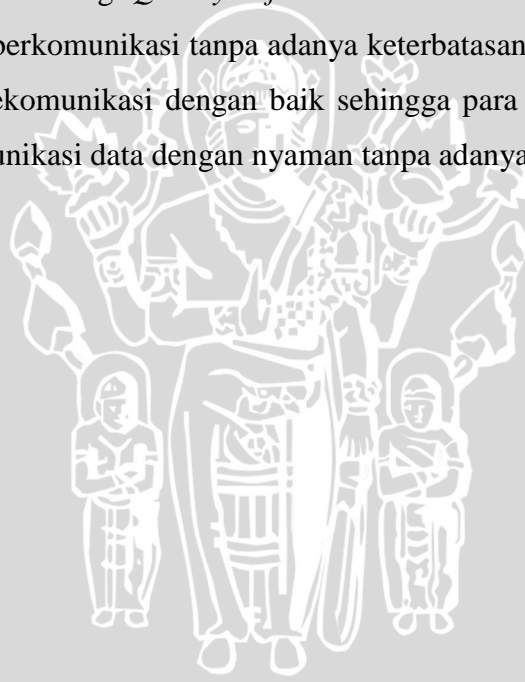
Disusun oleh:
NIZAR GHOZALI HABIBAR
NIM. 0910632014-63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2012**

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan berkah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Penentuan Kualitas Pelayanan (*Quality Of Service*) Penyedia Jaringan CDMA EVDO Menggunakan NEMO *Outdoor*** ”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Kajian analisis pada tulisan ini berisi tentang bagaimana Kualitas Pelayanan Penyedia Jaringan CDMA EVDO di kota Jakarta (BTS Pasaraya Blok M). Saya menuliskan tentang *Quality Of Service* adalah karena kebutuhan manusia untuk saling berkomunikasi tanpa adanya keterbatasan, serta terjaminnya kualitas hubungan telekomunikasi dengan baik sehingga para pengguna layanan dapat melakukan komunikasi data dengan nyaman tanpa adanya kendala.



UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak M. Azis Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Telekomunikasi.
4. Ibu Ir. Endah Budi Purnomowati, MT. dan bapak Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah banyak memberikan dukungan dan koreksi kepada penulis.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
6. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro.
7. Dian S. Fatmawati SE. yang telah banyak memberikan do'a dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan pada skripsi ini. Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penyusun maupun pihak lain yang menggunakannya.

Malang, Mei 2012

Penulis

ABSTRAK

NIZAR GHOZALI HABIBAR., Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2012, Penentuan Kualitas Pelayanan (*Quality of Service*) Penyedia Jaringan CDMA EVDO Menggunakan NEMO Outdoor, Dosen Pembimbing : Ir. Endah Budi Purnomowati MT. dan Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT.

Teknologi yang semakin maju seiring perkembangan jaman menyebabkan semakin banyaknya pengguna atau pelanggan sehingga arsitektur jaringan pun semakin kompleks. Misal pada teknologi CDMA yaitu CDMA 2000 1x yang berevolusi menjadi CDMA 1x EVDO. Dengan semakin kompleksnya arsitektur dari jaringan maka permasalahan yang timbul akan semakin kompleks pula sehingga komplain dari pelanggan pun akan semakin banyak pula. Oleh karena itu setiap penyedia jaringan atau operator dituntut agar dapat menyelesaikan permasalahan yang ada dengan cepat. Agar permasalahan dapat segera terselesaikan.

Dalam skripsi ini, akan dibahas kualitas jaringan CDMA EVDO yang dirasakan oleh setiap pelanggan *provider* dengan metode *drivetest* menggunakan program NEMO Outdoor. Dimana dengan *drivetest* bisa diketahui informasi RX Power atau RSL (*Received Signal Level*), SINR (*Signal to Interference and Noise Ratio*) atau C/I (*Carrier to Interference ratio*) dan *Throughput*. Dari informasi tersebut dapat mengetahui kinerja jaringan dari *provider*, sehingga bisa diketahui apakah keadaan jaringan suatu *provider* masih layak atau perlu di lakukan suatu perbaikan.

Berdasar pengukuran dan perhitungan yang dilakukan di area Pasaraya Blok M, Jakarta Selatan, nilai RX Power hasil *Drivetest* sesuai dengan hasil perhitungan matematis, yaitu bernilai lebih (> -69 dBm). Nilai SINR hasil *Drivetest* (< 7 dB) tidak sesuai dengan hasil perhitungan matematis (> 7 dB). Sedangkan untuk nilai *throughput* hasil *drivetest* pada pukul 09.00-1500 WIB (14 November 2011) tidak sesuai dengan hasil perhitungan matematis tetapi pada pukul 19.00-01.00 WIB (17 November 2011) sudah sesuai.

Kata kunci: QOS, *drivetest*, EVDO, RX Power, SINR, *Throughput*.

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK... ..	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Arsitektur Jaringan CDMA.....	5
2.2.1 <i>Access Network</i>	5
2.2.2 <i>Service Network</i>	6
2.2.3 <i>Network Database</i>	7
2.2.4 <i>Access Network-Authentication, Authrization and Accounting</i> (AN-AAA).....	7
2.2.5 <i>Home Agent (HA)</i>	8
2.3 Prinsip <i>Drivetest</i>	8
2.4 Parameter <i>Drivetest</i> Jaringan CDMA EVDO.....	10
2.4.1 RX Power atau (<i>Received Signal Level</i>).....	10
2.4.2 SINR (<i>Signal Interference and Noise Ratio</i>) atau $\frac{C}{I}$ (<i>Carrier to Interference ratio</i>).....	10
2.4.3 <i>Throughput</i>	11
2.5 NEMO	12
2.6 Teknologi Video <i>Streaming</i>	14
2.6.1 CODEC (<i>Coder/DECoder</i>)	14



2.6.1.1	H.264.....	15
2.6.1.2	<i>Advanced Audio Coding (AAC)</i>	16
2.6.2	Kualitas Video.....	16
2.6.3	<i>Internet Protocol (IP)</i>	17
2.6.4	Paket Data Aplikasi <i>Video Streaming</i>	19
2.6.5	Parameter-parameter Performansi Aplikasi <i>Video Streaming</i> .	21
2.6.5.1	Rugi-rugi Propagasi	21
2.6.5.2	<i>Energy Bit per Noise</i> $\frac{E_b}{N_0}$	24
2.6.5.3	<i>Carrier to Interference ratio</i> $(\frac{C}{I})$	25
2.7	<i>Quality of Service (QoS)</i>	25
2.7.1	Probabilitas <i>Packet Loss</i>	26
2.7.1.1	Probabilitas <i>Packet Loss</i> pada <i>Server</i>	26
2.7.1.2	Probabilitas <i>Packet Loss</i> pada Jaringan	26
2.7.2	Round Trip Delay atau Rund Trip Time (RTT).....	27
2.7.2.1	<i>Delay End to End</i> Aplikasi <i>Video Streaming</i>	28
2.7.2.2	<i>Delay</i> Enkapsulasi dan <i>Delay</i> Dekapsulasi	28
2.7.2.3	<i>Delay</i> Propagasi	31
2.7.2.4	<i>Delay</i> Transmisi	31
2.7.2.5	<i>Delay</i> Paketisasi dan <i>Delay</i> Depaketisasi	31
2.7.2.6	<i>Delay</i> Antrian	32
2.7.3	<i>Throughput</i>	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		35
3.1	Jenis Data.....	35
3.2	Variabel Data	35
3.3	Setting Pengambilan Data	36
3.4	Analisis Data Logfile.....	38
3.5	Kerangka Permasalahan	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Waktu dan Tempat Pengambilan Data	40
4.2	Variabel Data <i>Drivetest</i>	43
4.3	Data Hasil <i>Drivetest</i>	43
4.3.1	Data Hasil <i>drivetest</i> tanggal 14 November 2011	43



4.3.2	Data Hasil <i>drivetest</i> tanggal 17 November 2011	47
4.4	Perhitungan Matematis	51
4.4.1	Jarak Untuk Analisis Perbandingan Hasil <i>Drivetest</i> dengan Perhitungan Matematis	52
4.4.2	Perhitungan Rugi-rugi Propagasi (<i>Pathloss</i>).....	53
2.4.2.1	Kondisi <i>Line of Sight</i> (LOS)	53
2.4.2.2	Kondisi <i>Non Line of Sight</i> (NLOS).....	53
4.4.3	Perhitungan <i>Energy Bit per Noise</i> $\frac{E_b}{N_o}$	55
2.4.3.1	Kondisi <i>Line of Sight</i> (LOS)	56
2.4.3.2	Kondisi <i>Non Line of Sight</i> (NLOS).....	56
4.4.4	Perhitungan Carrier to Interference ratio ($\frac{C}{I}$).....	56
2.4.4.1	Kondisi <i>Line of Sight</i> (LOS)	56
2.4.4.2	Kondisi <i>Non Line of Sight</i> (NLOS).....	57
4.5	Perhitungan <i>Bandwidth Video Streaming</i>	58
4.5.1	Perhitungan Probabilitas <i>Packet Loss</i>	59
4.5.1.1	Kondisi <i>Line of Sight</i> (LOS)	59
4.5.1.2	Kondisi <i>Non Line of Sight</i> (NLOS).....	60
4.6	Perhitungan <i>Delay end to end</i>	61
4.6.1	<i>Delay</i> Proses	61
4.6.2	<i>Delay</i> Propagasi	63
4.6.3	<i>Delay</i> Transmisi	63
4.6.4	<i>Delay</i> Paketisasi dan <i>Delay</i> Depaketisasi	63
4.6.5	<i>Delay</i> Antrian	64
4.7	Perhitungan Throughput	64
4.8	Analisis Perbandingan Data Hasil <i>Drivetest</i> Dengan Perhitungan Matematis	66
4.8.1	Analisis <i>RX Power</i>	66
4.8.2	Analisis SINR	67
4.8.3	Analisis <i>Throughput</i>	67
BAB V	PENUTUP	70
5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur EVDO	5
Gambar 2.2	Konfigurasi <i>Drivetest</i>	9
Gambar 2.3	Proses <i>Drivetest</i>	9
Gambar 2.4	NEMO <i>Outdoor</i>	12
Gambar 2.5	NEMO <i>Handy</i>	12
Gambar 2.6	NEMO <i>Invex</i>	13
Gambar 2.7	NEMO <i>Autonomous</i>	13
Gambar 2.8	NEMO FSR1.....	13
Gambar 2.9	NEMO <i>Analyze</i>	13
Gambar 2.10	Proses <i>Video Streaming</i>	15
Gambar 2.11	Format Gambar.....	16
Gambar 2.12	Struktur <i>header IPv4</i>	17
Gambar 3.1	Diagram alir <i>Setting</i> Pengambilan Data.....	37
Gambar 3.2	Diagram alir analisis data hasil <i>drivetest (logfile)</i>	38
Gambar 3.3	Diagram alir solusi permasalahan.....	39
Gambar 4.1	Gedung Wisma Bakrie I	40
Gambar 4.2	Gedung Lokasi BTS yang lama.....	41
Gambar 4.3	Gedung Lokasi BTS yang baru.....	42
Gambar 4.4	Jalur Lokasi Pasaraya Blok M.....	42
Gambar 4.5	Hasil <i>RX Power</i> dalam bentuk <i>Map</i>	43
Gambar 4.6	Hasil <i>RX Power</i> dalam bentuk <i>Graph</i>	44
Gambar 4.7	Hasil <i>SINR</i> dalam bentuk <i>Map</i>	45
Gambar 4.8	Hasil <i>Throughput</i> dalam bentuk <i>Map</i>	46
Gambar 4.9	Hasil <i>Throughput</i> dalam bentuk <i>Graph</i>	46
Gambar 4.10	Hasil <i>RX Power</i> dalam bentuk <i>Map</i>	47
Gambar 4.11	Hasil <i>RX Power</i> dalam bentuk <i>Graph</i>	48
Gambar 4.12	Hasil <i>SINR</i> dalam bentuk <i>Map</i>	49
Gambar 4.13	Hasil <i>Throughput</i> dalam bentuk <i>Map</i>	50
Gambar 4.14	Hasil <i>Throughput</i> dalam bentuk <i>Graph</i>	50
Gambar 4.15	Cara Penentuan Jarak yang dibuat Perbandingan.....	52

Gambar 4.16 Grafik data RX *Power* perhitungan matematis dan kondisi lapangan. 66

Gambar 4.17 Grafik data SINR perhitungan matematis dan kondisi lapangan 67

Gambar 4.18 Grafik data *Throughput* perhitungan matematis dan kondisi lapangan
(hasil *drivetest* pada tanggal 14 November 2011)..... 68

Gambar 4.19 Grafik data *Throughput* perhitungan matematis dan kondisi lapangan
(hasil *drivetest* pada tanggal 14 November 2011)..... 68



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Range</i> nilai RX Power.....	10
Tabel 2.2 <i>Range</i> nilai SINR.....	11
Tabel 2.3 <i>Range</i> nilai <i>Throughput</i>	11
Tabel 2.4 Jenis CODEC Video dan Audio.....	15
Tabel 2.5 Parameter untuk Tipe Terrain yang berbeda.....	23
Tabel 4.1 Data RX Power Pasaraya Blok M.....	44
Tabel 4.2 Data SINR Pasaraya Blok M.....	45
Tabel 4.3 Data <i>Throughput</i> Pasaraya Blok M.....	47
Tabel 4.4 Data RX Power Pasaraya Blok M.....	48
Tabel 4.5 Data SINR Pasaraya Blok M.....	49
Tabel 4.6 Data <i>Throughput</i> Pasaraya Blok M.....	51
Tabel 4.7 Spesifikasi perangkat.....	51
Tabel 4.8 Nilai $\frac{E_b}{N_o}, \frac{E_b}{I_o}, \frac{C}{I}$ pada kondisi LOS.....	57
Tabel 4.9 Nilai $\frac{E_b}{N_o}, \frac{E_b}{I_o}, \frac{C}{I}$ pada kondisi NLOS.....	57
Tabel 4.10 Spesifikasi Video <i>Streaming</i>	58
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Received Signal Level (RSL)</i>	66
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan <i>Signal to Interference and Noise Ratio (SINR)</i>	67
Tabel 4.13 Hasil perhitungan <i>Throughput</i>	68



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I : *Quality* dan *codecs* video Youtube

LAMPIRAN II : Standar Operasional Prosedur *Drivetest*

LAMPIRAN III : Surat kerja praktek dan surat tugas dari Bakrie Telecom



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobility dalam komunikasi sekarang sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Kini *user* atau pelanggan layanan data dalam menggunakan aplikasi internet secara *mobile*-pun semakin banyak. Kenaikan jumlah *user* tersebut menyebabkan terjadinya penurunan *Quality of Service* sehingga komplain dari pelanggan pun akan semakin banyak pula. Oleh karena itu setiap *provider* atau operator dituntut agar dapat menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cepat.

Permasalahan pada jaringan seluler khususnya tujuan penelitian ini yaitu koneksi internet, yaitu untuk keterbatasan akses dan kecepatan *downlink*. Permasalahan tersebut dapat diketahui dari performansi level sinyal yang diterima. Parameter di dalam *signalling* tersebut merupakan kunci utama dalam menentukan permasalahan yang terjadi didalam jaringan. Agar diketahui proses pensinyalan di dalam *interface* jaringan tersebut membutuhkan suatu metode atau suatu pekerjaan yang disebut *drivetest* untuk mengetahui keadaan atau kondisi suatu jaringan operator telekomunikasi, istilah *drivetest* yang digunakan karena dalam pekerjaannya kita berada dalam mobil yang berjalan sesuai dengan *route* yang akan kita *test* jaringan-nya. Sehingga bisa diketahui apakah kondisi tersebut memerlukan perbaikan atau tidak. Hasil *drivetest* tersebut dapat dianalisis berdasarkan parameter proses *signalling* yang terjadi.

Perangkat *drivetest* menggunakan MS (*Mobile System*) untuk mensimulasikan masalah yang dialami pelanggan ketika akan atau saat melakukan akses internet. Sebagai contoh, jika akses internet pelanggan terputus ketika beroperasi di dalam obyek bergerak pada suatu lokasi tertentu, maka perangkat *drivetest* harus mampu mensimulasikan masalah ini. Contoh lain masalah yang dialami pelanggan adalah kegagalan mendapatkan akses, kualitas *uplink* dan *downlink* yang buruk, dan koneksi terputus secara tiba-tiba. Sistem *drivetest* melakukan pengukuran, menyimpan data di komputer, dan menampilkan data menurut waktu dan tempat.

Drivetest merupakan cara utama dalam pengambilan data pada skripsi ini. Hasil *drivetest* NEMO *outdoor* dianalisis menggunakan NEMO *analyze*. selanjutnya bisa digunakan sebagai bahan analisis *Quality of Service* (QoS) penyedia jaringan CDMA EVDO.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada latar belakang, disusun rumusan masalah sebagai berikut:

Bagaimana hasil perbandingan pengukuran parameter *drivetest* yang digunakan *provider* untuk menentukan kualitas jaringan CDMA EVDO dengan perhitungan parameter secara matematis.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, agar pembahasan terfokus pada pokok pembahasan maka masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Penelitian ini dilakukan pada *Code Division Multiple Access* (CDMA) EVDO.
- b) Parameter pengukuran *drivetest* dan perhitungan secara matematis sesuai dengan standar yang digunakan *provider* untuk pengecekan jaringan EVDO.
- c) Tidak membahas *handover* pada saat *drivetest*.
- d) Tidak membahas trafik jaringan.
- e) Perangkat lunak *drivetest* yang digunakan yaitu NEMO *outdoor* dan dianalisis menggunakan NEMO *analyze*.
- f) Digunakan aplikasi *video streaming* untuk analisis parameter *throughput*.
- g) Lokasi yang ditentukan untuk *drivetest* adalah Pasaraya blok M

1.4 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah melakukan analisis data hasil perbandingan pengukuran *drivetest* pada *provider* dengan perhitungan secara matematis untuk menganalisis *Quality of Service* jaringan CDMA EVDO dari *provider* yang dilakukan penelitian.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab, pada masing-masing bab berkaitan satu sama lain, yaitu:

BAB1 : PENDAHULUAN

Memberikan latar belakang tentang permasalahan, tujuan, masalah dan batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini.

BAB 2 : TEORI PENUNJANG

Memberikan dasar teori untuk menunjang penyelesaian masalah dalam skripsi ini.

BAB 3 : METODOLOGI

Bab ini berisi tentang tahap-tahap perencanaan *drivetest*, perhitungan dan analisis.

BAB 4 : PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini akan membahas proses analisis data *drivetest* dan perhitungan untuk mengetahui kinerja pada *provider* yang meliputi parameter *RX Power*, *SINR (Signal to interference and noise ratio)* dan *Throughput*.

BAB 5 : KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari analisis dan saran-saran yang diharapkan dapat memberikan pengembangan dan penyempurnaan skripsi ini.

BAB II

DASAR TEORI

Dasar teori yang dimaksudkan dalam bab ini adalah kajian teori-teori yang terkait dengan solusi masalah yang dikaji dalam skripsi ini, serta parameter-parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas pelayanan atau biasa disebut *Quality of Service* (QoS) pada penyedia jaringan CDMA EVDO.

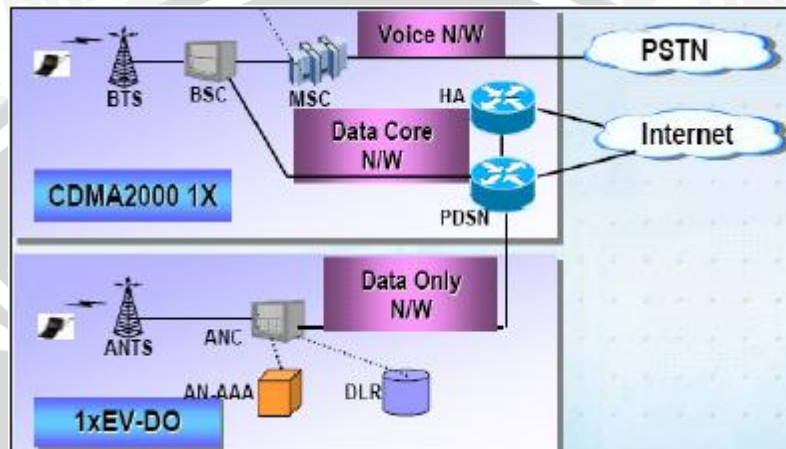
2.1 Umum

Sistem komunikasi sekarang ini sudah semakin berkembang, terutama sistem komunikasi bergerak atau seluler. Banyak teknologi komunikasi bergerak yang berkembang pesat dan menawarkan berbagai macam keuntungan. *Code Division Multiple Access* (CDMA) adalah salah satu teknologi komunikasi bergerak yang saat ini sedang berkembang pesat dan menawarkan berbagai macam keuntungan.

Standar pertama yang diprakarsai oleh QUALCOMM dikenal sebagai IS-95, IS mengacu pada sebuah Standar Interim dari Asosiasi Industri Telekomunikasi (*Telecommunications Industry Association*, TIA) yang terakreditasi oleh *American National Standards Institute* (ANSI). IS-95 sering disebut sebagai 2G atau seluler generasi kedua. *Merk* dagang *cdmaOne* dari QUALCOMM juga digunakan untuk menyebut standar 2G CDMA. Setelah beberapa kali revisi, IS-95 digantikan oleh standar IS-2000. Standar ini juga disebut sebagai 1xRTT yang secara sederhana berarti "*1 times Radio Transmission Technology*" yang mengindikasikan bahwa IS-2000 menggunakan kanal bersama 1.25-MHz sebagaimana yang digunakan standar IS-95 yang asli. Yang terbaru, QUALCOMM telah memimpin penciptaan teknologi baru berbasis CDMA yang dinamakan 1xEV-DO, yang mampu menyediakan laju transmisi paket data yang lebih tinggi seperti yang diinginkan oleh para operator jaringan nirkabel.

2.2 Arsitektur Jaringan CDMA

Code Division Multiple Access (CDMA) adalah teknik akses jamak pada kanal frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama dan digunakan kode-kode yang unik untuk mengidentifikasi masing-masing *user*. Sandi-sandi yang membedakan antara pengguna satu dengan pengguna lain ini disebut *walsh code*.



Gambar 2.1 Arsitektur EVDO

Sumber : Setiawan Eddy, Uji Lapangan dan Pengukuran Performansi Teknologi 1x EV-DO Release 0 di Bandung, 2006

2.2.1 Access Network

Sistem CDMA 1x EV-DO terdiri dari ANTS (*Access Node Transceiver Station*) atau BTS (*Base Transceiver Station*) serta ANC (*Access Node Controller*) atau BSC (*Base Station Controller*). Berikut ini akan dijelaskan fungsi dari masing-masing komponen yang berada pada *Access Network*.

a. ANTS atau BTS

Access Point atau perangkat radio BTS terdiri dari perangkat RF yang merupakan *interface* antena dan *transceiver*, *controller*, dan catu daya. Radio *Access Point* ini dikoordinasikan oleh sistem EV-DO berupa ANC atau BSC yang melewati *interface* dengan standar *A-bis interface*. BTS bertanggung jawab dalam pengalokasian sumber (*resources*) dan daya serta kode *Walsh* untuk konsumsi pelanggan, mengontrol *interface* antara jaringan CDMA 2000 1x atau CDMA 1x EV-DO ke bagian pelanggan dan mengontrol berbagai *carrier* yang beroperasi pada suatu sel atau sektor.

b. ANC atau BSC

Bertanggung jawab dalam mengontrol semua BTS-BTS yang berada dalam wewenangnya. BSC melewatkan paket dari BTS menuju *Packet Data Serving Node* (PDSN) atau sebaliknya dari PDSN menuju BTS dengan menyediakan *interface* data yang terpisah berupa *Radio Packet Interface* (R-P *Interface*) yang berdasarkan pada Protokol A10 atau A11 yang berjalan melewati *Internet Protocol* (IP) pada penerapan CDMA 2000 1x EV-DO.

2.2.2 Service Network

Service Network terdiri dari *Mobile Switching Center* (MSC) dan *Packet Data Serving Node* (PDSN). Berikut ini akan dijelaskan fungsi dari masing-masing komponen yang berada pada *Service Network*.

a. *Mobile Switching Center* (MSC)

MSC merupakan *switching* center yang merupakan bagian sentral dari jaringan CDMA 2000 1x yang saling mendukung dengan jaringan lainnya seperti *Public Switched Telephone Network* (PSTN), *Packet Switched Public Data Network* (PSPDN), *Circuit Switched Data Network* (CSDN). MSC dihubungkan ke berbagai sistem BSC melewati *interface* dengan mengacu standar A *interface* untuk mengirimkan dan menerima sinyal *voice* dan data. MSC memproses permintaan untuk layanan dari telepon *wireless* menuju pelanggan telepon konvensional atau sebaliknya, dan merutekan panggilan antara BTS dan PSTN. MSC juga mengatur *Visitor Location Register* (VLR) serta menyimpan dan mengatur berbagai informasi pelanggan yang diperlukan untuk proses pemanggilan data *exchange* dengan *Home Location Register* (HLR). Yang menjadi satu pengecualian bahwa system CDMA 1x EV-DO tidak perlu menggunakan perangkat pada MSC.

b. *Packet Data Serving Node* (PDSN)

Packet Data Serving Node digunakan untuk mengontrol dan melewatkan paket-paket data menuju dan dari fungsi PCF dalam hal ini dilakukan oleh BS *packet controller* yang berkomunikasi dengan *Access Terminal*. PDSN bertanggung jawab dalam membentuk, menjaga, serta menterminasi *interface* data dalam hal ini sesi *Point-to-Point Protocol* (PPP) antara *Access Terminal* melalui PCF dan BTS dan

jaringan data paket seperti *Internet*. PDSN juga mendukung layanan-layanan paket seperti *Simple IP* dan *Mobile IP*, melakukan inisialisasi *Authentication, Authorization, and Accounting (AAA)*.

2.2.3 Network Database

Network Database merupakan penyimpan informasi yang dapat diakses oleh jaringan. Terdapat banyak *database* jaringan pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO. Database tersebut antara lain *Home Location register (HLR)* berupa *database* master pelanggan, *Visitor Location Register (VLR)* berupa *database* pelanggan aktif bersifat sementara, *Equipment Identity Register (EIR)* yang berisi identitas dari perangkat telekomunikasi seperti telepon *wireless* dan status perangkat tersebut pada jaringan, *Billing Center (BC)* yang melakukan proses perekaman *billing*, dan *Authorization and Validation Center (AC)* yang menangani otentikasi pelanggan dan *interworking* dengan MSC melalui HLR. Berikut ini akan dijelaskan fungsi masing-masing komponen yang ada pada *Network database* untuk VLR dan HLR.

a. Visitor Location Register (VLR)

VLR menyimpan sekumpulan informasi HLR-nya pelanggan yang digunakan ketika telepon *mobile* aktif berada pada MSC tertentu. VLR menangani informasi pelanggan yang memang berada dalam jaringannya (*home*) dan pelanggan yang datang (*visiting*).

b. Home Location Register (HLR)

HLR merupakan *database* pelanggan yang terdapat di setiap identitas pelanggan *mobile* internasional (*Internasional Mobile Subscriber Identity/ IMSI*) dan *International Mobile Equipment Identifier (IMEI)* yang secara unik mengidentifikasi setiap pelanggan.

2.2.4 Access Network - Authentication, Authorization and Accounting (AN-AAA)

AN-AAA merupakan proses yang digunakan sebagai validasi identitas dari pelanggan yang dituju atau suatu perangkat seperti *host, server, switch*, atau *router* pada suatu jaringan komunikasi. Otorisasi memberikan perlakuan dengan akses yang benar terhadap suatu pelanggan, beberapa pelanggan, system, suatu proses. *Accounting* melakukan fungsi penelusuran koneksi pelanggan dan system pencatatan (*logging*) pelanggan.

2.2.5 Home Agent (HA)

Home Agent merupakan program yang mengotentikasi registrasi, melewati paket menuju dan dari jaringan data paket contohnya *Internet*, disamping itu juga membuat sesi komunikasi yang aman secara terenkripsi, dan secara dinamis mengatur pengalamatan IP. HA menerima informasi pelengkap dari fungsi AN-AAA.

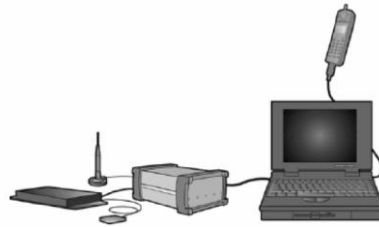
2.3 Prinsip Drivetest

Bagian ini menggambarkan konsep dasar *drivetest*. Baik operator ataupun vendor pasti melakukan *drivetest*. Operator memerlukannya untuk mengoptimalkan kinerja jaringannya, sementara sebuah situs sel baru dibangun, dan telah terjadi perubahan pada lingkungan infrastruktur. *Drivetest* memungkinkan operator untuk melakukan optimasi yang terus berjalan. Umumnya, *drivetest* CDMA dilakukan dengan menghubungkan MS ke laptop.

Pelanggan seluler melihat kinerja layanan jaringan berdasarkan cakupan jaringan dan kualitas panggilan. Perangkat *drivetest* menggunakan MS untuk mensimulasikan masalah yang dialami pelanggan ketika akan atau saat melakukan panggilan. Sebagai contoh, jika panggilan pelanggan terputus ketika beroperasi di dalam obyek bergerak pada suatu lokasi tertentu, maka perangkat *drivetest* harus mampu mensimulasikan masalah ini.

Contoh lain masalah yang dialami pelanggan adalah panggilan yang diblokir (kegagalan mendapatkan akses), kualitas suara yang buruk, dan cakupan area pelayanan yang kurang. Sistem *drivetest* melakukan pengukuran, menyimpan data di komputer, dan menampilkan data menurut waktu dan tempat. *Frame Error Rate* (FER) adalah ukuran pada MS yang megindikasikan kualitas sambungan.

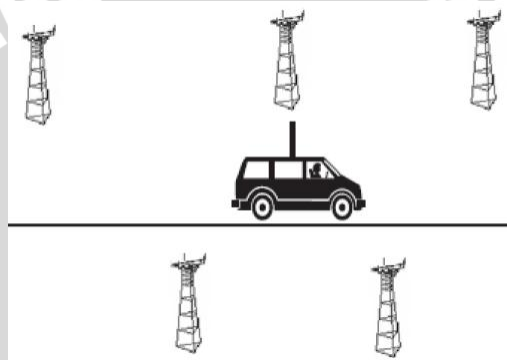
Beberapa tipe sistem *drivetest* yang tersedia berbasis MS, berbasis *receiver* dan kombinasi keduanya. Gambar 2.2 menunjukkan sistem *drivetest* kombinasi antara MS dan *receiver*.



Gambar 2.2 Konfigurasi *Drivetest*

Sumber : Drive-Test Untuk Optimisasi Jaringan CDMA Menggunakan Perangkat Agilent

Sistem *drivetest* diterapkan dalam kendaraan dan dikemudikan sepanjang area cakupan operator. Perhatikan Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses *Drivetest*

Sumber : Drive-Test Untuk Optimisasi Jaringan CDMA Menggunakan Perangkat Agilent

Drivetest merupakan langkah penting dan berguna pada proses optimalisasi jaringan untuk mendapatkan nilai-nilai performansi dari *mobile phone*. *Drivetest* disini diamati dari sisi penerima (MS) dan dilakukan dengan menggunakan *software* serta perangkat *receiver* yang terintegrasi dengan laptop, pada prinsipnya alat *drivetest* ini terhubung dengan *headset* dan GPS (*Global Positioning System*) yang digunakan untuk membantu menentukan letak dan koordinat posisi MS atau *headset* yang digunakan pada saat bergerak sehingga data yang diambil dapat divisualisasikan kembali.

2.4 Parameter Drivetest Jaringan CDMA EVDO

Beberapa parameter yang dijadikan referensi umum untuk dapat melihat performansi dari jaringan EVDO melalui *drivetest* adalah seperti : *RX Power* atau *RSL (Received Signal Level)*, *SINR (Signal to interference and noise ratio)* atau $\frac{C}{I}$ (*Carrier to Interference ratio*), dan *Throughput*.

2.4.1 RX Power atau RSL (Received Signal Level)

RSL adalah kuat sinyal penerimaan yang menyatakan besarnya daya pada satu kode yang diterima oleh UE (*User Equipment*) yang merupakan salah satu parameter yang menentukan nilai $\frac{E_c}{N_o}$. Nilai RSL merupakan suatu nilai yang menunjukkan level kekuatan sinyal. Kuat sinyal yang diterima oleh *mobile station* dari base station masing-masing user berbeda satu sama lain. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh redaman akibat rugi-rugi lintasan propagasi yang dialami setiap *user* berbeda antara user satu dengan user lainnya tergantung pada jarak masing-masing user dengan *base station*. Nilai *RX Power* atau *RSL (Received Signal Level)* yang digunakan seperti dalam tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Range nilai RX Power (dBm)

Warna	Kualitas	Range
	Sangat Baik	Bernilai > -69 dBm
	Baik	Bernilai >= -79 s/d < -69 dBm
	Sedang	Bernilai >= -89 s/d < -79 dBm
	Buruk	Bernilai >= -99 s/d < -89 dBm
	Sangat Buruk	Bernilai < -99 dBm

Sumber: NEMO Analyze User Manual

2.4.2 SINR (Signal to Interference and Noise Ratio) atau $\frac{C}{I}$ (*Carrier to Interference ratio*)

$\frac{C}{I}$ adalah rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari sinyal pilot dengan total interferensi yang diterima. $\frac{C}{I}$ juga menunjukkan level daya minimum (*threshold*) dimana MS masih bisa melakukan suatu panggilan. Biasanya nilai $\frac{C}{I}$ menentukan kapan MS harus melakukan *handoff*.

Nilai $\frac{C}{I}$ ini berfungsi sebagai penanda kualitas sinyal, apakah sudah bagus atau belum, dimana hasil pengukuran $\frac{C}{I}$ dapat digunakan untuk memperlihatkan sebuah gambar bagaimana cakupan yang bagus yang disediakan dari site-site BS dan seberapa besar interferensi yang dihasilkan. Karena $\frac{C}{I}$ digunakan sebagai ukuran perfomansi hubungan antara *mobile station* dan base station, maka perlu ditentukan nilai $\frac{C}{I}$ minimum untuk perfomansi sistem yang memadai. Nilai $\frac{C}{I}$ yang ideal yang digunakan oleh *provider* adalah diatas 7 dB. Nilai SINR atau $\frac{C}{I}$ yang digunakan seperti dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Range nilai SINR (dB)

Warna	Kualitas	Range
	Sangat Baik	Bernilai >7 dB
	Baik	Bernilai ≥ 1 s/d < 7 dB
	Cukup	Bernilai ≥ -4 s/d < 1 dB
	Buruk	Bernilai < -4 dB

Sumber: NEMO Analyze User Manual

2.4.3 Throughput

Throughput dapat diartikan sebagai indikator kualitas akses data dalam keadaan terhubung (*connected mode*). Atau aplikasi simulasi untuk mengetahui *bandwidth* dan kecepatan yang didapat pada saat terjadi koneksi. Nilai *Throughput* ini berkisar antara 0 hingga 1800000 bps. Semakin besar nilai *Throughput*, semakin baik pula kualitas akses data. Berikut standar nilai *Throughput* seperti dalam tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Range nilai *Throughput*

Warna	Kualitas	Range
	Sangat Baik	Bernilai > 1800000
	Baik	Bernilai ≥ 1200000 s/d < 1800000
	Sedang	Bernilai ≥ 800000 s/d < 1200000
	Buruk	Bernilai ≥ 400000 s/d < 800000
	Sangat Buruk	Bernilai ≥ 153000 s/d < 400000
	Kurang Sekali	Bernilai ≥ 0 s/d < 153000

Sumber: NEMO Analyze User Manual

2.5 NEMO

NEMO adalah suatu *software* yang dikeluarkan oleh *Nokia* untuk pengukuran sistem komunikasi bergerak pada sisi gelombang radio di udara yaitu dari arah BTS ke MS ataupun sebaliknya.

NEMO merupakan salah satu perangkat yang digunakan untuk *drivetest* diluar ruangan (*outdoor*) maupun didalam ruangan (*indoor*). Menggunakan GPS (*Global Positioning System*) sebagai alat navigasi dan *plotting parameter* pada rute *drivetest* yang dilalui.

Macam-macam produk NEMO yaitu :

- NEMO *Outdoor*

NEMO *outdoor* dalam *variant* produknya disebut sebagai pemimpin dalam alat pengukuran jaringan radio.

NEMO *outdoor* adalah *softwear drivetest* yang mendukung lebih dari 200 terminal dan dapat mengenali penerima dari vendor dan semua teknologi jaringan utama.



Gambar 2.4 NEMO *Outdoor*

Sumber : *products* <http://www.anite.com>

- NEMO *Handy*

Untuk mobilitas yang lebih besar, ekonomis dan kemudahan penggunaan.



Gambar 2.5 NEMO *Handy*

Sumber : *products* <http://www.anite.com>

- NEMO *Invex*

NEMO *Invex* adalah *casis evolusioner* yang berbasis pada solusi perbandingan (*benchmarking*) yang menggabungkan *softwear* dengan desain *hardware* yang terukur.



Gambar 2.6 NEMO *Invex*

Sumber : products <http://www.anite.com>

- NEMO *Autonomous*



Gambar 2.7 NEMO *Autonomous*

Sumber : products <http://www.anite.com>

- NEMO FSR1

Merupakan perangkat modul digital yang dapat mengenali penerima digital secara akurat.



Gambar 2.8 NEMO FSR1

Sumber : products <http://www.anite.com>

- NEMO *Analyze*

NEMO *analyze* adalah *softwear* analisis yang sangat efisien untuk proses perbandingan (*benchmarking*), *troubleshooting* otomatis dan laporan statistik berdasarkan data hasil *drivetest*.



Gambar 2.9 NEMO *Analyze*

Sumber : products <http://www.anite.com>

2.6 Teknologi Video Streaming

Streaming adalah proses pengiriman *file* dari *server* ke *client* secara terus-menerus yang dilakukan secara *broadcast* melalui jaringan komputer atau jaringan internet untuk ditampilkan oleh aplikasi *streaming* pada perangkat *client*. Paket-paket data yang dikirimkan telah dikompresi untuk memudahkan pengirimannya.

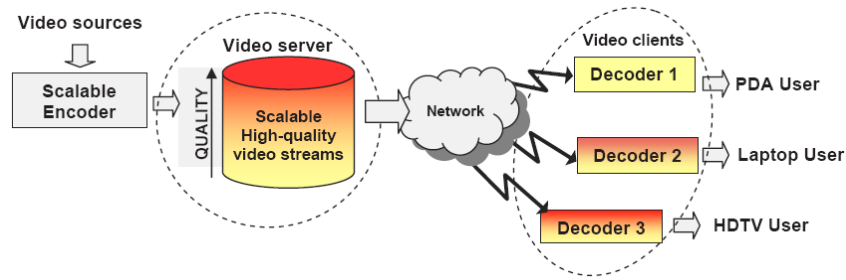
Sedangkan dari sudut pandang *user*, *streaming* adalah teknologi yang memungkinkan suatu *file* dapat segera dijalankan tanpa harus menunggu selesai di-*download* seluruhnya dan terus mengalir tanpa ada interupsi. *File* yang dapat ditransmisikan oleh *video streaming* adalah *file* audio, video, *image*, *text* data 3D, *software* dan sebagainya. Tetapi *streaming* lebih mengacu kepada *time based* media, khususnya audio dan video, yang harus dapat dinikmati sesegera mungkin dan berdasarkan pada pewaktuan yang tepat, karena untuk dapat menikmati lagu atau film, haruslah dimainkan secara berurutan dari awal hingga akhir (*sequential*) tanpa terputus-putus (*uninterrupted*).

Ada dua tipe *streaming*, yaitu :

- *Live streaming*
Media yang di-*playback* yang di-*capture* secara langsung dari kamera melalui jaringan internet atau *online*.
- *Real-time streaming*
Media yang di-*playback* yang diambil atau di-*download* dari *file* audio/video yang tersimpan di *server* (*on-demand*).

2.6.1 CODEC (COder/DECoder)

Codec merupakan perangkat yang melakukan proses *encoding* dan *decoding* pada suatu aliran data digital. Dalam proses *streaming*, *codec* mengompresi *media file* agar ukurannya tidak terlalu besar (bersifat *optional*, hal tersebut dilakukan karena keterbatasan *bandwidth* jaringan), untuk kemudian dikirimkan melalui jaringan internet. Pada sisi *client*, *media file* tersebut didekompresi ke ukuran sebenarnya untuk dapat dinikmati oleh *user*. Proses ini memungkinkan *user* dapat menikmati *video streaming*. Proses *video streaming* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Proses Video Streaming

Sumber : Ashraf M.A. Ahmad and Ismail Khalil Ibrahim, 2009: 94

Ada beberapa jenis audio dan video CODEC menurut ITU.T, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Jenis CODEC Video dan Audio

Audio CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
AMR-WB	6,6 – 23,85	35	10 – 20
AMR-WB+	5,2 – 48	46	20 – 40
HE-AAC v2	128 – 320	80	40 – 80
Video CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
H.264/AVC	64 – 384	254	150 – 300

Sumber: RFC 4352,2006 dan RFC 3984, 2005

2.6.1.1 H.264

H.264 (MPEG-4 Part 10) atau lebih dikenal dengan *Advanced Video Coding* (AVC) merupakan sebuah *video codec* digital yang memiliki keunggulan dalam rasio kompresi (tingkat kompresi yang tinggi) dengan memanfaatkan metode blok transformasi adaptif yang efektif. H.264 dikembangkan oleh ITU-T *Video Coding Expert Group* (VCEG) bersama-sama dengan ISO/IEC *Moving Picture Expert Group* (MPEG) yang dinamakan *Joint Video Team* (JVC). Tujuan pengembangan H.264/AVC adalah membuat suatu standar video digital yang dapat menghasilkan kualitas video yang baik pada *bitrate* yang lebih kecil dibandingkan dengan standar video digital sebelumnya (MPEG-2, H.263, ataupun MPEG-4 part 2) tanpa harus melakukan perubahan yang kompleks dan dapat digunakan dalam berbagai macam aplikasi seperti *video broadcast*, *DVB storage*, *RTP/IP packet network* dan *ITU-T multimedia telephony system*.

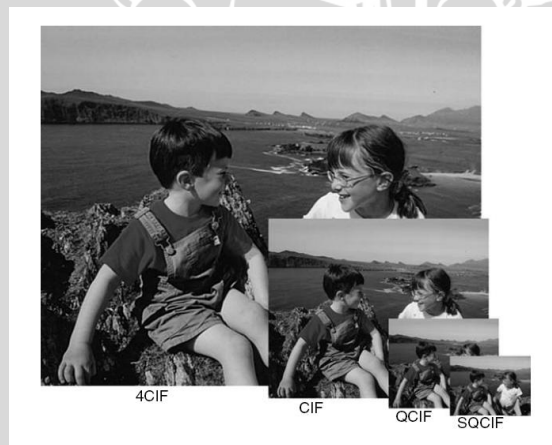
2.6.1.2 *Advanced Audio Coding* (AAC)

Advanced Audio Coding (AAC) adalah kompresi untuk audio digital. AAC diranvang untuk menjadi penerus dari format MP3 dan umumnya mencapai kualitas suara yang lebih baik dari pada MP3 pada *bitrate* yang sama. AAC telah distandarisasi oleh ISO dan IEC sebagai bagian dari MPEG-2 dan MPEG-4. AAC juga merupakan standar format audio untuk Apple iPhone, iPod, iPad, Nintendo DSi, iTunes, DivX Plus Web player, Sony Playstation, Sony Ericsson S40 dan S60, Nokia, ponsel berbasis Android dan MPEG-4 standar video.

2.6.2 **Kualitas Video**

Video dapat juga disebut sebagai gambar-gambar yang bergerak. Dalam video tampilkan sejumlah gambar atau *frame* dengan kecepatan tertentu yang disebut dengan istilah *frame rate*, yang dihitung dalam skala *frame per second* (fps). Seperti jenis data yang lain, data video juga dapat disimpan, diedit, ataupun dikirim melalui jaringan.

Ada beberapa format gambar yang digunakan dalam aplikasi video *streaming* diantaranya adalah format CIF, QCIF, SQCIF dan 4CIF. Perbandingan untuk setiap format gambar dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Format Gambar

Sumber : Iain E. G. Richardson, 2003: 20

Pilihan resolusi *frame* tergantung pada aplikasi dan kapasitas yang tersedia atau kapasitas transmisi. Sebagai contoh, 4CIF sesuai untuk digunakan pada televisi standar dan DVD-video. Format CIF dan QCIF sangat populer digunakan pada

aplikasi *video conferencing*. Sedangkan format QCIF atau SQCIF sesuai untuk digunakan pada aplikasi *mobile multimedia* dimana resolusi layar dan format *bit rate* ini terbatas.

Kualitas video yang baik dapat dinilai dari tiga elemen utama, yaitu: [Streaming White Paper, 1998: 5]:

- a. *Frame Rate*, jumlah gambar yang ditampilkan per detik pada video. *frame* minimum yang dibutuhkan untuk mendapatkan ilusi gambar yang bergerak adalah sekitar 15 fps.
- b. *Color Depth*, Jumlah bit pada setiap pixel yang menunjukkan informasi warna. Misalnya: 24 bit menunjukkan 16.7 juta warna, 16 bit sekitar 65,535 warna, atau 8 bit hanya 256 warna.
- c. *Frame Resolution*, biasanya ditunjukkan dengan width dan height pada pixel. Misalnya: *full screen* PC mempunyai *frame resolution* sebesar 640x480.

Jika kita menggunakan kecepatan pengiriman kecepatan pengiriman *frame per second* (fps) video yang rendah, akan memakan *bandwidth* yang lebih rendah dibandingkan *frame per second* (fps) yang tinggi. Video yang cukup baik biasanya dikirim dengan kecepatan *frame per second* (fps) sekitar 30 fps.

2.6.3 Internet Protocol (IP)

Internet Protocol (IP) adalah protokol yang digunakan oleh protokol *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) untuk melakukan pengalamatan dan *routing* paket data antar *host-host* di jaringan berbasis TCP/IP. Versi IP yang digunakan adalah IP versi 4 (IPv4). Protokol IP merupakan protokol utama di dalam hierarki protokol TCP/IP. Data akan dibawa oleh sebuah paket IP dari satu titik ke titik lainnya dalam suatu jaringan. Protokol IP menggunakan metode *connectionless* yang berarti dalam melakukan pengiriman data, protokol ini tidak perlu membuat dan memelihara sebuah sesi koneksi walaupun bertugas menyampaikan data dari satu titik ke titik lainnya dalam suatu jaringan, protokol ini tidak menjamin data benar-benar sampai tujuan, tetapi hal ini diserahkan kepada protokol lapisan yang lebih tinggi, yaitu protokol *Transmission Control Protocol* (TCP).

Sistem pengalamatan IPv4 menggunakan notasi biner sebesar 32 *bits*. Sistem pengalamatan ini dipetakan secara oktet (8 *bits*) untuk mempermudah pembacaannya. Jadi secara umum, selain dikatakan sebagai sistem pengalamatan 32 *bits*, IPv4 juga sering disebut sebagai sistem pengalamatan 4-oktet atau pengalamatan 4-*bytes* (1 *byte* = 8 *bits*). Struktur *header* IPv4 ditunjukkan pada gambar 2.12 berikut :

Ver 4 bits	Hlen 4 bits	DS 8 bits	Total Length 16 bits	
Identification 16 bits			Flags 3 bits	Fragmentation Offset 13 bits
Time to Live 8 bits	Protocol 8 bits	Header Checksum 16 bits		
Source IP Address 32 bits				
Destination IP Address 32 bits				
Options ≤ 320 bits				

Gambar 2.12 Struktur *header* IPv4
Behrouz A. Forouzan (2003)

Setiap paket dalam *layer* IP atau yang sering disebut dengan *datagram*, selalu diawali dengan *header* terlebih dahulu. IPv4 memiliki *header* berukuran 20 hingga 60 *bytes*. Besarnya ukuran ini bergantung pada pemakaian informasi *options* di bagian akhir *header* tersebut.

Behrouz A. Forouzan (2003) menjelaskan setiap bagian dari *header* IPv4 pada Gambar 2.12 sebagai berikut :

- *Version* (Ver), menunjukkan versi *Internet Protocol* yang digunakan. Dalam hal ini bernilai 4.
- *Header Length* (Hlen), menunjukkan ukuran *header* yang digunakan dalam satuan per 4 *bytes*.

- *Differentiated Services (DS)*, umumnya disebut juga dengan *tipe of service*. Bagian ini menunjukkan layanan yang hendak dipakai oleh paket yang bersangkutan.
- *Total Length*, menunjukkan ukuran paket yang terdiri dari *header* dan data.
- *Identification*, menunjukkan identitas suatu fragmen yang digunakan dalam penyatuan kembali (*reassembly*) menjadi paket utuh.
- *Flags*, menunjukkan tanda-tanda tertentu dalam proses fragmentasi.
- *Fragmentation Offset*, menunjukkan posisi setiap fragmen.
- *Time to Live*, menunjukkan jumlah node maksimal yang dapat dilalui oleh setiap paket yang dikirim.
- *Protocol*, menunjukkan *protocol* di lapisan yang lebih tinggi.
- *Header Checksum*, menunjukkan nilai yang digunakan dalam pengecekan kesalahan terhadap *header* sebelum dengan sesudah pengiriman.
- *Source IP Address*, menunjukkan alamat pengirim paket.
- *Destination IP Address*, menunjukkan alamat penerima.
- *Options*, menunjukkan informasi yang memungkinkan suatu paket meminta layanan tambahan.

2.6.4 Paket Data Aplikasi Video Streaming

Pada aplikasi *video streaming*, paket yang ditransmisikan dibedakan atas paket audio dan paket video, dimana tiap paket tersebut mempunyai besar *payload* yang berbeda. Aplikasi *video streaming* menggunakan jenis CODEC H.264/AVC untuk video dengan *bit rate* CODEC antara 64 – 384 kbps dan HE-AAC v2 untuk audio dengan *bit rate* CODEC antara 128 – 320 kbps. Besar *payload* tiap paket audio dan video dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} PL_a &= B_{\text{CODECA}} \times f_R \\ PL_v &= B_{\text{CODECV}} \times f_R \end{aligned} \quad (2-1)$$

dengan:

PL_a = *payload* paket audio (bit)

PL_v = *payload* paket video (bit)

B_{CODECA} = *bit rate* CODEC *audio* (bps)

B_{CODECV} = *bit rate* CODEC *video* (bps)

f_R = *frame rate* (s)

sehingga besar paket data pada aplikasi *video streaming* dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$P_{\text{vs-size}} = \text{header} + (PLa + PLv) \quad (2-2)$$

dimana:

$P_{\text{vs-size}}$ = ukuran paket aplikasi *video streaming* (bit)

header = total *header* tiap paket

Dalam mentransmisikan data, jika kita akan mentransmisikan data analog melalui sebuah medium, kita perlu memperhatikan *bandwidth* analog, yaitu range frekuensi yang dapat dilewati oleh suatu medium (dinyatakan dalam Hertz). Sedangkan jika kita akan mentransmisikan data digital, kita perlu memperhatikan *bandwidth* digital, yaitu maksimum bit rate yang dapat dilewati oleh suatu medium medium (bps). (Behrouz A. Forouzan, 2004: 65)

Bandwidth aplikasi *video streaming* dimana merupakan data digital, dinyatakan dalam bps (bit per *second*). *Bandwidth* aplikasi *video streaming* adalah jumlah *bandwidth* audio ditambah dengan video. Sehingga besarnya *bandwidth* aplikasi *video streaming* dinyatakan dengan persamaan: (Cisco System, 2009: 4)

$$B_a = P_{a\text{-size}} \times P_a$$

$$B_v = P_{v\text{-size}} \times P_v$$

$$B_{\text{vs}} = B_a + B_v$$

$$= \frac{P_{a\text{-size}}}{PLa} \cdot B_{\text{CODECa}} + \frac{P_{v\text{-size}}}{PLv} \cdot B_{\text{CODECv}} \quad (2-3)$$

dimana:

B_a = *bandwidth* audio (bps)

B_v = *bandwidth* video (bps)

B_{vs} = *bandwidth* aktual aplikasi *video streaming* (bps)

Sedangkan besar tiap paket dan jumlah paket yang dihasilkan dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 P_{a\text{-size}} &= \text{header} + PL_a & P_{v\text{-size}} &= \text{header} + PL_v \\
 P_a &= B_{\text{CODECA}} / PL_a & P_v &= B_{\text{CODECV}} / PL_v
 \end{aligned} \tag{2-4}$$

2.6.5 Parameter – parameter Performansi Aplikasi Video Streaming

Parameter – parameter performansi aplikasi video *streaming* pada jaringan EVDO antara lain *packet loss video streaming*, *delay end to end* dan *throughput*. Untuk mendapatkan nilai *packet loss video streaming* diperlukan perhitungan rugi – rugi propagasi, *Receiver signal level (RSL)*, *Energy bit per Noise* dan probabilitas *bit error*.

2.6.5.1 Rugi-rugi Propagasi

- Kondisi *Line of Sight (LOS)*

Kondisi LOS adalah kondisi dimana antara *transmitter (BS)* dan *receiver (MS)* tidak terdapat halangan sama sekali. Kondisi LOS sering dianggap sebagai kondisi ruang bebas (*free space*) dan besarnya rugi-rugi ruang bebas (*free space loss*) berganung pada nilai frekuensi dan jarak. Besarnya rugi-rugi ruang bebas (*free space loss*) dijelaskan dalam persamaan (William Stalling, 1977) :

$$FSL = - 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right) \tag{2-5}$$

$$\text{Dengan } \lambda = \frac{c}{f}$$

FSL juga dapat ditulis dengan menjadi persamaan (2-2) berikut :

$$FSL = 32.45 + 20 \log d + 20 \log f \tag{2-6}$$

Keterangan :

- FSL : *Free space loss* (dB)
 λ : Panjang gelombang (m)
 f : Frekuensi kerja sistem (MHz)
 d : Jarak antara pemancar dan penerima (km)
 c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

Setelah diperoleh nilai FSL, maka dapat dihitung besarnya daya terima pada *receiver* dengan menggunakan persamaan:

$$RSL \text{ (dBm)} = EIRP - FSL + G_r \tag{2-7}$$

Keterangan :

RSL : *Received Signal Level* (dBm)

EIRP : *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

FSL : *Free space loss* (dB)

G_r : *Gain receiver* (dBi)

- Kondisi *Non Line Of Sight* (NLOS)

Pada kondisi NLOS, terlebih dahulu tentukan *pathloss* (PL) dengan persamaan (Kwang-Cheng Chen, 2008) :

$$PL = A + 10 \gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \Delta PL_f + \Delta PL_h + s \quad (2-8)$$

Keterangan :

PL : Rugi-rugi propagasi (dB)

A : *Pathloss* referensi (dB)

γ : eksponen *pathloss*

d : Jarak pemancar ke penerima (m)

d_0 : jarak referensi *pathloss* (100m)

s : Efek *shadow* (dB)

ΔPL_f : Faktor koreksi terhadap frekuensi kerja yang digunakan

ΔPL_h : Faktor koreksi terhadap tinggi antenna penerima

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

$$A = 20 \log\left(\frac{4\pi d_0}{\lambda}\right) \quad (2-9)$$

Keterangan :

A : *Pathloss* referensi (dB)

f : Frekuensi kerja sistem (MHz)

d_0 : Jarak referensi *pathloss* (100m)

λ : Panjang gelombang (m)

Dengan eksponen *pathloss* (γ) dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma = a - b \cdot h_t + \frac{c}{h_t} \quad (2-10)$$

keterangan :

γ : Eksponen *pathloss*

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

h_t : Tinggi antenna *base station* (m)

Besarnya konstanta a , b , c dan efek *shadow* (s) yang tergantung pada tipe *terrain*-nya dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Parameter untuk Tipe *Terrain* yang berbeda

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

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

Keterangan :

Terrain Type A :

- Daerah banyak gedung bertingkat, pepohonan maupun berbukit
- Banyak penghalang sinyal

Terrain Type B :

- Daerah dengan gedung bertingkat, pepohonan cukup banyak, umumnya kota berkembang
- Banyak penghalang sinyal

Terrain Type C :

- Daerah dengan gedung bertingkat, pepohonan sedikit
- Jarang atau tidak ada penghalang sinyal

Untuk faktor koreksi frekuensi pada EVDO dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\Delta PL_f = 6 \log \left(\frac{f}{2000} \right) \quad (2-11)$$

Keterangan :

f : Frekuensi operasi system (Hz)

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

$$\Delta PL_h = -10,8 \log \left(\frac{h_r}{2} \right), \text{ untuk tipe terrain A dan B} \quad (2-12)$$

$$\Delta PL_h = -20 \log \left(\frac{h_r}{2} \right), \text{ untuk tipe terrain C} \quad (2-13)$$

Keterangan :

h_r : Tinggi antenna penerima (m)

Setelah diperoleh nilai *pathloss* (PL) untuk kondisi *non line of sight* (NLOS), maka dapat dihitung besarnya daya terima pada *receiver* dengan menggunakan persamaan (2-14).

$$RSL \text{ (dBm)} = EIRP - PL + G_r \quad (2-14)$$

Keterangan :

RSL : *Received Signal Level* (dBm)

G_r : Gain receiver (dBi)

PL : *path loss* (dB)

2.6.5.2 *Energy bit per Noise* ($\frac{E_b}{N_o}$)

$\frac{E_b}{N_o}$ adalah suatu parameter yang digunakan menentukan laju data digital dan sebagai ukuran mutu standar untuk kinerja sistem komunikasi digital. Dilihat dari namanya, E_b/N_o dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per bit terhadap *noise*. Energi bit per *noise* dalam sebuah sinyal dijelaskan dalam persamaan (2-15) berikut :

$$\left(\frac{E_b}{E_0} \right) = RSL - 10 \log (R) + 228,6 \text{ dBW} - 10 \log T_e \quad (2-15)$$

Keterangan :

$\frac{E_b}{E_0}$: *Energi bit per Noise ratio* (dB)

RSL : *Receive Signal Level* (dBm)

R : *data rate* (Mbps)

T_e : suhu (Kelvin)

2.6.5.3 Carrier to Interference ratio ($\frac{C}{I}$)

Hubungan antara $\frac{C}{I}$ dengan $\frac{E_b}{N_o}$ dapat dilihat dari persamaan (2-16) (Garg-Wilkes, 1996) berikut :

$$\frac{C}{I} = \left(\frac{R_b}{W}\right) \times \left(\frac{E_b}{I_o}\right) \quad (2-16)$$

$\frac{E_b}{I_o}$ adalah energi per bit tiap kerapatan daya sinyal interferensi. Hubungan antara $\frac{E_b}{I_o}$ dengan $\frac{E_b}{N_o}$ terdapat pada persamaan (2-17) (Garg-Wilkes, 1996) berikut :

$$\frac{E_b}{I_o} = 10 \log \left(\frac{E_b}{N_o}\right) \quad (2-17)$$

Keterangan :

$\frac{C}{I}$: Rasio energi *carrier* terhadap *interference* (dB)

$\frac{E_b}{N_o}$: Rasio energi *bit* terhadap *noise* (dB)

$\frac{E_b}{I_o}$: Rasio energi *bit* terhadap *interference* (dB)

R_b : Laju data (bps)

W : Kecepatan *chip* (bps)

2.7 Quality of Service (QoS)

Kinerja jaringan merupakan dari suatu jaringan untuk menyediakan pelayanan data kepada pengguna. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui kinerja jaringan EVDO adalah *Quality of Service* dan kesesuaian dengan *Key Performance Indicator* (KPI). Parameter yang digunakan untuk mengetahui *Quality of Service* dari jaringan terdiri dari : *packet loss*, *round trip delay* dan *throughput*.

2.7.1 Probabilitas *Packet Loss*

2.7.1.1 Probabilitas *Packet Loss* pada *Server*

Protokol UDP/RTP/IPv4 sendiri tidak dapat memberikan jaminan bahwa paket akan dikirimkan semua sesuai dengan permintaan.

Packet loss yang terjadi pada server di *layer transport* dan *layer network* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\rho_{VS} = P_{VS-size} \times \rho_b \quad (2-18)$$

dimana:

ρ_{VS} = probabilitas *packet loss* pada *server*

ρ_b = BER (10^{-8})

$\rho_{VS-size}$ = panjang paket data video *streaming* (byte)

2.7.1.2 Probabilitas *Packet Loss* pada Jaringan

Probabilitas *packet loss* merupakan banyaknya kemungkinan paket yang diterima mengalami kesalahan pada sisi penerima. Probabilitas *packet loss video streaming* pada suatu jaringan ditentukan berdasarkan pada probabilitas *packet loss* pada jaringan tersebut serta probabilitas *packet loss video streaming* yang berbasis protokol UDP/RTP/IP ditunjukkan pada persamaan (Pritchard, et.al., 1993:339)

$$\rho_{total} = 1 - [(1 - \rho_{network}) (1 - \rho_{RTP/UDP/IPv4/option})] \quad (2-19)$$

Keterangan :

ρ_{total} : Probabilitas *packet loss* total

$\rho_{network}$: Probabilitas *packet loss* pada EVDO

$\rho_{RTP/UDP/IPv4/option}$: Probabilitas *packet loss video streaming*

Probabilitas *packet loss* pada jaringan EVDO ditentukan dengan probabilitas *bit error* pada modulasi 16-QAM.

Probabilitas *bit error* M-QAM adalah (Rappaport, 2002:394)

$$P_{b16-QAM} = \frac{2}{\log_2 M} \left\{ \frac{M^{1/2} - 1}{M^{1/2}} \right\} \left[1 - \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{3 \log_2 M}{2(M-1)}} \left(\frac{E_b}{N_0} \right)^{1/2} \right] \quad (2-20)$$

Keterangan :

$P_{b16-QAM}$: Probabilitas *bit error* M-QAM

M : Jumlah symbol bit konstelasi modulasi

E_b/N_0 : Perbandingan energi sinyal per bit terhadap kerapatan daya *noise*

$$Q(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right) \quad (2-21)$$

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi} \cdot x} \cdot e^{-x^2} \quad (2-22)$$

Nilai $\operatorname{erfc}(x)$ atau *complementary error function* (x) didefinisikan sebagai fungsi kesalahan dari variabel (x).

Perhitungan $\frac{E_b}{N_0}$ bertujuan untuk mendapatkan nilai $\frac{E_b}{N_0}$ sinyal yang diterima oleh *base station* dari masing-masing *user*. Jika sinyal yang dipancarkan *user* telah mencapai nilai $\frac{E_b}{N_0}$ minimum yang diminta maka hubungannya dengan *base station* akan dipertahankan sedangkan jika nilai $\frac{E_b}{N_0}$ berada dibawah minimum maka hubungannya akan terputus.

Penurunan perbandingan $\frac{E_b}{N_0}$ menunjukkan tingkat daya interferensi relatif meningkat dibandingkan tingkat daya informasi. Besarnya $\frac{E_b}{N_0}$ pada sistem komunikasi bergerak terkait dengan BER yang harus dicapai. BER merupakan rata-rata kesalahan bit transmisi informasi digital atau banyaknya bit yang salah ketika data ditransmisikan dari titik asal ke titik tujuan. Probabilitas *error* yang terjadi dipengaruhi oleh nilai kebutuhan energi *bit per noise*, *power density ratio* dan teknik modulasi yang diinginkan. Pada teknologi EVDO untuk jenis modulasi yang digunakan mempunyai nilai batas BER maksimum sebesar 10^{-6} yang berarti dari 1 juta data, 1 data mengalami kerusakan (Alvarion:24).

2.7.2 Round Trip Delay atau Round Trip Time (RTT)

Round trip time merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah paket data untuk perjalanan dari komputer (*user*) ke *server* dan kembali ke computer (*user*). Salah satu masalah yang harus diselesaikan saat menggunakan *Transmission Control Protocol* (TCP) adalah bagaimana menangani *timeout* dan retransmisi. RTT juga dikenal sebagai waktu *ping*. Pengguna internet dapat menentukan RTT dengan menggunakan perintah *ping*. *Round trip time* mencerminkan keandalan jaringan dalam mengirim

paket data dari *user* ke *server* (kanal *uplink*) dan *server* ke *user* (kanal *downlink*). (Ming Su, 2000:21)

2.7.2.1 Delay End-to-End Aplikasi Video Streaming

Delay end-to-end aplikasi video *streaming* merupakan jumlah *delay* CODEC aplikasi video *streaming* dengan *delay* jaringan dimana aplikasi tersebut berjalan. *Delay* CODEC aplikasi video *streaming* terdiri dari *delay* CODEC audio dan video untuk menghasilkan satu paket video *streaming*. Besarnya *delay* CODEC aplikasi video *streaming* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$t_{\text{CODEC}} = t_a + t_v \quad (2-23)$$

dengan:

t_{CODEC} = *delay* CODEC aplikasi video *streaming* (detik)

t_a = *delay* CODEC audio (detik)

t_v = *delay* CODEC video (detik)

Sehingga, total *delay end-to-end* penerapan aplikasi video *streaming* pada jaringan EVDO menggunakan IPv4 dapat dihitung dengan persamaan:

$$t_{\text{end-to-end}} = t_{\text{CODEC}} + t_{\text{net}} \quad (2-24)$$

dengan:

t_{total} = *delay end-to-end* untuk aplikasi video *streaming* (detik)

t_{net} = *delay* jaringan EVDO (detik)

2.7.2.2 Delay Enkapsulasi dan Delay Dekapsulasi

Enkapsulasi merupakan proses penambahan *header* pada paket data sehingga paket tersebut dapat sampai tujuan. *Delay* enkapsulasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk menambahkan keseluruhan *header* pada sebuah paket yang akan dikirimkan yang berbasis IP (*internet protocol*).

Bila *node* sumber ingin mengirimkan paket data ke *node* tujuan, maka proses yang terjadi adalah data aplikasi dikirimkan ke *transport layer* dengan protokol IP kemudian dienkapsulasi menjadi segmen IP.

Data yang melewati *transport layer* akan mengalami penambahan *header* RTP, sehingga dapat dihitung dengan persamaan :

$$W_{\text{message}} = W_{\text{data}} + \text{header}_{\text{RTP}} \quad (2-25)$$

Keterangan :

$W_{message}$: Panjang pesan yang dikirimkan (byte)

W_{data} : Panjang data yang dikirimkan (byte)

$header_{RTP}$: Panjang *header* RTP (12 byte)

dari *application layer*, segmen diteruskan ke *transport layer* dengan menambahkan *header* UDP yang bersifat *realtime*. Jika panjang *message* melebihi MSS UDP, maka akan difragmentasi dengan persamaan :

$$N_{segmen} = \frac{W_{message}}{MSS_{UDP}} \quad (2-26)$$

Keterangan :

N_{segmen} : Jumlah segmen UDP

MSS UDP : *Maximum Segment Size* UDP (1460 byte)

Maka panjang *frame* segmen diperoleh dengan persamaan :

$$W_{segmen1} = MSS_{UDP} + header_{UDP} \quad (2-27)$$

Keterangan :

$W_{segmen1}$: Panjang segmen UDP (byte)

Maka total segmen menjadi :

$$W_{segmen} = N_{segmen} \times W_{segmen1} \quad (2-28)$$

Dari *transport layer*, data menuju *network layer*, yaitu diubah menjadi datagram dengan penambahan *header* IP, dengan persamaan :

$$W_{datagram} = W_{segmen} + header_{IPv4} \quad (2-29)$$

Keterangan :

$W_{datagram}$: Panjang datagram IP (byte)

W_{segmen} : Panjang segmen UDP (byte)

$Header_{IPv4}$: Panjang *header* IPv4 (20 byte)

Dari *network layer*, *datagram* IP dikirimkan ke *data link layer*. Di *data link layer*, *datagram* IP dienkapsulasi menjadi *frame Ethernet* yang memiliki nilai MTU (*Maximum Transmission Unit*) sebesar 1500 byte. Bila panjang *datagram* total melebihi MTU *Ethernet*, maka akan difragmentasi dengan persamaan :

$$N_{frame} = \frac{W_{datagram}}{MTU_{ethernet}} \quad (2-30)$$

Keterangan :

N_{frame} : Jumlah *frame Ethernet*

$MTU_{Ethernet}$: *MTU Ethernet* (1500 byte)

Setelah difragmentasi, *frame* tersebut dienkapsulasi dengan persamaan :

$$W_{frame} = W_{datagram} + header_{Ethernet} \quad (2-31)$$

Keterangan :

W_{frame} : Panjang *frame Ethernet* (byte)

$header_{Ethernet}$: Panjang *header Ethernet* (18 byte)

jumlah *frame Ethernet* yang yang dikirimkan dari sumber adalah :

$$W_{frame\ total} = W_{frame} + header_{MAC} + CRC \quad (2-32)$$

Keterangan :

$W_{frame\ total}$: Panjang total *frame* setelah enkapsulasi (byte)

W_{frame} : Panjang *frame Ethernet* (byte)

$header_{MAC}$: Panjang *header MAC* (byte)

CRC : Panjang *CRC (Cyclic Redudancy Check)* (byte)

Maka besar *delay* enkapsulasi adalah :

$$t_{enc} = \frac{W_{frame\ total}}{C_{proc}} \quad (2-33)$$

Keterangan :

t_{enc} : *Delay* enkapsulasi (s)

$W_{frame\ total}$: Panjang total *frame* setelah enkapsulasi (byte)

C_{proc} : Kecepatan pemrosesan di *node* sumber (bps)

Sedangkan besar *delay* dekapsulasi adalah :

$$t_{dec} = \frac{W_{frame\ total}}{C_{proc2}} \quad (2-34)$$

Keterangan :

T_{dec} : *Delay* dekapsulasi (s)

$W_{frame\ total}$: Panjang total *frame* setelah enkapsulasi (byte)

C_{proc2} : Kecepatan pemrosesan di *node* tujuan (bps)

2.7.2.3 Delay Propagasi

Delay propagasi merupakan waktu yang diperlukan paket data untuk merambat melalui media transmisi. *Delay* propagasi dihitung dengan persamaan (Kwang-Cheng Chen, 2008) :

$$t_{prop} = \frac{D_{max}}{C} \quad (2-35)$$

Keterangan :

t_{prop} : *Delay* propagasi (s)

D_{max} : Jarak maksimum pemancar dan penerima (m)

C : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

2.7.2.4 Delay Transmisi

Delay transmisi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan paket data. *Delay* transmisi dihitung dengan persamaan (Kwang-Cheng Chen, 2008) :

$$t_{trans} = \frac{W_{frame\ total}}{n \times C_{trans}} \times 8\ byte \quad (2-36)$$

Keterangan :

t_{trans} : *Delay* transmisi (s)

$W_{frame\ total}$: Panjang total *frame* yang dikirimkan (bit)

C_{trans} : Kecepatan transmisi kanal *wireless* (bps)

n : Jumlah slot tiap MS

2.7.2.5 Delay Paketisasi dan Depaketisasi

Delay paketisasi adalah waktu yang diperlukan untuk memaketkan data dan hanya terjadi sekali di *source* informasi. Sedangkan *delay* depaketisasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh penerima untuk mengubah paket-paket yang diterima menjadi data yang bisa dibaca. *Delay* paketisasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$t_{paketisasi} = \frac{L_{paket}}{C_{trans}} \quad (2-37)$$

Keterangan :

$t_{paketisasi}$: *Delay* paketisasi (s)

L_{paket} : Panjang paket yang dikirimkan (bit)

C_{trans} : Kecepatan transmisi kanal *wireless* (bps)

2.7.2.6 Delay Antrian

Delay antrian adalah waktu yang dibutuhkan paket data selama berada dalam antrian untuk ditransmisikan. Selama waktu itu, paket data menunggu hingga paket yang lain selesai ditransmisikan. *Delay* antrian dapat dihitung dengan menggunakan model antrian M/M/1. M pertama menunjukkan kedatangan *Poisson*, M kedua berarti distribusi waktu pelayanan eksponensial, dan 1 menunjukkan 1 menunjukkan jumlah server yang akan melayani pelanggan. Disiplin antrian yang digunakan adalah FIFO (*First In First Out*).

Model antrian M/M/1 dapat ditulis dengan persamaan (Kerhsenbaum:1993) :

Waktu pelayanan rata-rata :

$$\bar{X} = E\{X\} = \frac{1}{\mu} \quad (2-38)$$

Momen kedua dari waktu pelayanan :

$$\overline{X^2} = E\{X^2\} = \frac{1}{\mu^2} \quad (2-39)$$

Waktu tunggu dalam antrian :

$$W = \frac{\lambda \overline{X^2}}{2(1-\rho)} \quad (2-40)$$

Faktor utilisasi :

$$\rho = \frac{\lambda W}{\mu} = \lambda W \bar{X} \quad (2-41)$$

Kecepatan pelayanan pada BTS :

$$\mu = \frac{C}{L} \quad (2-42)$$

Sehingga *delay* antrian dan pelayanan dapat ditulis dengan persamaan :

$$t_w = \bar{X} + W = \frac{1}{\mu} + \frac{\lambda \overline{X^2}}{2(1-\rho)} \quad (2-43)$$

Sehingga menjadi :

$$t_w = \frac{1}{\mu} + \frac{\lambda W}{\mu^2 (1-\rho)} \quad (2-44)$$

Keterangan

t_1 = Waktu mengirim satu paket data (s)

t_{prop} = *Delay* propagasi (s)

t_{out} = Waktu yang dibutuhkan untuk menerima *acknowledgement* (s)

L = Ukuran paket yang dikirimkan (bit)



BAB III METODOLOGI

Kajian dalam skripsi ini adalah kajian yang bersifat analisis yaitu menganalisis kualitas pelayanan (QoS) penyedia jaringan CDMA EVDO. Bab III ini menjelaskan tentang jenis data dan cara pengambilan data, variabel dan cara analisis data. Rangkaian solusi masalah di desain dalam bentuk diagram alir.

3.1 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah data sekunder.

Data Sekunder

Data sekunder hasil *drivetest* diperoleh dengan mengikuti proses *drivetest* oleh pihak mitra *provider*.

Data sekunder teori diperoleh dari beberapa sumber, antara lain: buku referensi, jurnal, skripsi, internet, tesis, dan forum-forum yang mengkaji tentang kualitas layanan *provider*.

3.2 Variabel Data

Variabel data yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari *drivetest* EVDO terdiri dari *Application throughput downlink*, SINR (*Signal to interference and noise ratio*) dan *RX Power*. parameter tersebut merupakan standar dari pihak *provider* untuk *drivetest* EVDO.

- *RX Power* atau RSCP (*received signal code power*) adalah besarnya daya yang diterima oleh *UE (User Equipment)*.
- SINR (*Signal to interference and noise ratio*) atau $\frac{C}{I}$ (*Carrier to Interference ratio*) adalah kualitas sinyal yang diterima oleh *UE (User Equipment)*.
- *Throughput* adalah aplikasi simulasi untuk mengetahui *bandwidth* dan kecepatan yang didapat pada saat terjadi koneksi.

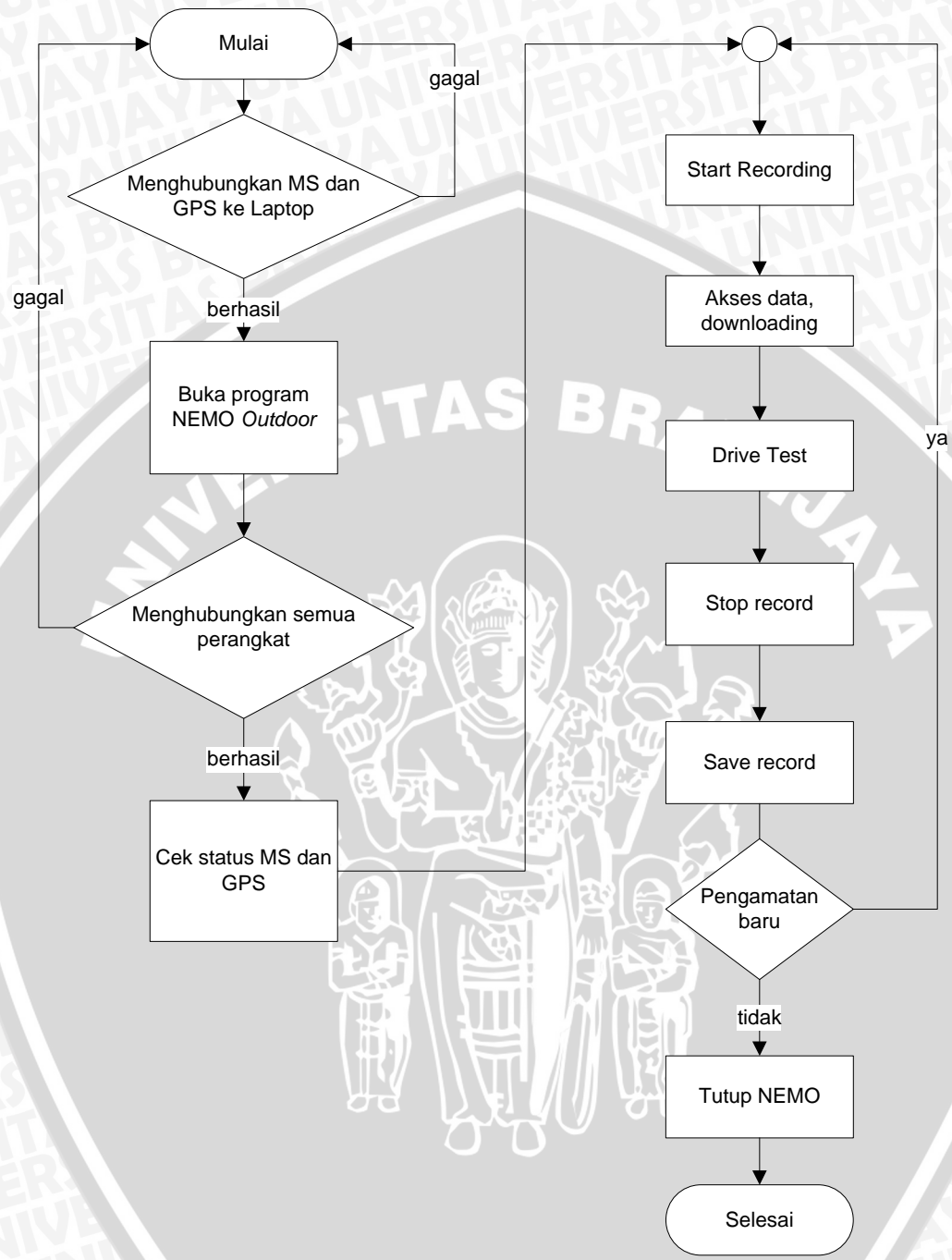
3.3 Setting Pengambilan Data

Untuk melakukan pengukuran (*drivetest*) langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat-alat dan program yang digunakan.
2. Menentukan waktu pengukuran
3. Menentukan jalur pengukuran.
4. Setting perangkat pengukuran, langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :
 - a) Menghubungkan MS dan GPS dengan *laptop*.
 - b) Mengaktifkan program *NEMO Outdoor*.
 - c) Melakukan pengecekan, apakah perangkat MS dan GPS telah terhubung dengan program *NEMO Outdoor*.
 - d) Apabila tidak terhubung maka kembali ke langkah pertama.
 - e) Apabila perangkat telah berhasil terhubung, maka perangkat sudah siap untuk pengambilan data.

(Untuk lebih jelas dapat dilihat pada diagram alir dalam gambar 3.1)

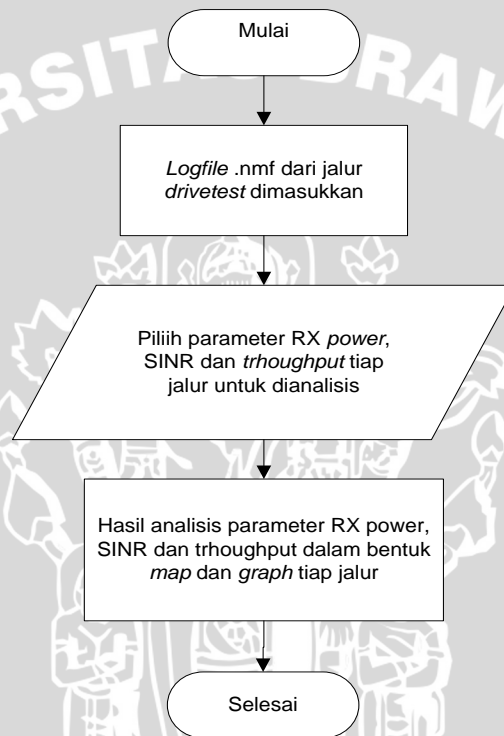
5. Pengolahan data yang didapat dari *drivetest*.
6. Pengumpulan data yang didapat.



Gambar 3.1 Diagram alir *Setting* Pengambilan Data
 Sumber : Perancangan

3.4 Analisis Data *Logfile*

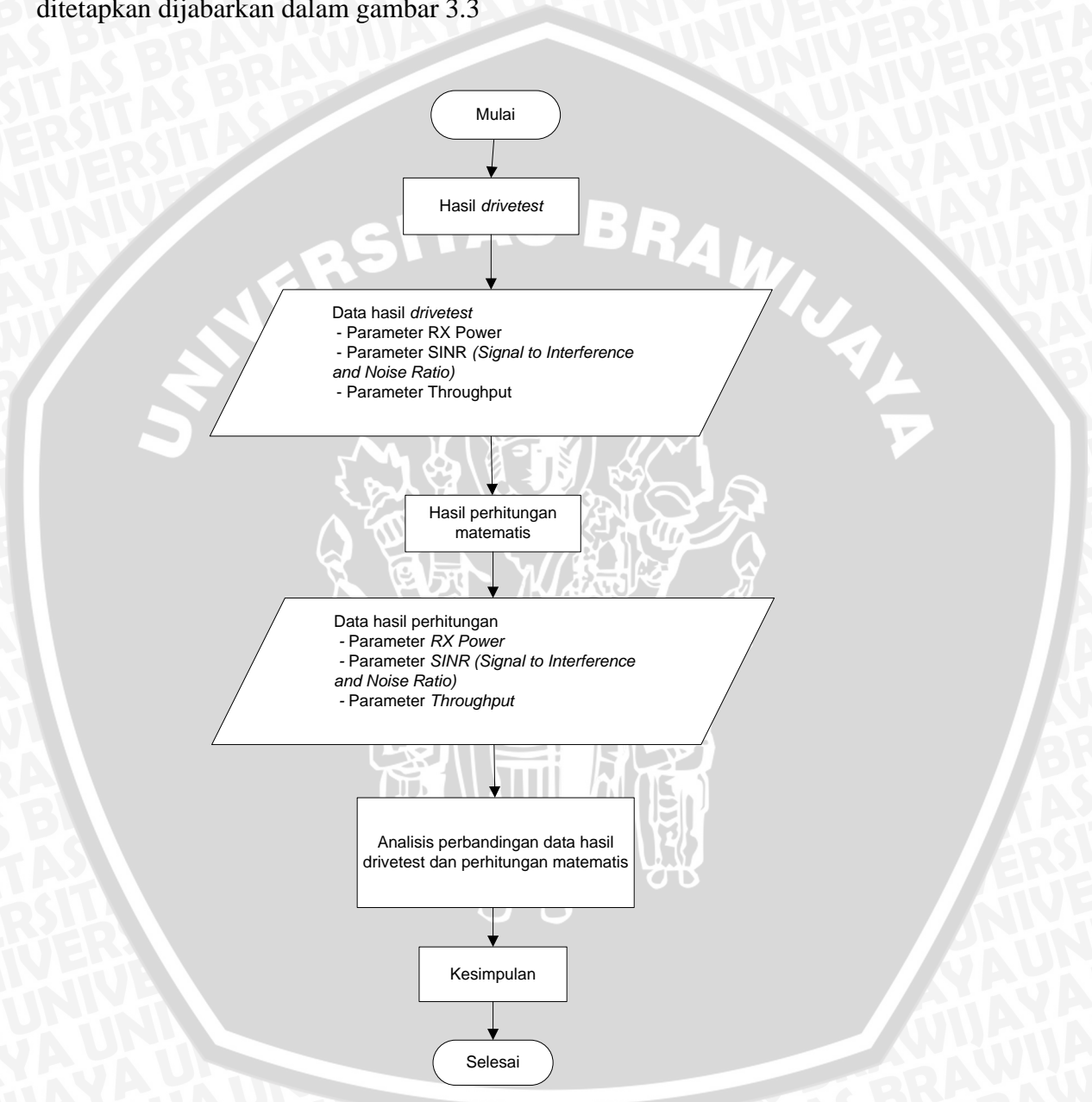
Pada proses analisis data *logfile* (data hasil *drivetest*), *logfile* yang mempunyai format *.nmf* dimasukkan ke *NEMO Analyze*, kemudian data *logfile* tersebut diolah dengan program *NEMO Analyze* untuk mendapatkan nilai parameter *RX Power*, *SINR* dan *throughput* pada jalur yang telah dipilih tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat dalam gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram alir analisis data hasil *drivetest*
Sumber : Perancangan

3.5 Kerangka Permasalahan

Rangka keseluruhan proses penyelesaian masalah pada skripsi ini yang telah dirumuskan dan ditelaah dari aspek tertentu, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dijabarkan dalam gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram alir solusi permasalahan
Sumber : Perancangan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Waktu dan Tempat Pengambilan Data

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh data hasil *drivetest* menggunakan perangkat NEMO pada *Code Division Multiple Access* (CDMA) EVDO, kemudian data hasil *drivetest* tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan secara matematis, dan menggunakan hasil perbandingan tersebut untuk analisis *Quality of Service* data jaringan CDMA EVDO dari suatu penyedia jaringan, maka penelitian dilaksanakan mulai tanggal 14 November 2011 sampai dengan 26 November 2011 bertempat di kantor :

PT Bakrie Telecom (AHA esia)

Gedung Wisma Bakrie 1

JL. H.R Rasuna Said Kav.B-1

Jakarta Selatan 12920



Gambar 4.1 Gedung Wisma Bakrie I
Sumber : foto pribadi

Lokasi Drivetest

Tahap pengambilan data sekunder hasil *drivetest* dilakukan dengan pengujian lapangan, yaitu mengikuti proses *drivetest* bersama pihak mitra *provider*, yaitu **PT. GCI (Guangzhou Communication Institute) INDONESIA** untuk *vendor* HUAWEI.

Hampir setiap hari di kantor tersebut diatas terjadi proses *drivetest* untuk pengukuran tertentu, untuk bahan skripsi ini telah diberi izin oleh divisi RNO (*Radio Network Optimazation*) untuk mengikuti proses *drivetest* yaitu dimulai pada tanggal 14 November 2011 di lokasi Pasaraya Blok M, lokasi *drivetest* ini dipilih karena BTS di daerah ini baru saja di pindah lokasinya karena gedung yang lama mengalami pembongkaran sehingga digeser 100 meter (dapat dilihat dalam gambar 4.2 dan 4.3).

Proses pengambilan data di jalur Pasaraya Blok M yang memiliki kode *site* 1040 dengan sektor alfa (0) = 327, beta (1) = 300, gamma (2) = 330 dilakukan pada hari senin, tanggal 14 November 2011 pada pagi sampai siang hari pukul 09.00 - 15.00 WIB dan pada tanggal 17 November 2011 pada malam hari pukul 19.00 - 01.00 WIB. Jalur pengambilan data dapat dilihat dalam gambar 4.4.



Gambar 4.2 Gedung lokasi BTS yang lama
Sumber : foto pribadi



Gambar 4.3 Gedung lokasi BTS yang baru
Sumber : foto pribadi



Gambar 4.4 Jalur lokasi Pasaraya Blok M
Sumber : capture tampilan softwear drivetest

4.2 Variabel Data *Drivetest*

Variabel data yang diambil pada waktu *drivetest* menggunakan *softwear* NEMO *Outdoor* yaitu *RX Power*, *SINR* dan *Throughput*, parameter tersebut merupakan standar dari pihak *provider* untuk *drivetest* EVDO.

- *RX Power* atau *RSCP* (*received signal code power*) adalah besarnya daya yang diterima oleh *UE* (*User Equipment*).
- *SINR* (*Signal to interference and noise ratio*) atau $\frac{C}{I}$ (*Carrier to Interference ratio*) adalah kualitas sinyal yang diterima oleh *UE* (*User Equipment*).
- *Throughput* adalah aplikasi simulasi untuk mengetahui *bandwidth* dan kecepatan yang didapat pada saat terjadi koneksi.

4.3 Data Hasil *Drivetest*

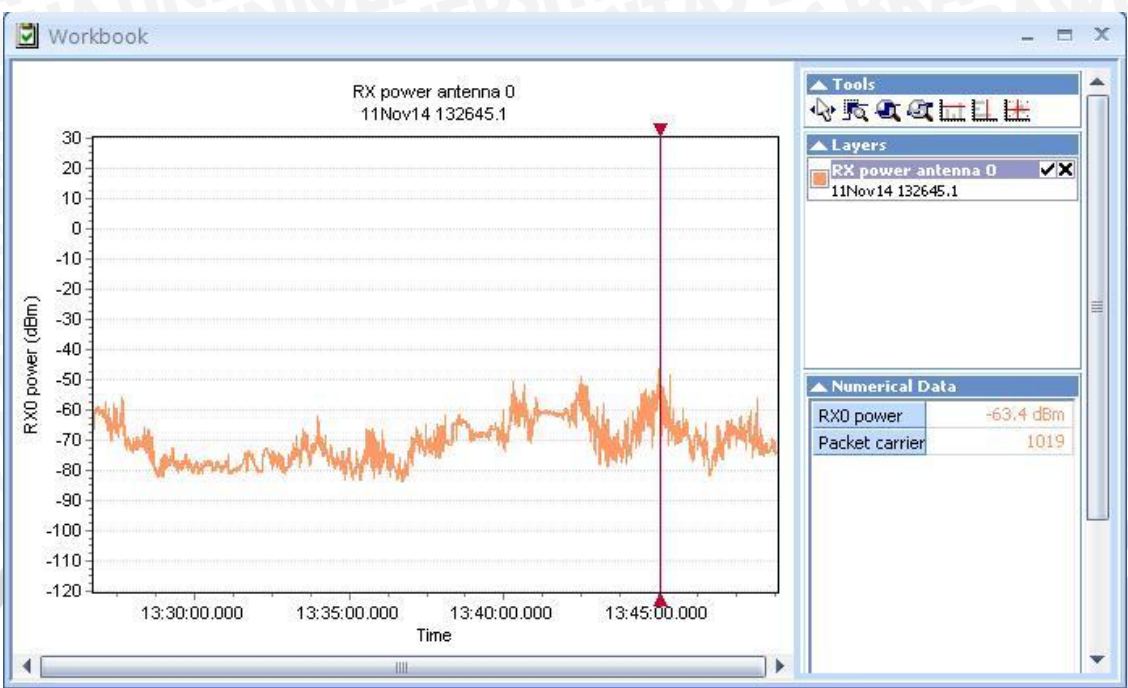
4.3.1 Data hasil *drivetest* tanggal 14 November 2011

- *Data RX Power*



Gambar 4.5 Hasil *RX Power* dalam bentuk *Map*

Sumber : *Provider*



Gambar 4.6 Hasil RX Power dalam bentuk Graph
 Sumber : Pengukuran dengan NEMO analyze

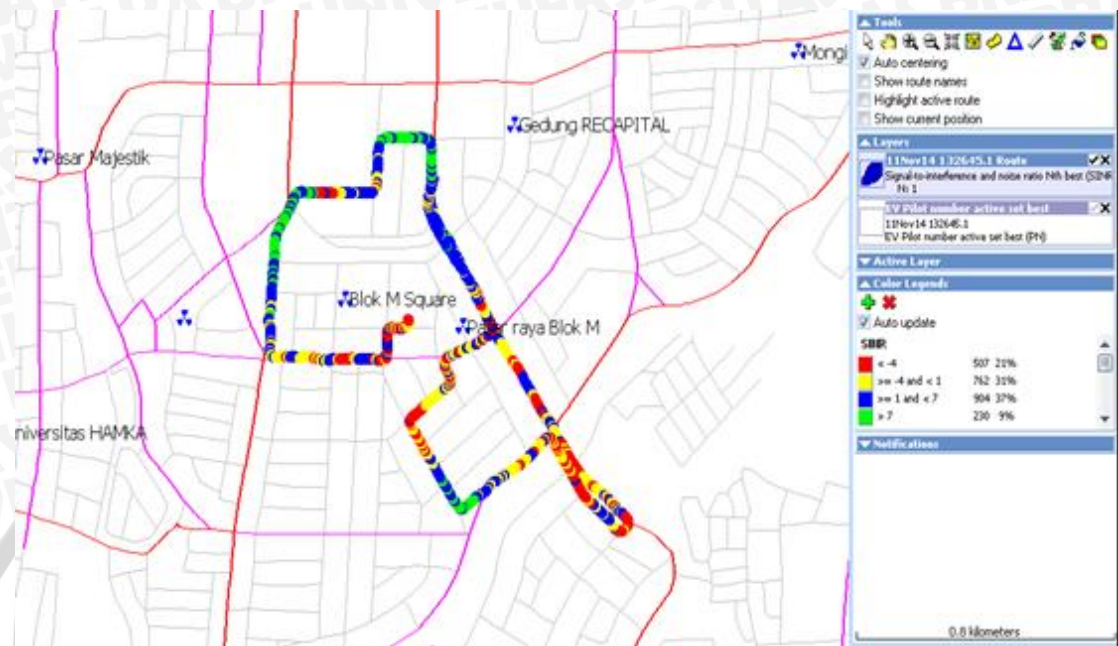
Dari data hasil NEMO analyze, didapatkan RX Power dalam bentuk Map kemudian dapat diambil kesimpulan pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Data RX Power Pasaraya Blok M

Data RX Power (dBm)		
Warna	Range	Prosentase (%)
	Bernilai > -69	40
	Bernilai >= -79 s/d < -69	48
	Bernilai >= -89 s/d < -79	11
	Bernilai >= -99 s/d < -89	0
	Bernilai < -99	0

Sumber : Hasil pengukuran

- **Data SINR**



Gambar 4.7 Hasil SINR dalam bentuk Map
 Sumber : *Provider*

Dari data hasil NEMO *analyze*, didapatkan SINR dalam bentuk Map kemudian dapat diambil kesimpulan pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data SINR Pasaraya Blok M

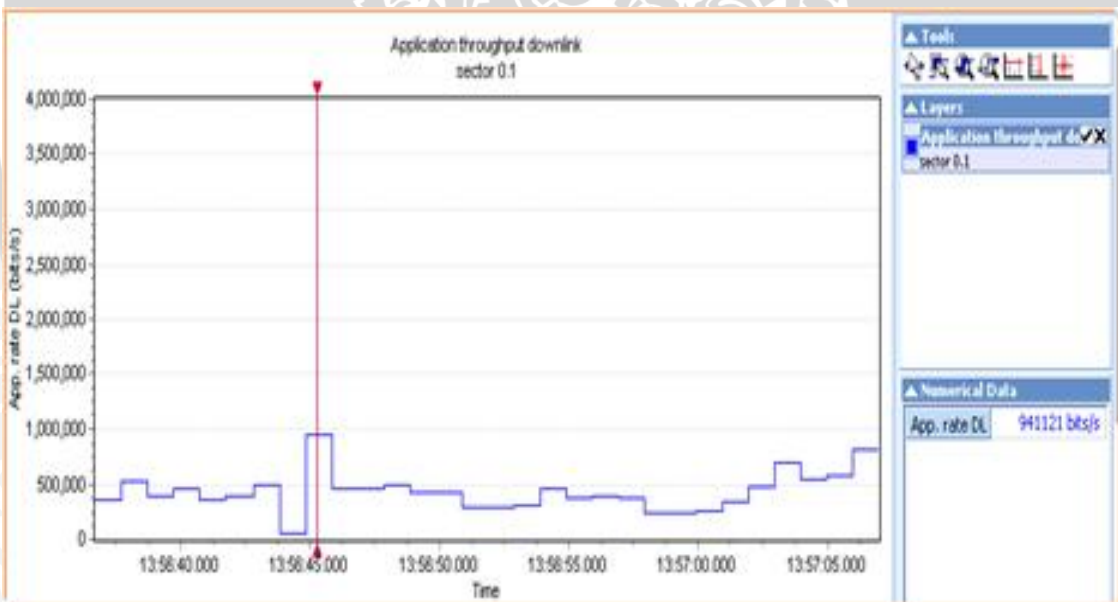
Data SINR (dB)		
Warna	Range (dB)	Prosentase (%)
	Bernilai < -4	21
	Bernilai ≥ -4 s/d < 1	31
	Bernilai ≥ 1 s/d < 7	37
	Bernilai > 7	9

Sumber : Hasil pengukuran

• **Data Throughput**



Gambar 4.8 Hasil *throughput* dalam bentuk Map
Sumber : *Provider*



Gambar 4.9 Hasil *throughput* dalam bentuk Graph
Sumber : Pengukuran dengan *NEMO analyze*

Dari data hasil *NEMO analyze*, didapatkan *throughput* dalam bentuk Map kemudian dapat diambil kesimpulan pada tabel 4.3 berikut :

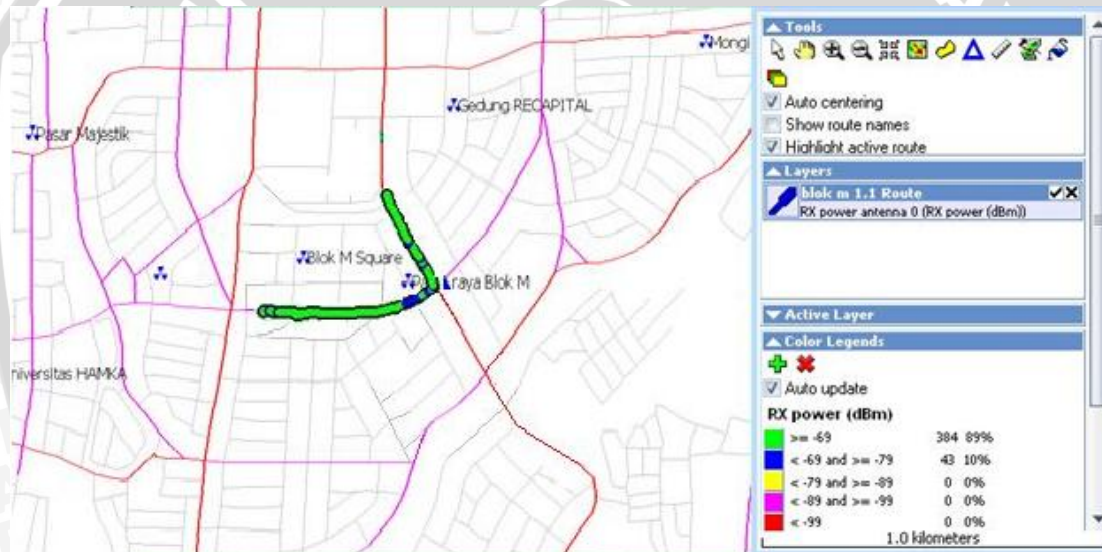
Tabel 4.3 Data *Throughput* Pasaraya Blok M

Data <i>Throughput</i> (bps)		
Warna	Range	Prosentase (%)
	Bernilai ≥ 0 s/d < 153000	17
	Bernilai ≥ 153000 s/d < 400000	20
	Bernilai ≥ 400000 s/d < 800000	28
	Bernilai ≥ 800000 s/d < 1200000	18
	Bernilai ≥ 1200000 s/d < 1800000	11
	Bernilai > 1800000	2

Sumber : Hasil pengukuran

4.3.2 Data hasil *drivetest* tanggal 17 November 2011

- Data *RX Power*



Gambar 4.10 Hasil *RX Power* dalam bentuk *Map*
 Sumber : Pengukuran dengan NEMO Analyze



Gambar 4.11 Hasil RX Power dalam bentuk Graph
 Sumber : Pengukuran dengan NEMO analyze

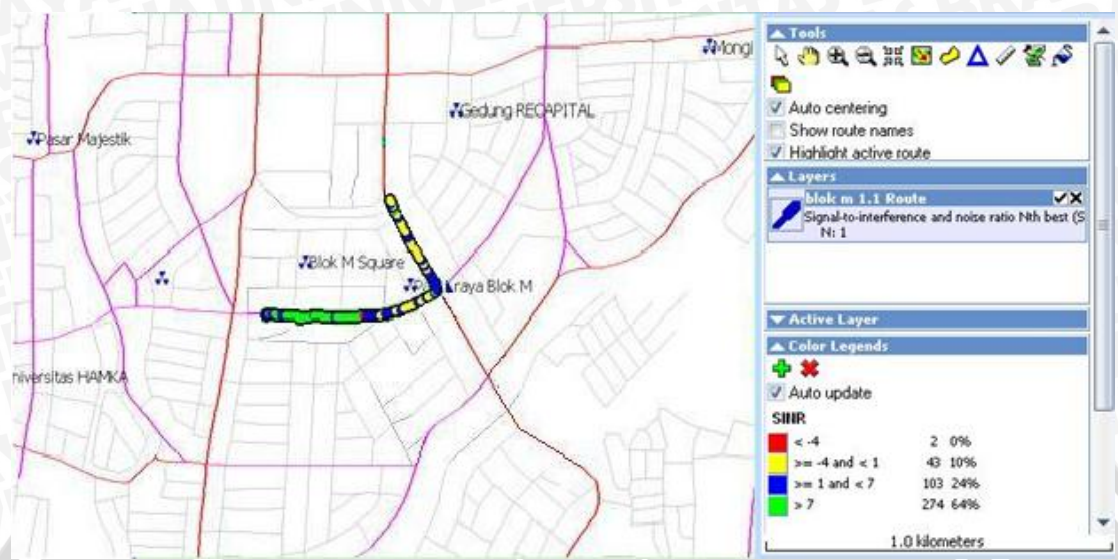
Dari data hasil NEMO analyze, didapatkan RX Power dalam bentuk Map kemudian dapat diambil kesimpulan pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Data RX Power Pasaraya Blok M

Data RX Power (dBm)		
Warna	Range	Prosentase (%)
	Bernilai > -69	89
	Bernilai >= -79 s/d < -69	10
	Bernilai >= -89 s/d < -79	0
	Bernilai >= -99 s/d < -89	0
	Bernilai < -99	0

Sumber : Hasil pengukuran

- Data SINR



Gambar 4.12 Hasil SINR dalam bentuk Map
 Sumber : Pengukuran dengan NEMO Analyze

Dari data hasil NEMO analyze, didapatkan SINR dalam bentuk Map kemudian dapat diambil kesimpulan pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Data SINR Pasaraya Blok M

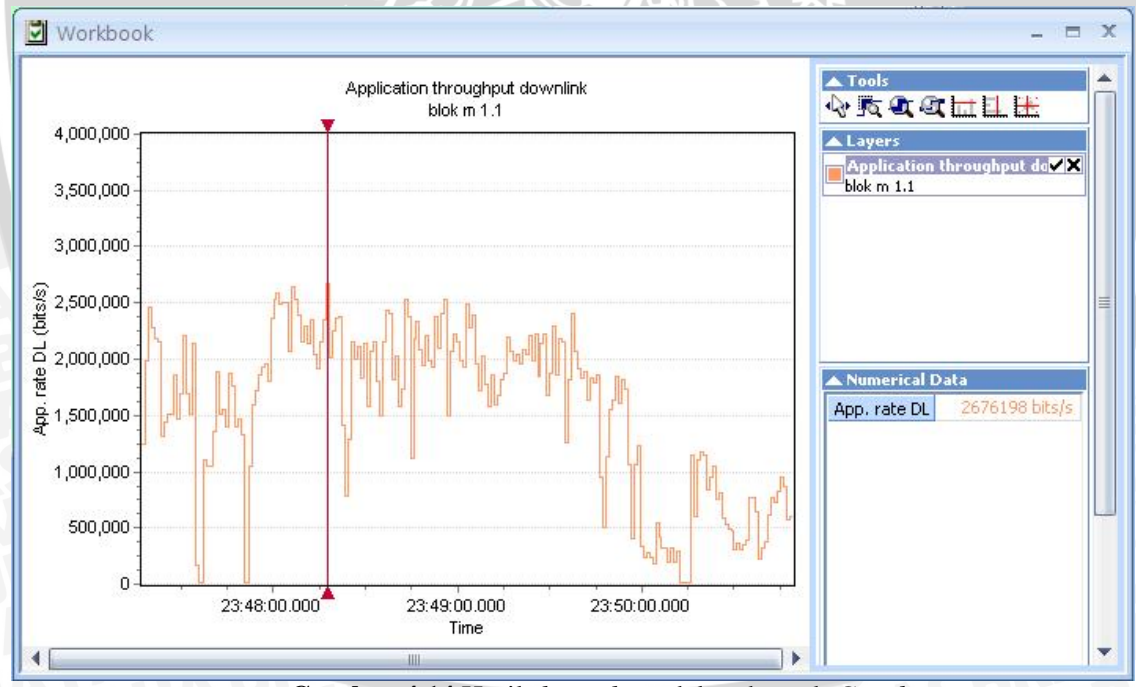
Data SINR (dB)		
Warna	Range (dB)	Prosentase (%)
	Bernilai < -4	0
	Bernilai ≥ -4 s/d < 1	10
	Bernilai ≥ 1 s/d < 7	24
	Bernilai > 7	64

Sumber : Hasil pengukuran

- **Data Throughput**



Gambar 4.13 Hasil *throughput* dalam bentuk *Map*
Sumber : Pengukuran dengan NEMO Analyze



Gambar 4.14 Hasil *throughput* dalam bentuk *Graph*
Sumber : Pengukuran dengan NEMO Analyze

Dari data hasil NEMO *analyze*, didapatkan *throughput* dalam bentuk *Map* kemudian dapat diambil kesimpulan pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Data *Throughput* Pasaraya Blok M

Data <i>Throughput</i> (bps)		
Warna	Range	Prosentase (%)
	Bernilai ≥ 0 s/d < 153000	0
	Bernilai ≥ 153000 s/d < 400000	0
	Bernilai ≥ 400000 s/d < 800000	0
	Bernilai ≥ 800000 s/d < 1200000	0
	Bernilai ≥ 1200000 s/d < 1800000	1
	Bernilai > 1800000	96

Sumber : Hasil pengukuran

4.4 Perhitungan Matematis

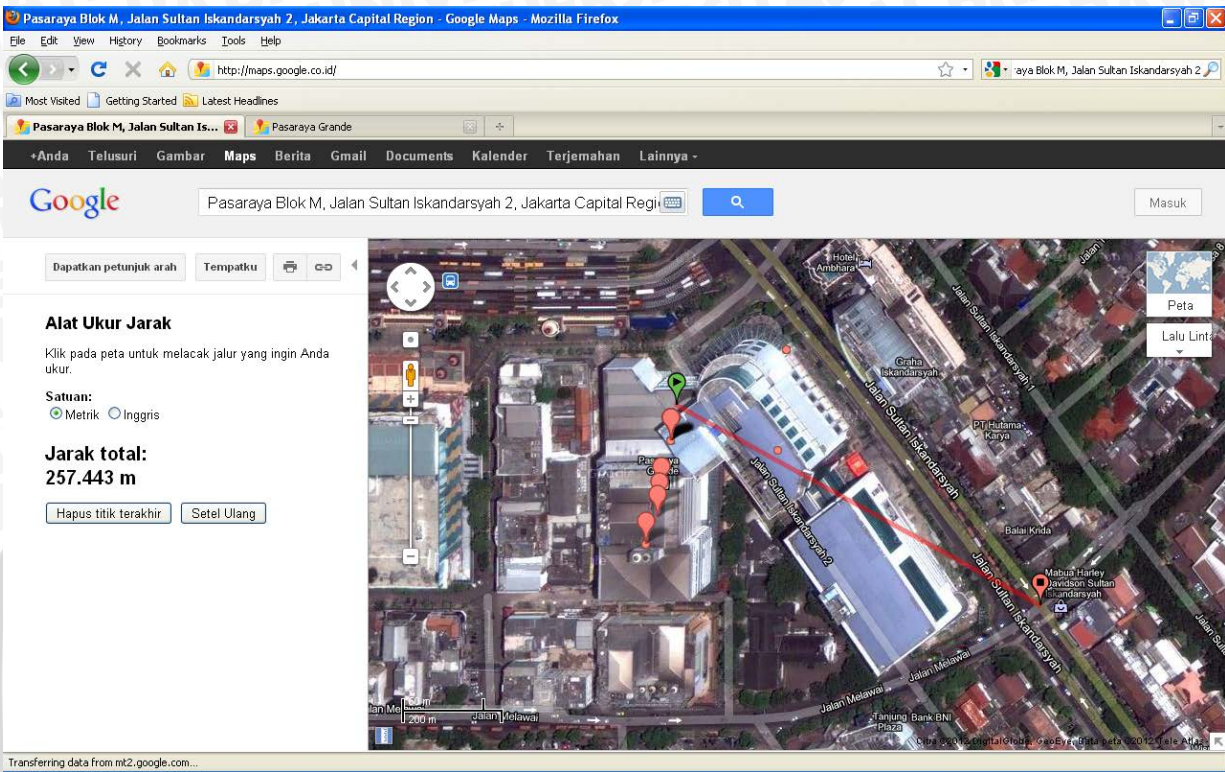
Untuk proses analisis perhitungan secara matematis, maka digunakan beberapa data sekunder seperti ditunjukkan dalam tabel 4.7 yang menunjukkan spesifikasi perangkat.

Tabel 4.7 Spesifikasi perangkat

Parameter	Nilai
Tinggi antenna <i>base station</i> (gedung Pasar Raya Blok M)	62 m
<i>Transmitter power</i> dari <i>base station</i>	62 dBm
<i>Maximum EIRP</i> dari <i>base station</i>	77 dBi
Digunakan <i>chip rate</i> (W)	3,84 Mbps
Digunakan <i>data rate</i> (R)	3072 kbps
<i>Gain antenna mobile station</i>	2,15 dBi

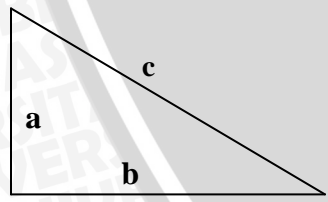
Sumber : *Provider*

4.4.1 Jarak Untuk Analisis Perbandingan Hasil Drivetest dengan Perhitungan



Gambar 4.15 Cara Penentuan Jarak yang dibuat Perbandingan
 Sumber : Google Map

Cara menentukan jarak untuk analisis perbandingan hasil *drivetest* dengan perhitungan digunakan alat ukur jarak pada *google map*, pada gambar 4.15 hasil jarak total dari titik lokasi BTS ke titik yang di analisis yaitu 257 meter, untuk mencari jarak BS ke MS digunakan rumus *Phytagoras* yaitu :



$$c^2 = a^2 + b^2$$

keterangan :

a = Tinggi antenna *base station* (gedung Pasar Raya Blok M) = 62 m

b = Jarak titik lokasi antenna ke titik analisis = 257 m

c = Jarak *base station* ke *mobile station*

$$c^2 = 62^2 + 257^2$$

$$c^2 = 69,893$$

$$c = \sqrt{69,893} = 264 \text{ m}$$

4.4.2 Perhitungan Rugi-rugi Propagasi (*Pathloss*)

4.4.2.1 Kondisi *Line of Sight* (LOS)

Kondisi *Line of Sight* adalah kondisi dimana antena *transmitter* dan *receiver* tidak terdapat halangan sama sekali. Perhitungan rugi-rugi propagasi LOS sering disebut dengan *Free Space Loss* (FSL). Perhitungan ini akan digunakan untuk menghitung besarnya daya yang diterima oleh *Received Signal Level* (RSL).

Pada kondisi ini akan dihitung besarnya nilai rugi-rugi propagasi LOS (*free space loss*) pada jarak antara *transmitter* dan *receiver* sebesar 264 m dan jika sistem bekerja pada frekuensi 800 Mhz. dengan menggunakan persamaan (2-6), maka rugi-rugi propagasi pada jarak 264 m pada kondisi LOS dapat dihitung sebagai berikut:

$$FSL = 32.45 + 20 \log d + 20 \log f$$

Maka akan diperoleh nilai *free space loss* (FSL) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FSL &= 32.45 + 20 \log d + 20 \log f \\ &= 32.45 + 20 \log 0,264 + 20 \log 800 \\ &= 78,94 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (2-7) maka perhitungan level sinyal pada *receiver* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} RSL \text{ (dBm)} &= EIRP - FSL + G_r \\ &= 77 - 78,94 + 2,15 \\ &= 0,21 \text{ dBm} \end{aligned}$$

4.4.2.2 Kondisi *Non Line of Sight* (NLOS)

Kondisi *Non Line of sight* (NLOS) adalah kondisi dimana antara *transmitter* dan *receiver* terdapat penghalang sinyal seperti rumah, pohon dan gedung. Kondisi ini menyebabkan sinyal yang dikirim oleh *transmitter* mengalami pantulan, difraksi atau *scattering*, sehingga sinyal tersebut memiliki lebih dari satu jalur dari *transmitter* ke *receiver*.

Perhitungan rugi-rugi propagasi untuk kondisi NLOS (*path loss*) ini nantinya akan digunakan untuk menghitung besarnya daya yang diterima oleh *Received Signal Level* (RSL). Parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan nilai *path loss* antara lain

yaitu jarak antara *transmitter* dan *receiver* (d), gain pada *receiver* (G_r), tinggi antenna *transmitter* (h_t), dan tinggi antenna *receiver* (h_r).

Pada kondisi ini akan dihitung besarnya nilai rugi-rugi propagasi NLOS (*pathloss*) pada jarak antara *transmitter* dan *receiver* sebesar 264 m. dengan menggunakan persamaan (2-8), maka nilai *pathloss* pada kondisi NLOS dapat dihitung sebagai berikut:

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

Untuk jarak antara *transmitter* dan *receiver* sejauh 264 m, maka nilai *pathloss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2-9 sampai 2-13 sebagai berikut:

- Perhitungan nilai referensi *pathloss* (A)

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

Nilai $\lambda = \frac{c}{f} = 0,375$ m, sedangkan nilai jarak referensi *pathloss* (d_0) = 100 m.

Sehingga,

$$A = 20 \log\left(\frac{4 \times 3,14 \times 100}{0,375}\right) \\ = 70,5 \text{ dB}$$

- Perhitungan nilai eksponen *pathloss* (γ)

$$\gamma = a - b \cdot h_t + \frac{c}{h_t}$$

karena telah diasumsikan bahwa daerah yang diamati berada di daerah urban, maka nilai a, b dan c menggunakan data pada tabel 2.5 untuk *terrain type B*.

$$\gamma = 4 - 0,0065 \times 62 + \frac{17,1}{62} \\ = 3,87$$

- Perhitungan faktor koreksi frekuensi (ΔPL_f)

$$\Delta PL_f = 6 \log\left(\frac{f}{2000}\right) \text{ Jika diketahui nilai } f = 800 \text{ Mhz maka:}$$

$$\Delta PL_f = 6 \log\left(\frac{800}{2000}\right) \\ = - 2,39$$

- Perhitungan faktor koreksi tinggi antena *user* (ΔPL_h)

$$\Delta PL_h = -10,8 \log \left(\frac{h_r}{2} \right)$$

Diketahui nilai $h_r = 1,5$ m, maka

$$\begin{aligned} \Delta PL_h &= -10,8 \log \left(\frac{1,5}{2} \right) \\ &= 1,35 \end{aligned}$$

- *Shadow fading variation* (s)

Nilai s dapat dilihat pada tabel 2.5 untuk *terrain type B*, nilai $s = 9,6$ dB.

Setelah diperoleh nilai-nilai yang diperlukan, maka dapat dihitung nilai *pathloss* untuk kondisi NLOS dengan jarak *transmitter* dan *receiver* sejauh 264 m sebagai berikut:

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

$$\begin{aligned} PL &= 70,5 + 10 \times 3,87 \log \left(\frac{264}{100} \right) + (-2,39) + 1,35 + 9,6 \\ &= 95,38 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (2-14) maka perhitungan level sinyal pada sisi penerima NLOS dengan jarak antara BS dan MS sejauh 264 m dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RSL (dBm)} &= \text{EIRP} - PL + G_r \\ &= 77 - 98,38 + 2,15 \\ &= -16,23 \text{ dBm} \end{aligned}$$

4.4.3 Perhitungan *Energy Bit per Noise* ($\frac{E_b}{N_0}$)

$\frac{E_b}{N_0}$ dapat didefinisikan sebagai perbandingan energi sinyal per bit terhadap *noise* dan digunakan sebagai ukuran mutu standar untuk kinerja sistem komunikasi digital. Perhitungan nilai $\frac{E_b}{N_0}$ akan digunakan untuk pengukuran nilai probabilitas bit *error*.

4.4.3.1 Kondisi *Line of Sight* (LOS)

Perhitungan $\frac{E_b}{N_0}$ dengan nilai *bandwidth* (B) = 1,25 Mhz, dengan *data rate* (R) yang digunakan = 3072 kbps adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\left(\frac{E_b}{N_0}\right) &= \text{RSL} - 10 \log (R) + 228,6 \text{ dBW} - 10 \log T_e \\ &= (0,21\text{dBm}) - 10 \log (3072 \times 10^3) + 228,6 - 10 \log (273+37) \\ &= (-29,79\text{dBW}) - 10 \log (3072 \times 10^3) + 228,6 - 10 \log (273+37) \\ &= 109,02 \text{ dB}\end{aligned}$$

4.4.3.2 Kondisi *Non Line Of Sight* (NLOS)

Pada kondisi NLOS digunakan nilai sama dengan kondisi LOS yaitu nilai *bandwidth* (B) = 1,25 Mhz, dengan *data rate* (R) yang digunakan = 3072 kbps adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\left(\frac{E_b}{N_0}\right) &= \text{RSL} - 10 \log (R) + 228,6 \text{ dBW} - 10 \log T_e \\ &= (-16,23\text{dBm}) - 10 \log (3072 \times 10^3) + 228,6 - 10 \log (273+37) \\ &= (-46,23\text{dBW}) - 10 \log (3072 \times 10^3) + 228,6 - 10 \log (273+37) \\ &= 95,58 \text{ dB}\end{aligned}$$

4.4.4 Perhitungan *Carrier to Interference ratio* ($\frac{C}{I}$)

Hubungan antara $\frac{C}{I}$ dan $\frac{E_b}{N_0}$ dapat dilihat dari persamaan (2-16) yaitu sebagai berikut :

$$\frac{C}{I} = \left(\frac{R_b}{W}\right) \times \left(\frac{E_b}{I_0}\right)$$

Sedangkan $\frac{E_b}{I_0}$ adalah energi per bit tiap kerapatan daya *signal interference*.

dan hubungan antara $\frac{E_b}{I_0}$ dengan $\frac{E_b}{N_0}$ terdapat pada persamaan (2-17) yaitu sebagai

berikut :

$$\frac{E_b}{I_0} = 10 \log \left(\frac{E_b}{N_0}\right)$$

4.4.4.1 Kondisi *Line of Sight* (LOS)

Perhitungan pada kondisi LOS dengan jarak antara BS dengan MS sejauh 264 m adalah sebagi berikut:

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{I_o} &= 10 \log \left(\frac{E_b}{N_o} \right) & \frac{C}{I} &= \left(\frac{R_b}{W} \right) \times \left(\frac{E_b}{I_o} \right) \\ &= 10 \log 109,02 & &= \left(\frac{3072 \times 10^3}{3,84 \times 10^6} \right) \times 20,38 \\ &= 20,38 \text{ dB} & &= 16,30 \text{ dB} \end{aligned}$$

Jadi Nilai $\frac{E_b}{N_o}, \frac{E_b}{I_o}, \frac{C}{I}$ pada kondisi LOS dengan jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m.

Tabel 4.8 Nilai $\frac{E_b}{N_o}, \frac{E_b}{I_o}, \frac{C}{I}$ pada kondisi LOS

Jarak antara BS dengan MS (km)	$\frac{E_b}{N_o}$ (dB)	$\frac{E_b}{I_o}$ (dB)	$\frac{C}{I}$ (dB)
0,264	109,02	20,38	16,30

Sumber : perhitungan

4.4.4.2 Kondisi Non Line of Sight (NLOS)

Perhitungan pada kondisi NLOS dengan jarak antara BS dengan MS sejauh 264 m adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{E_b}{I_o} &= 10 \log \left(\frac{E_b}{N_o} \right) & \frac{C}{I} &= \left(\frac{R_b}{W} \right) \times \left(\frac{E_b}{I_o} \right) \\ &= 10 \log 95,58 & &= \left(\frac{3072 \times 10^3}{3,84 \times 10^6} \right) \times 19,80 \\ &= 19,80 \text{ dB} & &= 15,84 \text{ dB} \end{aligned}$$

Jadi Nilai $\frac{E_b}{N_o}, \frac{E_b}{I_o}, \frac{C}{I}$ pada kondisi NLOS dengan jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m.

Tabel 4.9 Nilai $\frac{E_b}{N_o}, \frac{E_b}{I_o}, \frac{C}{I}$ pada kondisi NLOS

Jarak antara BS dengan MS (km)	$\frac{E_b}{N_o}$ (dB)	$\frac{E_b}{I_o}$ (dB)	$\frac{C}{I}$ (dB)
0,264	95,58	19,80	15,84

Sumber : perhitungan

4.5 Perhitungan *Bandwidth Video Streaming*

Analisis performansi video *streaming* dilakukan dengan mengubah nilai *bit rate* CODEC video maupun audio. Adapun spesifikasi video *streaming* yang digunakan dalam skripsi ini dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Spesifikasi video *streaming*

Audio CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
HE-AAC v2	128 – 320	80	40 – 80
Video CODEC	Bit Rate (kbps)	Maximum Payload (byte)	Delay CODEC (ms)
H.264/AVC	64 – 384	254	150 – 300

Sumber: RFC 4352 and RFC 3984 RTP Payload Format for H.264 Video, 2005

Aplikasi video *streaming* menggunakan jenis CODEC H.264/AVC untuk video dengan *bit rate* CODEC antara 64 – 384 kbps dan HE-AAC v2 untuk audio dengan *bit rate* CODEC antara 128 – 320 kbps dengan *frame rate* 30 ms.

Dengan menggunakan persamaan (2-1), maka besar *payload* aplikasi video *streaming* dapat diperoleh sebagai berikut:

$$PL_a = B_{\text{CODEC}_a} \times \text{frame rate} = (320 \times 10^3) \times (30 \times 10^{-3}) = 9600 \text{ bit}$$

$$PL_v = B_{\text{CODEC}_v} \times \text{frame rate} = (384 \times 10^3) \times (30 \times 10^{-3}) = 11400 \text{ bit}$$

Sehingga besar paket data video *streaming* pada jaringan EVDO menggunakan IPv4 berdasarkan persamaan (2-2) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{vs-size}} &= \text{header}_{\text{RTP/UDP/IPv4/option}} + (PL_a + PL_v) \\ &= (96 + 64 + 160 + 320) + (9600 + 11400) \\ &= 640 + (21000) \\ &= 21640 \text{ bit} = 2705 \text{ byte} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (2-4) maka besar tiap paket audio dan video serta jumlah paket audio maupun paket video aplikasi video *streaming* dengan menggunakan IPv4 yang dihasilkan tiap detik dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_a\text{-size} &= (H_{\text{RTP}} + H_{\text{UDP}} + H_{\text{IPv4}} + H_{\text{option}}) + PL_a \\ &= (96 + 64 + 160 + 320) + 9600 \\ &= 10240 \text{ bit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{v-size} &= (H_{RTP} + H_{UDP} + H_{IPv4} + H_{option}) + PL_v \\
 &= (96 + 64 + 160 + 320) + 11400 \\
 &= 12040 \text{ bit}
 \end{aligned}$$

$$P_a = B_{CODECA} / PL_a = (320 \times 10^3) / 9600 = 33,333 \text{ paket/s}$$

$$P_v = B_{CODECV} / PL_v = (384 \times 10^3) / 11400 = 33,684 \text{ paket/s}$$

Sehingga besarnya *bandwidth* aktual dari *video streaming* yang dihitung dengan persamaan (2-3) dapat dihitung:

$$B_a = P_a-size \times P_a = 10240 \text{ bit} \times 33,333 = 341329,92 \text{ bps} = 341,33 \text{ kbps}$$

$$B_v = P_v-size \times P_v = 12040 \text{ bit} \times 33,684 = 405555,36 \text{ bps} = 405,56 \text{ kbps}$$

$$\begin{aligned}
 B_{vs} &= \frac{P_a-size}{PL_a} \cdot B_{CODECA} + \frac{P_v-size}{PL_v} \cdot B_{CODECV} \\
 &= \frac{10240}{9600} \cdot 320 \times 10^3 + \frac{12040}{11400} \cdot 384 \times 10^3 \\
 &= 341333,33 + 405557,89 \\
 &= 746891,22 \text{ bps} \\
 &= 746,89 \text{ kbps}
 \end{aligned}$$

4.5.1 Perhitungan Probabilitas *Packet Loss*

Probabilitas *packet loss* *video streaming* dengan *header*_{RTP/UDP/IPv4/option} sebesar 80 *byte* (*header* RTP 12 *byte*, *header* UDP 8 *byte*, *header* IP 20 *byte*, *header* *option* 40 *byte*) serta besar *payload* *video* 254 *byte* dan *payload* *audio* 80 *byte*, yaitu :

$$\begin{aligned}
 \rho_{RTP/UDP/IPv4/checksum/option/flag} &= \rho_{size} \cdot \rho_{be} \\
 &= (80+254+80) \times 10^{-8} \\
 &= 4,14 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

4.5.1.1 Kondisi *Line of Sight* (LOS)

Besarnya nilai BER, atau disebut probabilitas bit *error* (ρ_{be}), dengan *data rate* 3072 kbps dan $E_b/N_o = 453,2$ dapat dihitung dengan persamaan (2-20).

$$\begin{aligned}
 P_{b16-QAM} &= \frac{2}{\log_2 M} \left\{ \frac{M^{1/2}-1}{M^{1/2}} \right\} \left[1 - \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{3 \log_2 M}{2(M-1)}} \left(\frac{E_b}{N_o} \right)^{1/2} \right] \\
 &= \frac{2}{\log_2 16} \times \frac{3}{4} \times \left[1 - \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{3 \log_2 16}{30}} (109,02)^{1/2} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{4} \times \frac{3}{4} \times [(1 - 0,48) \times (10,44)] \\
 &= 0,375 \times [(0,52) \times (10,44)] \\
 &= 0,375 \times [5,43] \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Maka probabilitas *packet loss* video *streaming* pada jaringan EVDO dihitung menggunakan persamaan (2-21) yaitu :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{total}} &= 1 - [(1 - \rho_{\text{network}}) (1 - \rho_{\text{RTP/UDP/IPv4/checksum/option/flag}})] \\
 &= 1 - [(1 - 2) \times (1 - 4,14 \times 10^{-6})] \\
 &= 1 - 0,99 \\
 &= 0,01
 \end{aligned}$$

4.5.1.2 Kondisi *Non Line of Sight* (NLOS)

Besarnya nilai BER, atau disebut probabilitas bit *error* (ρ_{be}), dengan *data rate* 3072 kbps dan $E_b/N_0 = 361,6$ dapat dihitung dengan persamaan (2-20).

$$\begin{aligned}
 P_{b16-QAM} &= \frac{2}{\log_2 M} \left\{ \frac{M^{1/2} - 1}{M^{1/2}} \right\} \left[1 - \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{3 \log_2 M}{2(M-1)}} \left(\frac{E_b}{N_0} \right)^{1/2} \right] \\
 &= \frac{2}{\log_2 16} \times \frac{3}{4} \times \left[1 - \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{3 \log_2 16}{30}} (95,58)^{1/2} \right] \\
 &= \frac{2}{4} \times \frac{3}{4} \times [(1 - 0,48) \times (9,78)] \\
 &= 0,375 \times [(0,52) \times (9,78)] \\
 &= 0,375 \times [5] \\
 &= 1,86
 \end{aligned}$$

Maka probabilitas *packet loss* video *streaming* pada jaringan EVDO dihitung menggunakan persamaan (2-21) yaitu :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{total}} &= 1 - [(1 - \rho_{\text{network}}) (1 - \rho_{\text{RTP/UDP/IPv4/checksum/option/flag}})] \\
 &= 1 - [(1 - 1,86) \times (1 - 4,14 \times 10^{-6})] \\
 &= 1 - 0,86 \\
 &= 0,14
 \end{aligned}$$

4.6 Perhitungan *Delay end to end*

Delay end to end terdiri dari *delay codec*, *delay* enkapsulasi, *delay* dekapsulasi, *delay* propagasi, *delay* transmisi, *delay* paketisasi dan *delay* antrian. Skripsi ini menggunakan *audio codec* AAC dengan *delay codec* sebesar 80 ms dan *video codec* H.264 dengan *delay codec* sebesar 300 ms.

Delay codec keseluruhan dapat dihitung dengan persamaan (2-23) yaitu :

$$\begin{aligned} t_{CODEC} &= t_{audio} + t_{video} \\ &= 80 + 300 \\ &= 380 \text{ ms} \end{aligned}$$

4.6.1 *Delay Proses*

Saat paket *video streaming* dikirim dari sumber melalui *application layer* menuju *transport layer*, data akan diubah menjadi segmen. *Message* data ketika melewati *transport layer* akan mengalami penambahan *header* RTP dan UDP, sehingga dapat dihitung dengan persamaan (2-25) yaitu :

$$\begin{aligned} W_{message} &= W_{data} + \text{header}_{RTP} \\ &= 2625 + 12 \\ &= 2637 \text{ byte} \end{aligned}$$

Karena panjang *message* melebihi *MSS* UDP (1460 *byte*), maka perlu difragmentasi, dengan persamaan (2-26) yaitu :

$$\begin{aligned} N_{segmen} &= \frac{W_{message}}{MSS_{UDP}} = \frac{2637}{1460} \\ &= 1,81 \text{ byte} \end{aligned}$$

Maka panjang *frame* segmen diperoleh dengan persamaan (2-27) yaitu :

$$\begin{aligned} W_{segmen1} &= MSS_{UDP} + \text{header}_{UDP} \\ &= 1460 + 8 \\ &= 1468 \text{ byte} \end{aligned}$$

sehingga panjang *frame* segmen diperoleh dengan persamaan (2-28) yaitu :

$$\begin{aligned} W_{segmen} &= N_{segmen} \times W_{segmen1} \\ &= 1,85 \times 1468 \\ &= 2657,08 \text{ byte} \end{aligned}$$

Dari *transport layer* data dibawa menuju *network layer*, segmen akan mengalami penambahan *header IP* dan diubah menjadi datagram, dengan menggunakan persamaan (2-29) yaitu :

$$\begin{aligned} W_{\text{datagram}} &= W_{\text{segmen}} + \text{header IPv4} \\ &= 2657,08 + 20 = 2677,08 \text{ byte} \end{aligned}$$

Karena panjang datagram melebihi MTU (1500 *byte*), maka perlu difragmentasi, dengan persamaan (2-30) yaitu :

$$\begin{aligned} N_{\text{frame}} &= \frac{W_{\text{datagram}}}{MTU_{\text{ethernet}}} \\ &= \frac{2677,08}{1500} \\ &= 1,79 \text{ byte} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{frame}} &= MTU_{\text{ethernet}} + \text{header ethernet} \\ &= 1500 + 18 \\ &= 1518 \text{ byte} \end{aligned}$$

Jumlah *frame Ethernet* yang dikirimkan dari sumber adalah :

$$\begin{aligned} W_{\text{frame total}} &= W_{\text{frame}} + \text{header MAC} + \text{CRC} \\ &= 1518 + 6 + 4 \\ &= 1528 \text{ byte} \end{aligned}$$

Maka besar *delay* enkapsulasi dengan *data rate* 3072 kbps yaitu :

$$\begin{aligned} t_{\text{enc}} &= \frac{W_{\text{frame total}}}{C_{\text{proc}}} \times 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \\ &= \frac{1528}{3072 \times 10^3} \times 8 \\ &= 3,9792 \text{ ms} \end{aligned}$$

Sedangkan besar *delay* dekapsulasi yaitu :

$$\begin{aligned} t_{\text{dec}} &= \frac{W_{\text{frame total}}}{C_{\text{proc2}}} \times 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \\ &= \frac{1528}{100 \times 10^6} \times 8 \\ &= 0,1222 \text{ ms} \end{aligned}$$

Sehingga besar *delay* proses yaitu :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{pros}} &= t_{\text{enc}} + t_{\text{dec}} \\
 &= 3,9792 + 0,1222 \\
 &= 4,1014 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

4.6.2 Delay Propagasi

Delay propagasi adalah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh gelombang mikro untuk berpropagasi pada media transmisi. Pada kondisi LOS dan NLOS dengan jarak 264 m, maka besar *delay* propagasi dapat dihitung dengan persamaan (2-35) yaitu :

$$t_{\text{prop}} = \frac{D_{\text{max}}}{C} = \frac{264}{3 \times 10^8} = 8,8 \times 10^{-7} \text{ s} = 0,00088 \text{ ms}$$

4.6.3 Delay Transmisi

Delay transmisi adalah waktu yang dibutuhkan untuk meletakkan semua data pada medium yang diperoleh oleh ukuran paket dan kapasitas media transmisi. Berdasarkan persamaan (2-36), *delay* transmisi dari *server* ke *base station* dengan *data rate* 3072 kbps dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{trans}} &= \frac{W_{\text{frame total}}}{n \times C_{\text{trans}}} \times 8 \text{ byte} \\
 &= \frac{1528}{1 \times 3072 \times 10^3} \times 8 \\
 &= 3,9792 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

4.6.4 Delay Paketisasi dan Delay Depaketisasi

Delay paketisasi adalah waktu yang diperlukan untuk memaketkan data dan hanya terjadi sekali di *source* informasi. Sedangkan *delay* depaketisasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh penerima untuk mengubah paket-paket yang diterima menjadi data yang bias dibaca. Berdasarkan persamaan (2-37), *delay* paketisasi *data rate* 3072 kbps dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_{\text{paketisasi}} &= \frac{L_{\text{paket}}}{C_{\text{trans}}} \\
 &= \frac{21640}{3072 \times 10^3} \\
 &= 7,04 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Delay depaketisasi diasumsikan sama dengan *delay* paketisasi, sehingga *delay* paketisasi dengan *data rate* 3072 kbps dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_{\text{depaketisasi}} = \frac{L_{\text{paket}}}{C_{\text{trans}}} = \frac{21640}{100 \times 10^6} \\ = 0,22 \text{ ms}$$

4.6.5 Delay Antrian

Delay antrian adalah waktu yang dibutuhkan paket data selama berada dalam antrian untuk ditransmisikan. Berdasarkan persamaan (2-44), *delay* antrian dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_w = \frac{1}{\mu} + \frac{\lambda_w}{\mu^2(1-\rho)}$$

faktor utilitas (ρ) yang digunakan adalah 0.9, dengan model antrian M/M/1, maka dapat dihitung nilai kecepatan kedatangan paket, yaitu :

$$\mu = \frac{C}{L} = \frac{3072 \times 10^3}{21640} = 141,96 \text{ paket/detik}$$

$$\lambda_w = \mu \times \rho = 141,96 \times 0,9 = 127,76 \text{ paket/detik}$$

Sehingga nilai *delay* antrian dengan *data rate* 3072 kbps dapat dihitung dengan :

$$t_w = \frac{1}{\mu} + \frac{\lambda_w}{\mu^2(1-\rho)}$$

$$t_w = \frac{1}{141,96} + \frac{127,76}{141,96^2(1-0,9)}$$

$$t_w = 0,0704 \text{ ms}$$

Dengan menjumlahkan *delay* propagasi, *delay* transmisi, *delay* proses, *delay* paketisasi dan depaketisasi, *delay* antrian serta *delay* CODEC maka nilai *delay end to end* yaitu :

$$t_{\text{end to end}} = t_{\text{prop}} + t_{\text{trans}} + t_{\text{pros}} + t_{\text{paketisasi}} + t_{\text{depaketisasi}} + t_w + t_{\text{CODEC}}$$

$$t_{\text{end to end}} \text{ (ms)} = 0,00088 + 3,9792 + 4,1014 + 7,04 + 0,22 + 0,0704 + 380$$

$$t_{\text{end to end}} = 395,41 \text{ ms}$$

4.7 Perhitungan Throughput

Throughput adalah rata-rata jumlah data yang diterima dalam keadaan benar setelah melalui kanal komunikasi seperti kanal fisik, kanal logik, atau telah melalui

beberapa *network node*. Berdasarkan persamaan (2-45) dapat dihitung nilai *throughput* dengan *data rate* 3072 kbps, yaitu :

$$T = \frac{(1-\rho)}{t_1 [1+(\alpha-1)\rho]}$$

Dengan nilai konstanta propagasi :

$$\alpha = \left(3 + \frac{2t_{prop}}{t_{paketisasi}} \right)$$

$$\alpha = \left(3 + \frac{2.0,00088}{7,04} \right)$$

$$\alpha = 3,00025$$

Waktu untuk mengirim satu paket data dapat dihitung dengan persamaan (2-49), yaitu :

$$t_1 = \frac{L}{C_{max}} = \frac{21640}{3072 \times 10^3} = 7,0443 \text{ ms}$$

Dengan nilai probabilitas *packet loss* video *streaming* (ρ) = $4,14 \times 10^{-6}$ didapatkan nilai *throughput* :

$$T = \frac{(1-\rho)}{t_1 [1+(\alpha-1)\rho]} = \frac{(1-4,14 \times 10^{-6})}{7,0443 \times 10^{-3} [1+(3,00025-1)4,14 \times 10^{-6}]} = 141,96 \text{ bps}$$

Jadi besarnya *throughput* video *streaming* $141,96 \text{ bps} \times 21640 \text{ bit} = 3,072 \text{ Mbps} = 3072 \text{ kbps}$.

Pada kondisi LOS dengan nilai probabilitas *packet loss* video *streaming* (ρ) = 0,01 didapatkan nilai *throughput* :

$$T = \frac{(1-\rho)}{t_1 [1+(\alpha-1)\rho]} = \frac{(1-0,01)}{7,0443 \times 10^{-3} [1+(3,00025-1)0,01]} = 137,78 \text{ bps}$$

Jadi besarnya *throughput* video *streaming* $137,78 \text{ bps} \times 21640 \text{ bit} = 2,9816 \text{ Mbps} = 2981,6 \text{ kbps}$.

Pada kondisi NLOS dengan nilai probabilitas *packet loss* video *streaming* (ρ) = 0,14 didapatkan nilai *throughput* :

$$T = \frac{(1-\rho)}{t_1 [1+(\alpha-1)\rho]} = \frac{(1-0,14)}{7,0443 \times 10^{-3} [1+(3,00025-1)0,14]} = 95,38 \text{ bps}$$

Jadi besarnya *throughput* video streaming $95,38 \text{ bps} \times 21640 \text{ bit} = 2,064 \text{ Mbps} = 2064 \text{ kbps}$.

4.8 Analisis Perbandingan Data Hasil *Drivetest* dengan Perhitungan Matematis

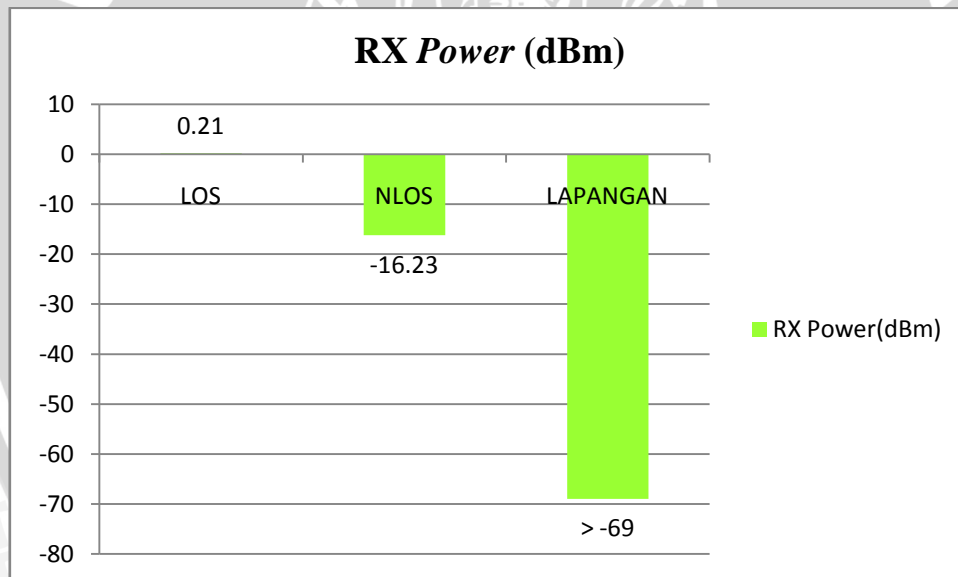
4.8.1 Analisis RX Power

Berdasarkan perhitungan *Received Signal Level* (RSL) pada jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.11 Hasil perhitungan *Received Signal Level* (RSL)

Kondisi	Nilai
<i>Line of Sight</i> (LOS)	0,21 dBm
<i>Non Line of Sight</i> (NLOS)	-16,23 dBm

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.16 Grafik data RX Power perhitungan matematis dan kondisi lapangan
Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil *Drivetest* pada tanggal 14 dan 17 November 2011, pada gambar 4.5 dan 4.10, jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m didominasi oleh warna hijau yang bernilai ($> -69 \text{ dBm}$), ini berarti bahwa hasil perhitungan secara matematis sesuai dengan hasil *drivetest* di lapangan.

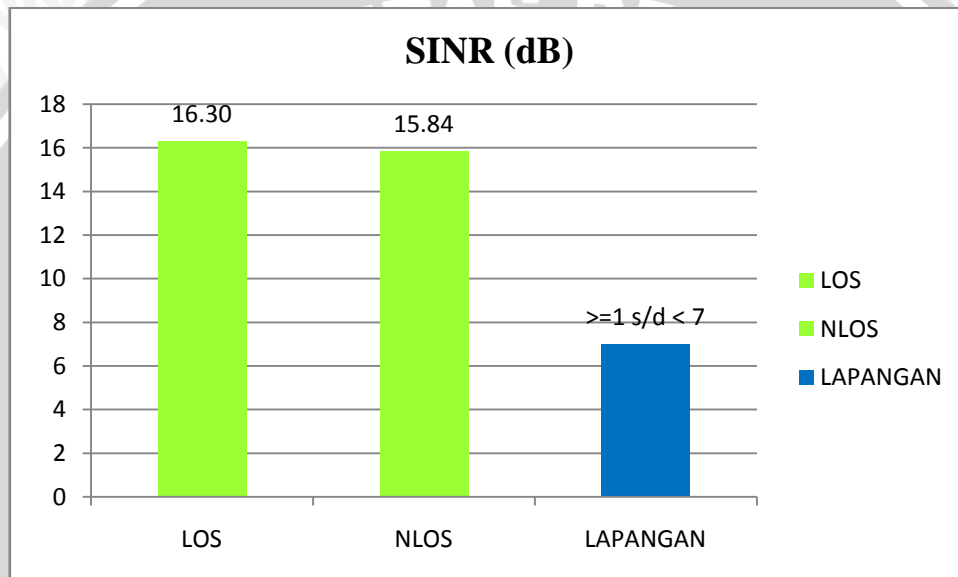
4.8.2 Analisis SINR

Berdasarkan perhitungan *Carrier to Interference Ratio* (C/I) pada jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.12 Hasil perhitungan *Signal Interference an Noise Ratio* (SINR)

Kondisi	Nilai
<i>Line of Sight</i> (LOS)	16,30 dB
<i>Non Line of Sight</i> (NLOS)	15,84 dB

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.17 Grafik data SINR perhitungan matematis dan kondisi lapangan
Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil *Drivetest* pada tanggal 14 dan 17 November 2011, pada gambar 4.7 dan 4.12, jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m didapatkan hasil yang bervariasi warna merah yang bernilai (< -4 dB), kuning yang bernilai (≥ -4 dB s/d < 1 dB) dan biru yang bernilai (≥ 1 dB s/d < 7 dB), hasil ini tidak sesuai dengan perhitungan secara matematis yang bernilai (> 7 dB).

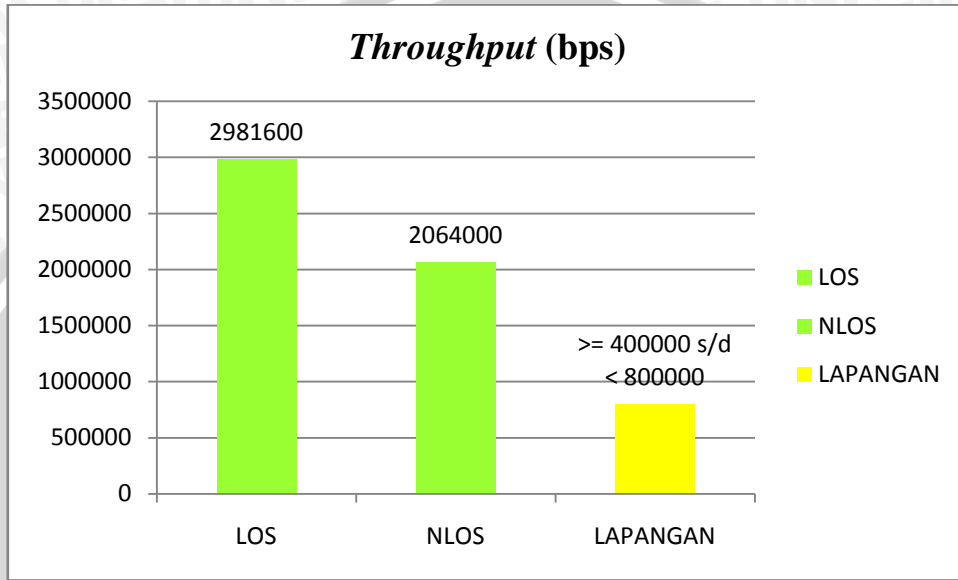
4.8.3 Analisis Throughput

Berdasarkan perhitungan *Throughput* pada jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m, dengan menggunakan aplikasi video *streaming* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.13 Hasil perhitungan *Throughput*

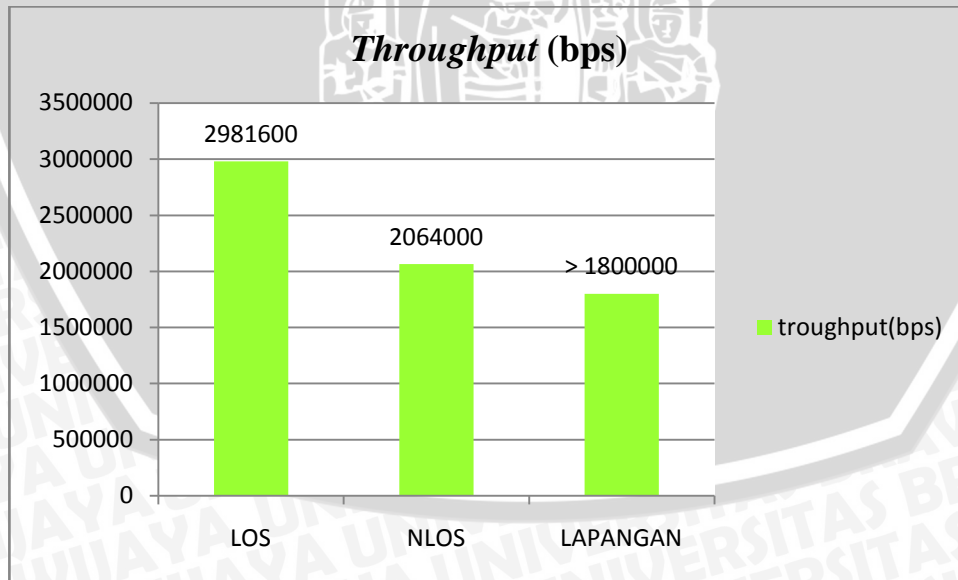
Kondisi	Nilai
<i>Line of Sight</i> (LOS)	2981,6 kbps atau 2981600 bps
<i>Non Line of Sight</i> (NLOS)	2064 kbps atau 2064000 bps

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.18 Grafik data *Throughput* perhitungan matematis dan kondisi lapangan (hasil *drivetest* pada tanggal 14 November 2011).

Sumber : Perhitungan

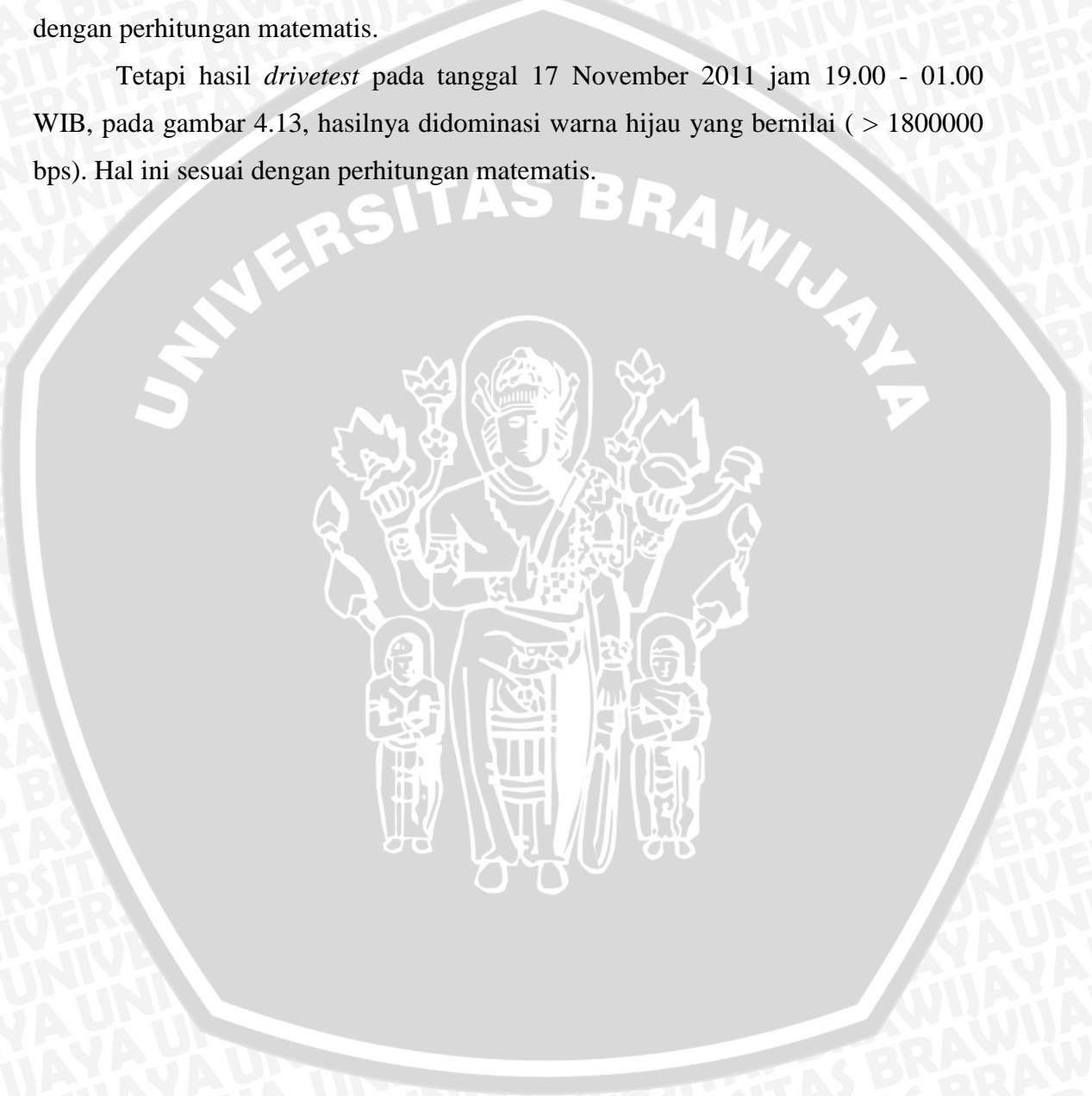


Gambar 4.19 Grafik data *Throughput* perhitungan matematis dan kondisi lapangan (hasil *drivetest* pada tanggal 17 November 2011).

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil *drivetest* pada tanggal 14 November 2011 jam 09.00 - 15.00 WIB, pada gambar 4.8, hasil *throughput* bervariasi warna hitam yang bernilai (≥ 0 s/d < 153000 bps), merah yang bernilai (≥ 153000 s/d < 400000 bps), dan kuning yang bernilai (≥ 400000 s/d < 800000 bps), hasil tersebut tidak sesuai dengan perhitungan matematis.

Tetapi hasil *drivetest* pada tanggal 17 November 2011 jam 19.00 - 01.00 WIB, pada gambar 4.13, hasilnya didominasi warna hijau yang bernilai (> 1800000 bps). Hal ini sesuai dengan perhitungan matematis.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses pengambilan data dan analisis yang telah dilakukan pada skripsi ini, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Receiver Signal Level* (RSL) pada jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m pada kondisi *Line of Sight* (LOS) yaitu sebesar 0,21 dBm dan pada kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) yaitu sebesar -16,23 dBm, hasil tersebut sesuai dengan *drivetest* pada tanggal 14 dan 17 November 2011 yaitu didominasi oleh warna hijau yang bernilai (> -69 dBm), ini sesuai dengan gambar 4.5 dan 4.10.
2. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Carrier to Interference Ratio* (C/I) pada jarak antara BS dengan MS sebesar 264 m pada kondisi *Line of Sight* (LOS) yaitu sebesar 16,30 dB dan pada kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) yaitu sebesar 15,84 dB hasil tersebut tidak sesuai dengan *drivetest* pada tanggal 14 dan 17 November 2011 yaitu didapatkan hasil yang bervariasi warna merah yang bernilai (< -4 dB), kuning yang bernilai (≥ -4 dB s/d < 1 dB) dan biru yang bernilai (≥ 1 dB s/d < 7 dB), ini sesuai dengan gambar 4.7 dan 4.12.
3. Hasil perhitungan nilai SINR yang tidak sesuai dengan hasil *drivetest* disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu lokasi di titik perhitungan terhalang gedung tinggi, padatnya daerah tersebut sehingga adanya interferensi dari pengguna lain, perangkat MS yang digunakan.
4. *Drivetest* yang dilakukan pada tanggal 17 November 2011 pukul 19.00-01.00 WIB hasilnya lebih bagus dari pada *drivetest* yang dilakukan tanggal 14 November 2011 pukul 09.00-15.00 WIB, dibuktikan dengan hasil perhitungan *throughput* hanya sesuai dengan hasil *drivetest* pada tanggal 17 November 2011 jam 19.00-01.00 WIB, ini disebabkan *drivetest* pada tanggal 14 November 2011 dilakukan pada jam sibuk (09.00-15.00), dimana banyak sekali *user* yang melakukan komunikasi data.

5.2 Saran

1. *Provider* yang bersangkutan hendaknya memperbaiki kualitas sinyal yang belum baik pada area tersebut, sehingga yang mempengaruhi buruknya nilai *RX power* dan *SINR* maupun parameter lain yang terjadi saat koneksi berlangsung dapat dihindari.
2. Untuk mengatasi nilai dari parameter *drivetest* yang buruk direkomendasikan untuk dikaji ulang posisi antena (*Up till* (menaikkan antenna), *Down till* (menundukkan antenna), *Azimuth* (mengubah arah antenna).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

Setiawan Eddy, Uji Lapangan dan Pengukuran Performansi Teknologi 1x EV-DO Release 0 di Bandung, 2006.

Pratama Rizqy, PENENTUAN KUALITAS PELAYANAN (*QUALITY OF SERVICE*) PENYEDIA JARINGAN 2G (GSM) DAN 3G (UMTS) MENGGUNAKAN *TEMS INVESTIGATION*, Departemen Pendidikan Nasional Universitas Brawijaya Malang, 2011.

Mufida Widya Rahma, *PERFORMANSI VIDEO STREAMING PADA JARINGAN WRLDWISE INTERPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS (WiMAX) 802.16d*, Departemen Pendidikan Nasional Universitas Brawijaya Malang, 2011.

Wildan Aulia, *PERFORMANSI VIDEO STREAMING PADA JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE) BERBASIS IPv6*, Departemen Pendidikan Nasional Universitas Brawijaya Malang, 2011.

Wardana Ade Prima Kusuma, *ANALISIS PERFORMANSI HANDOVER PADA JARINGAN UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATION SYSTEM) TERHADAP PENGGUNAAN VIDEO STREAMING DI WILAYAH KOTA MALANG*, Departemen Pendidikan Nasional Universitas Brawijaya Malang, 2011.

Setyawan Romal Hadi, *EVALUASI KINERJA HSDPA (HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS) DAN EV-DO (EVOLUTION DATA OPTIMIZED)*, Departemen Pendidikan Nasional Universitas Brawijaya Malang, 2011.

Tools, Mr, Tutorial Nemo Outdoor, <http://belajardt.blogspot.com201004tutorial-nemo-outdoor.html> diakses tanggal 11 Oktober 2011.

Sistem CDMA 2000 1X EV-DO (EVOLUTION-DATA OPTIMIZED), <http://repository.usu.ac.id-bit-stream-123456789249014-Chapter-II.pdf> diakses tanggal 11 Oktober 2011.

Drive-Test Untuk Optimisasi Jaringan CDMA Menggunakan Perangkat Agilent, <http://www.telekomui.org> diakses tanggal 14 September 2011.

LAMPIRAN I : *Quality dan codecs video Youtube*

Quality and codecs

YouTube originally offered videos at only one quality level, displayed at a resolution of 320x240 pixels using the [Sorenson Spark](#) codec (a variant of [H.263](#)),^{[54][55]} with mono MP3 audio.^[56] In June 2007, YouTube added an option to watch videos in [3GP](#) format on mobile phones.^[57] In March 2008, a high quality mode was added, which increased the resolution to 480x360 pixels^[58] In November 2008, [720p HD](#) support was added. At the time of the 720p launch, the YouTube player was changed from a [4:3 aspect ratio](#) to a [widescreen 16:9](#).^[59] With this new feature, YouTube began a switchover to [H.264/MPEG-4 AVC](#) as its default video compression format. In November 2009, [1080p HD](#) support was added. In July 2010, YouTube announced that it had launched a range of videos in [4K](#) format, which allows a resolution of up to 4096x3072 pixels.^{[60][61]}

YouTube videos are available in a range of quality levels. The former names of standard quality (SQ), high quality (HQ) and high definition (HD) have been replaced by numerical values representing the vertical resolution of the video. The default video stream is encoded in [H.264/MPEG-4 AVC](#) format, with stereo [AAC](#) audio.^[62]

Comparison of YouTube media encoding options

fmt value ^[1]	5	6	34	35	18	22	37	38	83	82	85	84	43	44	45	46	100	101	46	102	13	17			
Default container	FLV				MP4								WebM ^[63]						3GP						
Video	Encoding	Sorenson H.263				MPEG-4 AVC (H.264)								VP8						MPEG-4 Visual					
	Profile	–				Main		Baseline		High		3D		–						3D		–			
	Resolution progressive	224p	270p	360p	480p	360p	720p	1080p	2304p	240p	360p	520p	720p	360p	480p	720p	1080p	360p	480p	540p	720p	–			
	Resolution VGA	WQVGA	HVGA	nHD	FWVGA	nHD	WXGA	WUXGA	HXGA	–				nHD	FWVGA	WXGA	WUXGA	–				–			
	Max width (pixels)	400	480	640	854	640	1280	1920	4096	854	640	1920	1280	640	854	1280	1920	640	854	1920	1280	176			
	Max height (pixels)	240	270	360	480	360	720	1080	3072	240	360	520	720	360	480	720	1080	360	480	540	720	144			
	Bitrate ^[2] (Mbit/s)	0.25	0.8	0.5	0.8–1	0.5	2–2.9	3–4.3	3.5–5	0.5	2–2.9		0.5	1	2	–	–				0.5	2			
Audio	Encoding	MP3				AAC								Vorbis						AAC					
	Channels	1–2				2 (stereo)																		1	
	Sampling rate (Hz)	22050				44100																		22050	
	Bitrate ^[2] (kbit/s)	64		128		128		152		96		152		128		192		128		192		–			

[^] 1 *fmt* was an undocumented URL parameter that allowed selecting YouTube quality mode without using player user interface. Since December 2010, this parameter is no longer supported.

[^] 2 Approximate values based on statistical data; actual bitrate can be higher or lower due to variable encoding rate.^{[54][55][66][67]}

LAMPIRAN II : Standar Operasional Prosedur *Drivetest*

STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR *DRIVETEST*

1. TUJUAN PERCOBAAN

Mengukur besar nilai *RX Power*, *signal to Interference and Noise Ratio* (SINR) dan *Throughput* jaringan CDMA EVDO.

2. PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Pengambilan data menggunakan alat yaitu *notebook*, GPS, modem dan *Inverter DC* ke AC, spesifikasi dari masing-masing alat sebagai berikut :

- **PC Portable / notebook**



Gambar *Notebook* Lenovo G460 P6200

PC *portable / notebook* yang dilengkapi dengan *software* NEMO *Outdoor* dan NEMO *Analyze* untuk mengambil dan mengolah data. Perangkat laptop yang digunakan untuk menjalankan program adalah dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 1) Sistem komputer : Intel Pentium® P6100 (2 GHz)
- 2) Sistem operasi : Microsoft Windows XP
- 3) Media tampilan : 14.0" LED WXGA Glossy Widescreen Display
- 4) Media masukan : papan ketik (*keyboard*) dan *mouse*
- 5) Memori : 1 GB DDR3

- **Global Positioning System (GPS)**



Gambar GPS Globalsat BU-353

GPS digunakan untuk *tracking* sehingga akan diketahui posisi pengambilan data sepanjang pengukuran *drivetest*. Adapun merk GPS yang digunakan adalah Globalsat BU-353, dengan spesifikasi :

- 1) GPS Chipset : SiRF Star III e/LP
- 2) Frequency : 1575.42 MHz
- 3) Sensitivity : -159 dBm
- 4) C/A Code : 1.023 MHz chip Rate

- **Handset (Mobile station) Dan Sim Card**



Gambar Modem Huawei EC-122

Handset yang digunakan adalah *handset* yang sudah mendukung jaringan EVDO, sebagai terminal untuk unduh dan unggah ataupun untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima oleh pengguna atau pelanggan. Modem Huawei EC-122 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 1) Jaringan : CDMA2000 1x RTT / CDMA 2000 1X EV-DO Rev.A (800/1900MHz)
- 2) Data Up to : DL 3.1Mbps / UL 1.8Mbps
- 3) Mendukung : Voice, SMS

- *Inverter DC ke AC*



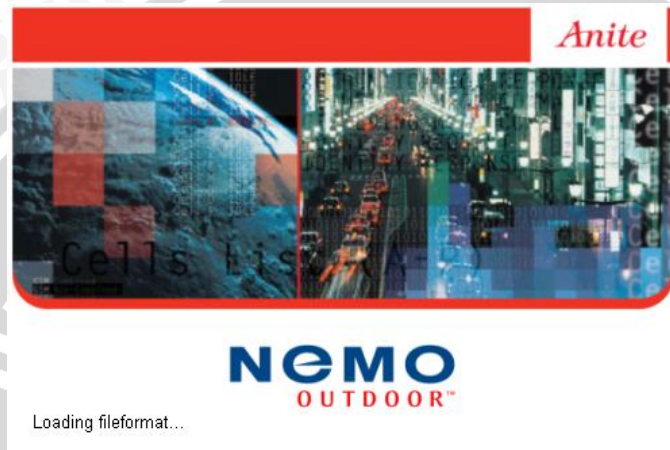
Gambar PACO *Inverter DC ke AC*

Inverter digunakan sebagai alat catu daya perangkat *drivetest*, dimana fungsinya untuk mengubah tegangan DC dari mobil menjadi tegangan AC. Inti dari *inverter* ini adalah memberikan tenaga listrik untuk PC *portable / notebook*. *Inverter* yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 1) *Trademark* : PACO/LIGAO
- 2) *Model* : IV-300W-12V
- 3) *DC input voltage* : 12V DC, 27.5A
- 4) *AC output voltage* : 230/110V AC

- **Perangkat lunak (Software)**

Perangkat lunak (*software*) penunjang yang digunakan dalam melakukan *drivetest* adalah NEMO *Outdoor* dan NEMO *Analyze*.



Gambar Tampilan NEMO *Outdoor*



Gambar Tampilan NEMO *Analyze*



LAMPIRAN III : Surat kerja praktek dan surat tugas dari Bakrie Telecom



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia
Telp. : +62-341-587710, 587711; Fax : +62-341-551430
<http://teknik.ub.ac.id> E-mail : teknik@ub.ac.id

Nomor : 3193 /UN10.6/AK/2011
Lampiran : -
Perihal : Permohonan data skripsi

07 NOV 2011

Kepada :
Yth. Kepala HRD PT Bakrie Telecom
Gedung Wisma Bakrie 1
Jl. H. R. Rasuna Said Kav. B-1
Jakarta Selatan 12920

Salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, mahasiswa harus menyusun skripsi. Untuk itu kami mohonkan ijin bagi mahasiswa kami :

Nama	Nomor Induk.
Nizar Ghozali Habibar	0910632013

Jurusan : Teknik Elektro.

Guna memperoleh informasi permasalahan/data untuk skripsi mahasiswa tersebut di instansi Saudara. Jenis data yang diperlukan dan rencana waktu pelaksanaan adalah :

- o Drive test CDMA EV-DO

Waktu: 14 – 26 November 2011

Atas bantuan serta perhatian Saudara kami ucapkan terima kasih.



A.n. Dekan
Pembantu Dekan Bidang Akademik

Dr. LUDFI DJAKFAR, MSCE., Ph.D
NIP. 19640709 199002 1 001

Tembusan Kepada Yth:
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Perihal : Balasan Surat Permohonan Kerja Praktek

Kepada

Yth. Pembantu Dekan Bidang Akademik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

Dengan hormat,

Menindaklanjuti Surat Permohonan Kerja Pratek dari Bapak, bersama dengan surat ini kami Bersedia memberi kesempatan Kerja Praktek (KP) kepada mahasiswa UNIVERSITAS BRAWIJAYA selama 2 (dua) minggu. Sesuai dengan jadwal kerja di PT. Bakrie Telecom, maka kegiatan KP ini direncanakan mulai tanggal 14 November s/d 26 November 2011.

Berikut ini adalah nama mahasiswa yang akan melaksanakan Kerja Praktek di **PT. Bakrie Telecom Tbk.**

No.	Nama Lengkap	NIM
1.	Nizar Ghozali Habibar	0910632014

Demikian surat ini kami sampaikan dan atas kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Jakarta, 9 November 2011

Menyetujui,

Bakrie Telecom

(Dian Hendra)

**Radio Network Optimization Manager.
PT. Bakrie Telecom Tbk**

SURAT TUGAS
1693/EST.02/OPR/V/2011

Kami **PT. Bakrie Telecom** menunjuk dan menugaskan karyawan sebagai berikut :

Nama : Agus Suprayitno
Nama : Nizar ghozali habibar
Perusahaan : Bakrie Telecom

Untuk melakukan pekerjaan routine maintenance pada perangkat telekomunikasi PT. Bakrie Telecom yang berlokasi di site: **STP Pasaraya Blok M**

maka dengan ini mohon agar dapat diberikan izin masuk untuk segera melaksanakan pekerjaan tersebut pada tanggal **14 November 2011**

Demikian surat penugasan ini diberikan untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Yang Menugaskan

@/


Bakrie Telecom

Anang Supriyatna

**Radio Network Optimization Spv.
PT. Bakrie Telecom**