

**PENGARUH REDAMAN HUJAN TERHADAP PERFORMANSI
JARINGAN EV-DO (*EVOLUTION DATA OPTIMIZED*) REVISION A**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

RANTO SIMANJUNTAK
NIM: 0610633060 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**



LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH REDAMAN HUJAN TERHADAP PERFORMANSI
JARINGAN EV-DO (*EVOLUTION DATA OPTIMIZED*) REVISION A**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun Oleh :

RANTO SIMANJUNTAK
NIM: 0610633060 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Sholeh Hadi P., MS.
NIP. 19580728 198701 1 001

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



LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH REDAMAN HUJAN TERHADAP PERFORMANSI JARINGAN EV-DO (*EVOLUTION DATA OPTIMIZED*) REVISION A

Disusun Oleh :

RANTO SIMANJUNTAK

NIM: 0610633060 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal **27 Desember 2010**

Majelis Penguji :

M. Fauzan Edy P., ST., MT.
NIP 19710609 200002 1 001

Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT.
NIP 19530714 198203 1 003

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

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., MSc.
NIP. 19710615 199802 1 003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan rahmat dan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Redaman Hujan terhadap Performansi Jaringan EV-DO (Evolution Data Optimized) Revision A”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan serta dorongan selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

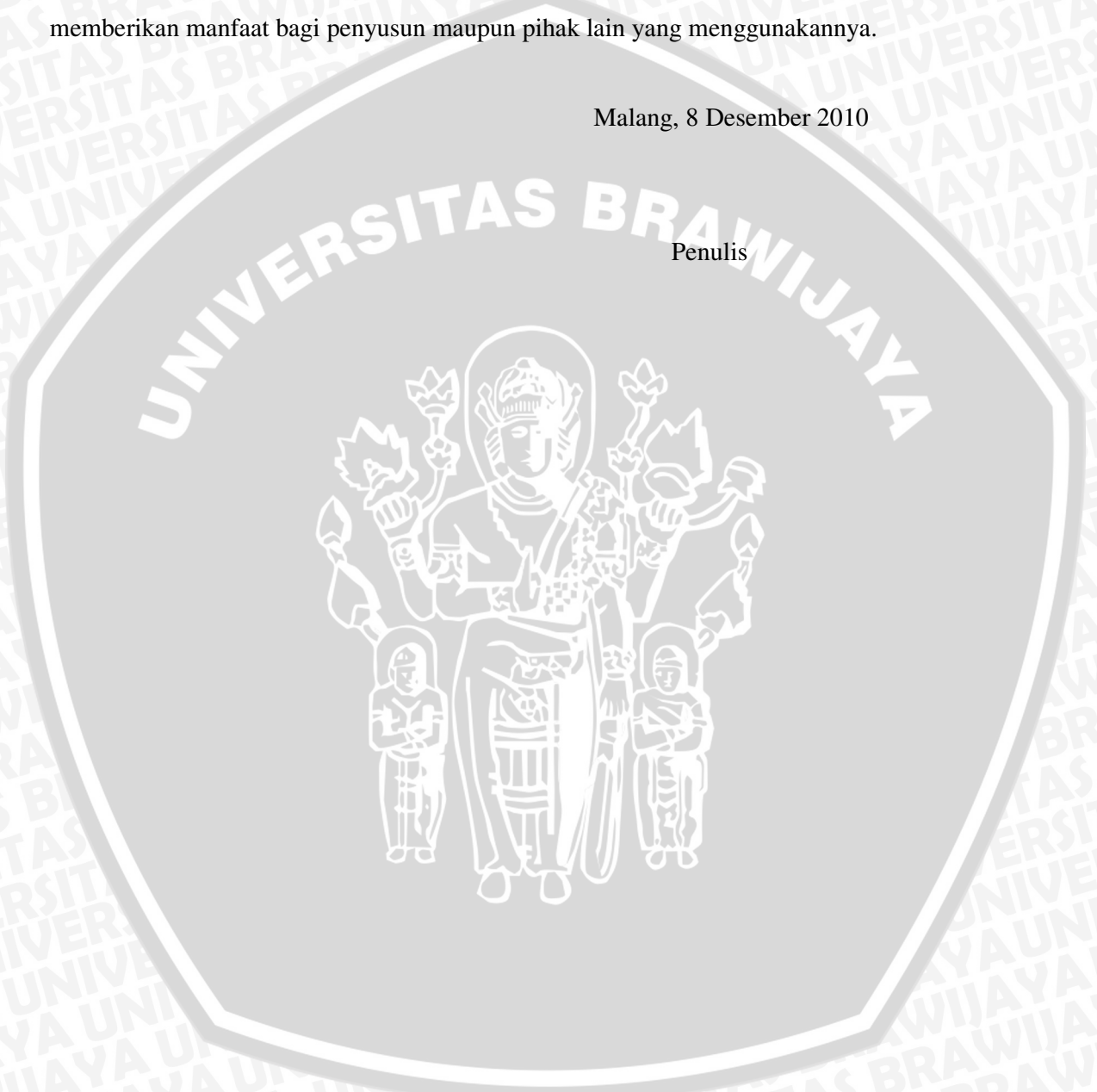
1. Bapak Manahan Simanjuntak dan Ibu Ruslan Saragih, kedua orang tua penulis yang sudah berjuang sekuat tenaga untuk membiayai kuliah penulis, memberi dorongan semangat, dan memberikan kepercayaan yang sungguh kepada penulis, serta Welly Simanjuntak dan Devita Yulisa Simanjuntak, kedua adik penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS. dan Bapak Gaguk Asmungi, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc. dan Bapak Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., PhD. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, serta segenap Bapak/Ibu Dosen, Staff Administrasi, dan perpustakaan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Saudari Helena R. Siagian yang telah memberi semangat dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Saudara Samuel Aji atas bantuannya dalam proses pengerjaan skripsi ini.
6. Saudara Romal, Nanang, Heru, dan Henry yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Teman-teman angkatan 2006 atas bantuannya selama menjadi mahasiswa.
8. Saudara-saudara di PMK Yehezkiel, sungguh indah waktu yang dilewatkan bersama kalian semua. Kesempatan yang luar biasa bisa melayani-Nya bersama-sama kalian. Terus semangat dalam melayani.

9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyelesaian skripsi ini.

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, 8 Desember 2010

Penulis



ABSTRAK

Ranto Simanjuntak, 2010 : Pengaruh Redaman Hujan Terhadap Performansi Jaringan EV-DO (*Evolution Data Optimized*) Revision A. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS. dan Gaguk Asmungi, ST., MT.

Kebutuhan masyarakat terhadap transfer data dengan kecepatan tinggi semakin meningkat. Hal ini juga diikuti dengan perkembangan teknologi telekomunikasi, khususnya pada teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*). CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* merupakan teknologi telekomunikasi generasi ketiga yang bisa melakukan proses transfer data dengan kecepatan tinggi. Teknologi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* mempunyai kecepatan *reverse link* hingga 1,8 Mbps, *forward link* hingga 3,1 Mbps, dan *bandwidth* 1,25 MHz.

Pentransmisi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* ini menggunakan gelombang radio yang menjalar di atmosfer. Selama penjarannya gelombang radio akan mengalami proses redaman. Besar kecilnya redaman tergantung pada keadaan atmosfer. Redaman sinyal yang terjadi di atmosfer terbesar diakibatkan oleh hujan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* yang meliputi *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*.

Berdasarkan analisis, *delay* tidak dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, besarnya *delay* adalah sama, probabilitas *packet loss* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka probabilitas *packet loss* yang terjadi juga akan semakin besar, dan *throughput* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka *throughput* yang didapatkan akan semakin kecil.

Berdasarkan pengujian, *delay* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka semakin besar juga *delay* yang terjadi, *packet loss* tidak dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, besarnya *packet loss* yang terjadi adalah sama, dan *throughput* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka besarnya *throughput* menjadi semakin kecil.

Kata Kunci: Redaman Hujan dan EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A*.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iiiiv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II REDAMAN HUJAN DAN CDMA 2000 1X EV-DO REVISION A	4
2.1 Hujan	4
2.2 Redaman Lintasan	5
2.2.1 Redaman Ruang Bebas	5
2.2.2 Redaman Uap Air	5
2.2.3 Redaman Oksigen	6
2.2.2 Redaman Hujan	6
2.2.3 Redaman Kabut	7
2.3 CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	8
2.3.1 Karakteristik CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	8
2.3.2 Konfigurasi Jaringan CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	9
2.3.3 Mekanisme Pengiriman Data	17
2.3.4 Arsitektur Protokol CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	18
2.3.5 Parameter Kualitas Layanan Data CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Jenis Data dan Cara Pengambilan Data	36
3.1.1 Data Primer	36
3.1.2 Data Sekunder	37

3.2	Variabel dan Cara Analisis Data.....	38
3.3	Kerangka Solusi Permasalahan.....	39
BAB IV ANALISIS JARINGAN CDMA 2000 1X EV-DO REVISION A		41
4.1	Redaman Hujan	41
4.2	Analisis <i>Delay</i>	45
4.2.1	<i>Delay</i> Proses.....	45
4.2.2	<i>Delay</i> Transmisi	52
4.2.3	<i>Delay</i> Propagasi.....	54
4.2.4	<i>Delay</i> Antrian	54
4.3	Analisis Probabilitas <i>Packet Loss</i>	59
4.4	Analisis <i>Throughput</i>	64
BAB V PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....		66
5.1	Hasil Pengujian.....	66
5.1.1	<i>Delay</i>	66
5.1.2	<i>Packet loss</i>	67
5.1.3	<i>Throughput</i>	69
5.2	Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Delay</i>	71
5.3	Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i>	72
5.4	Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Throughput</i>	74
BAB VI PENUTUP		75
6.1	Kesimpulan.....	75
6.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN.....		80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peningkatan <i>Reverse Link</i>	9
Gambar 2.2	Arsitektur Jaringan CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	10
Gambar 2.3	Model Referensi Jaringan untuk Abis <i>Interface</i>	14
Gambar 2.4	Model <i>Interface</i> pada CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	16
Gambar 2.5	Mekanisme Pengiriman Paket Data dari PDSN menuju AT.....	17
Gambar 2.6	Model Protokol Jaringan Selular CDMA 2000 1x EV-DO <i>Revision A</i>	18
Gambar 2.7	Model Antrian M/M/1.....	30
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Pengujian.....	37
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Solusi Permasalahan	39
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Redaman Spesifik Hujan terhadap Intensitas Curah Hujan.....	43
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Redaman Efektif Hujan terhadap Redaman Spesifik Hujan.....	44
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Redaman Efektif Hujan terhadap Intensitas Curah Hujan.....	45
Gambar 4.4	Grafik Hubungan <i>Delay</i> Antrian terhadap Faktor Utilisasi	56
Gambar 4.5	Grafik Hubungan <i>Delay</i> Total terhadap Faktor Utilisasi	57
Gambar 4.6	Grafik Hubungan <i>Delay</i> Total terhadap Redaman Efektif Hujan	58
Gambar 4.7	Grafik Hasil Analisis Probabilitas <i>Packet Loss Air Interface</i> terhadap Redaman Efektif Hujan.....	62
Gambar 4.8	Grafik Hasil Analisis Probabilitas <i>Packet Loss</i> terhadap Redaman Efektif Hujan	63
Gambar 4.9	Grafik Hasil Analisis <i>Throughput</i> terhadap Redaman Efektif Hujan.....	65
Gambar 5.1	Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> terhadap Redaman Efektif Hujan.....	67
Gambar 5.2	Grafik Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i> terhadap Redaman Efektif Hujan.....	69
Gambar 5.3	Grafik Hasil Pengujian <i>Throughput</i> terhadap Redaman Efektif Hujan.....	70
Gambar 5.4	Grafik Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Delay</i>	71
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i>	73
Gambar 5.6	Grafik Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Throughput</i>	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan.....	4
Tabel 2.2 Koefisien Regresi untuk Estimasi Redaman Spesifik	7
Tabel 2.3 Jumlah Bit Tiap <i>Frame</i> CDMA untuk Pelayanan Komunikasi Data.....	24
Tabel 2.4 Modulasi untuk Kanal <i>Forward Traffic</i> dan Kanal Kontrol.....	25
Tabel 2.5 Parameter <i>Airlink</i> untuk <i>Forward Link</i>	26
Tabel 4.1 Waktu dan Intensitas Curah Hujan berdasarkan Pengujian.....	41
Tabel 4.2 Kriteria dan Besar Redaman Hujan.....	42
Tabel 4.3 Hasil Analisis <i>Delay</i> Antrian	55
Tabel 4.4 Hasil Analisis <i>Delay</i> Total berdasarkan Faktor Utilisasi.....	57
Tabel 4.5 Hasil Analisis <i>Delay</i> Total.....	58
Tabel 4.6 Parameter <i>Forward Link</i> CDMA 2000 1x EV-DO.....	59
Tabel 4.7 Hasil Analisis Probabilitas <i>Packet Loss Air Interface</i>	61
Tabel 4.8 Hasil Analisis Probabilitas <i>Packet Loss</i>	63
Tabel 4.9 Hasil Analisis <i>Throughput</i>	65
Tabel 5.1 Hasil Pengujian untuk <i>Delay</i>	66
Tabel 5.2 Besar Data yang Diterima.....	68
Tabel 5.3 Hasil Pengujian untuk <i>Packet Loss</i>	68
Tabel 5.4 Hasil Pengujian untuk <i>Throughput</i>	70
Tabel 5.5 Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Delay</i>	71
Tabel 5.6 Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i>	72
Tabel 5.7 Analisis Teori dan Hasil Pengujian <i>Throughput</i>	74

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat terhadap transfer data dengan kecepatan tinggi semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dari data jumlah pengguna internet di Indonesia yang dimuat oleh Koran Harian Suara Merdeka pada tanggal 16 Juni 2008. Jumlah pengguna internet tersebut menunjukkan perubahan untuk tiap tahunnya. Tahun 2000 sampai dengan 2008 perubahan pengguna internet secara berturut-turut adalah 1,9 juta, 4 juta, 8 juta, 12 juta, 14 juta, 16 juta, 18 juta, 20 juta, dan 28 juta pengguna. Hal ini juga diikuti dengan perkembangan teknologi telekomunikasi, khususnya pada teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*).

CDMA adalah teknik akses jamak berdasarkan teknik komunikasi spektrum tersebar pada kanal frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama digunakan kode yang unik untuk mengidentifikasi masing-masing *user*. Sistem CDMA merupakan pengembangan dari dua teknik akses jamak sebelumnya, yaitu TDMA (*Time Division Multiple Access*) dan FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).

CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) merupakan hasil pengembangan dari teknologi CDMA sebelumnya, yaitu CDMA *One* dan CDMA 2000 1x. CDMA *One* menggunakan standar IS-95, CDMA 2000 1x menggunakan standar IS-2000, dan CDMA 2000 1x EV-DO menggunakan standar IS-856. CDMA 2000 1x EV-DO dibagi menjadi tiga, yaitu *Release 0*, *Revision A*, dan *Revision B*.

CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* merupakan teknologi telekomunikasi generasi ketiga yang bisa melakukan proses transfer data dengan kecepatan tinggi. CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* adalah satu-satunya teknologi yang digunakan secara komersial saat ini dari ketiga macam CDMA 2000 1x EV-DO. Teknologi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* mempunyai kecepatan *reverse link* hingga 1,8 Mbps dan *forward link* hingga 3,1 Mbps. CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* menggunakan *bandwidth* 1,25 MHz per *carrier*.

Pentransmisi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* ini menggunakan gelombang radio yang menjalar di atmosfer. Selama penjarannya gelombang radio akan mengalami proses redaman. Besar kecilnya redaman tergantung pada keadaan atmosfer. Redaman sinyal yang terjadi di atmosfer terbesar diakibatkan oleh hujan. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibutuhkan penelitian secara ilmiah

mengenai pengaruh keadaan atmosfer, khususnya hujan terhadap performansi dari teknologi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*.

1.2 Rumusan Masalah

Gelombang radio yang menjalar di atmosfer akan teredam sepanjang lintasannya. Redaman terjadi karena ruang bebas, hujan, kabut, uap air, dan oksigen. Redaman paling besar diakibatkan oleh hujan. Besarnya redaman yang terjadi akan menurunkan level daya yang besar pula. Level daya yang semakin besar menyebabkan semakin turunnya level penurunan daya yang diterima. Level daya yang nilainya di bawah nilai ambang daya pada penerimaan menyebabkan sinyal informasi tidak dapat diterima oleh penerima. Berdasar pada permasalahan ini, rumusan masalah pada penelitian ini ditekankan:

1. Bagaimana konsep dasar redaman hujan?
2. Bagaimana konsep dasar jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A*?
3. Bagaimana pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* yang meliputi *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian tentang pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan *Evolution Data Optimized* (EV-DO) *Revision A* dilakukan di Kelurahan Ketawang Gede, Kecamatan Lowokwaru, Malang, karena terdapat alat pengukur curah hujan yang disebut ombrometer. Ombrometer ini tepatnya terletak di laboratorium klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Aspek kajian terhadap permasalahan yang telah dirumuskan, dibatasi pada:

1. Performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* meliputi *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*.
2. Pengujian menggunakan sebuah operator CDMA.
3. Membahas performansi dari sisi *client*.
4. Paket data yang digunakan bersifat non *realtime*.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* yang meliputi *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini terdiri atas lima bab. Latar belakang pentingnya penelitian, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan diuraikan dalam bab I. Bab II menjelaskan dasar teori yang mencakup: hujan, redaman hujan, karakteristik CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*, konfigurasi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*, mekanisme pengiriman data paket kecepatan tinggi berdasarkan CDMA 2000 1x EV-DO, arsitektur protokol CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*, dan parameter kualitas layanan data CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*. Bab III menjelaskan tentang metodologi penelitian yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu jenis data dan cara mendapatkan data, variabel dan cara analisis data, dan kerangka solusi permasalahan. Bab IV menjelaskan tentang analisis performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* yang meliputi *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*. Bab V menjelaskan tentang pengujian dan pembahasan. Bab VI memuat tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

REDAMAN HUJAN DAN CDMA 2000 1X EV-DO REVISION A

Bab ini merupakan tinjauan teori yang berisi tentang hujan, redaman hujan, CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) Revision A, karakteristik CDMA 2000 1x EV-DO Revision A, konfigurasi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO, mekanisme pengiriman data paket kecepatan tinggi berbasis CDMA 2000 1x EV-DO, arsitektur protokol CDMA 2000 1x EV-DO Revision A, dan parameter kualitas layanan data CDMA 2000 1x EV-DO. EV-DO (*Evolution Data Optimized*) adalah sebuah telekomunikasi standar untuk transmisi data *wireless* melalui sinyal radio, secara khusus untuk akses internet *broadband*. Secara lengkap uraian dari tinjauan teori ditunjukkan dalam sub bab di bawah ini.

2.1 Hujan

Hujan merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan. Presipitasi sendiri dapat berwujud padat (misalnya salju dan hujan es) atau aerosol (seperti embun dan kabut). Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh ke bumi dari awan. Jumlah air hujan diukur menggunakan pengukur hujan atau ombrometer. Jumlah air hujan dinyatakan sebagai kedalaman air yang terkumpul pada permukaan datar dan diukur kurang lebih 0,25 mm. Satuan curah hujan menurut SI adalah milimeter, yang merupakan penyingkatan dari liter per meter persegi.

Derajat curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu dan disebut intensitas curah hujan. Biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Jadi intensitas curah hujan berarti jumlah curah hujan dalam waktu relatif singkat (biasanya dalam waktu 2 jam). Keadaan curah hujan dan intensitas curah hujan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)
Hujan sangat ringan	< 1
Hujan ringan	1 – 5
Hujan normal	5 – 10
Hujan lebat	10 – 20
Hujan sangat lebat	> 20

Sumber: Sosrodarsono, 2003:7

2.2 Redaman Lintasan

Pada sistem komunikasi bergerak, komunikasi antara *Mobile Station* (MS) dengan *Base Transceiver Subsystem* (BTS), BTS dengan MS menggunakan gelombang radio. Selama penjarannya di udara, gelombang radio akan mengalami beberapa fenomena yang terjadi tersebut akan mengakibatkan suatu sinyal merambat akan teredam.

Parameter yang mempengaruhi redaman lintasan diantaranya adalah redaman ruang bebas, redaman hujan, redaman uap air dan oksigen, serta redaman kabut. Adapun redaman-redaman pada gelombang radio ketika merambat di udara adalah sebagai berikut:

2.2.1 Redaman Ruang Bebas

Konsep dari ruang bebas adalah daerah bebas dari objek yang menyerap dan memantulkan energi gelombang radio. Redaman ruang bebas didefinisikan sebagai redaman di antara pemancar dan penerima yang berjarak d kilometer dengan menganggap medium transmisi adalah vakum, yaitu dalam keadaan ruang bebas dan tidak ada pengaruh atmosfer serta antena yang digunakan adalah *isotropic*. Redaman ruang bebas dapat dinyatakan sebagai [Freeman, 1994:760]:

$$L = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (2.1)$$

dengan:

- L = redaman ruang bebas (dB)
- f = frekuensi (MHz)
- d = jarak lintasan (km)

2.2.2 Redaman Uap Air

Redaman uap air bervariasi tergantung pada kelembaban, temperatur dan tekanan atmosfer. Redaman uap air dapat dinyatakan dalam persamaan [Freeman, 1994:714]:

$$\gamma_{\omega} = f^2 \rho 10^{-4} \left[\frac{0,050 + 0,0021\rho + \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} + \frac{10,6}{(f - 183,3)^2 + 9,6}}{8,9} + \frac{1}{(f - 325,4)^2 + 26,3} \right] \quad (2.2)$$

dengan:

- γ_{ω} = redaman spesifik uap air (dB/km)
- f = frekuensi (GHz)

ρ = kerapatan uap air (gr/m^3)

2.2.3 Redaman Oksigen

Untuk menghitung redaman oksigen harus dihitung dulu redaman spesifik oksigen [Freeman, 1994:714].

$$\gamma_{\omega} = \left[7,19 \times 10^{-3} + \frac{6,09}{(f^2 + 0,227)} + \frac{4,81}{(f - 57)^2 + 1,56} \right] \times f^2 \times 10^{-3} \quad (2.3)$$

Sehingga redaman yang disebabkan oleh oksigen dan uap air dengan panjang lintasan d (km), persamaannya dapat ditulis sebagai berikut [Freeman, 1991:500]:

$$A_a = \gamma_a \cdot r_o = [\gamma_o + \gamma_{\omega}] \cdot r_o \quad (2.4)$$

dengan:

- A_a = redaman uap air dan oksigen (dB)
- γ_o = redaman spesifik oksigen (dB/km)
- γ_a = penjumlahan redaman spesifik oksigen dan redaman spesifik uap air (dB/km)
- γ_{ω} = redaman spesifik uap air (dB/km)
- r_o = panjang lintasan dari pemancar ke penerima (km)

2.2.4 Redaman Hujan

Redaman hujan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada redaman lintasan. Redaman merupakan fungsi curah hujan. Besarnya redaman tergantung pada frekuensi yang digunakan, ukuran titik air hujan, dan intensitas hujan di sepanjang lintasan.

Persamaan yang menyatakan hubungan antara redaman yang terjadi terhadap curah hujan dapat ditulis sebagai berikut [Freeman, 1994:767]:

$$A = aR^b \quad (2.5)$$

dengan:

- A = redaman spesifik hujan (dB/km)
- R = curah hujan (mm/jam)
- a, b = konstanta

dimana a dan b adalah fungsi frekuensi f dan temperatur hujan T yang terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Koefisien Regresi untuk Estimasi Redaman Spesifik

Frekuensi (GHz)	a	b
1	0,0000387	0,912
2	0,000154	0,963
4	0,000650	1,121
6	0,00175	1,308
7	0,00301	1,332
8	0,00454	1,327
10	0,0101	1,276

Sumber: Freeman, 1994:768

Redaman efektif yang disebabkan oleh hujan, persamaannya dapat ditulis sebagai berikut [Freeman, 1994:767]:

$$A_{eff} = A \cdot L \cdot r \tag{2.6}$$

dan

$$r = \frac{1}{1 + 0,045L} \tag{2.7}$$

dengan:

- A_{eff} = redaman efektif hujan (dB)
- r = faktor reduksi
- L = panjang lintasan sebenarnya (km)

2.2.5 Redaman Kabut

Kabut merupakan partikel tetes air pada lapisan troposfer dan mempunyai dimensi dari 10 μm (kabut) sampai 100 μm (awan hujan) dan kerapatan dari 0,01 sampai 1 (gr/m^3). Besarnya redaman yang disebabkan oleh kabut, menurut CCIR dapat dihitung dengan persamaan yang dapat ditulis sebagai berikut [Freeman, 1991:532]:

$$A_c = K_c \cdot p \tag{2.8}$$

dengan:

- A_c = redaman spesifik kabut (dB/km)
- K_c = konstanta redaman kabut
- p = kerapatan tetes air (gr/m^3)

2.3 CDMA 2000 1x EV-DO Revision A

CDMA (*Code Division Multiple Access*) 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) adalah evolusi ketiga dari teknologi CDMA *Mobile Wireless Data* yang mempunyai kecepatan transfer data yang tinggi. Ini distandardisasi oleh *Third Generation Partnership Project 2* (3GPP2) yang berdasarkan standar TIA/EIA IS-856.

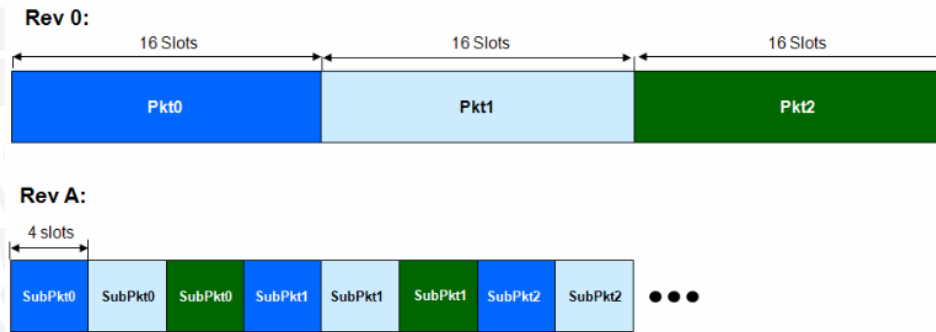
EV-DO telah dirancang sebagai evolusi dari CDMA 2000 (IS-2000) yang akan mendukung layanan data paket kecepatan tinggi di lingkungan *wireless*. EV-DO mempunyai *bandwidth* sebesar 1,25 MHz, ukuran *bandwidth* yang sama dengan IS-95A (IS-95) dan IS-2000 (1xRRT).

CDMA 2000 1x EV-DO dibagi menjadi tiga, yaitu *Release 0*, *Revision A*, dan *Revision B*. Teknologi CDMA 2000 1x EV-DO *Release 0* mempunyai kecepatan *reverse link* hingga 153 Kbps dan *forward link* hingga 2,4 Mbps, *Revision A* mempunyai kecepatan *reverse link* hingga 1,8 Mbps dan *forward link* hingga 3,1 Mbps, dan *Revision B* (*Two Carriers*) mempunyai kecepatan *reverse link* hingga 3,6 Mbps dan *forward link* hingga 6,2 Mbps.

CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* adalah generasi terbaru dari teknologi EV-DO yang kecepatan *download*-nya meningkat, dan mengizinkan layanan berbasis telepon, seperti suara, video dengan menggunakan jaringan IP. CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* merupakan teknologi CDMA 2000 1x EV-DO yang digunakan secara komersial saat ini.

2.3.1 Karakteristik CDMA 2000 1x EV-DO Revision A

EV-DO *Revision A* memberikan sejumlah peningkatan terhadap EV-DO *Revision 0* yang memperbaiki kinerja jaringan yang meliputi perubahan dalam *Reverse Link* (RL) dan *Forward Link* (FL). Salah satu perubahan signifikan dari EV-DO *Revision A* adalah meningkatkan *Reverse Link* (RL). Mendesain ulang *link* yang menyediakan kecepatan yang signifikan dan peningkatan kapasitas, dan dirancang untuk mendukung aplikasi *latency* rendah seperti VoIP.



Gambar 2.1 Peningkatan *Reverse Link*

Sumber: www.qualcomm.com

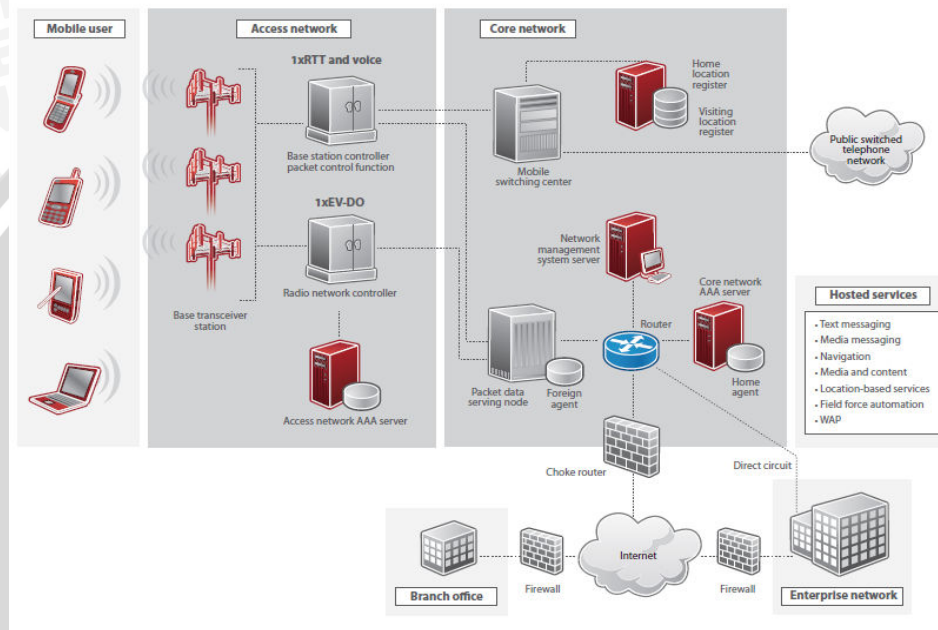
Modulasi yang dipakai oleh EV-DO *Revision A* adalah modulasi QPSK dan modulasi 8-PSK, serta mendukung 4 *subpacket* transmisi dan 3 *subpacket interlace*. Pada *Release 0*, *frame* yang ditransmisikan melebihi 26,6 ms atau 16 slot. Yang setara EV-DO *Revision A* transmisi adalah 4 *slot subframe* dikirim 4 kali seperti terlihat pada Gambar 2.1 di atas. Total transmisi adalah waktu yang sama. Namun *subframes* paket lainnya memberikan waktu dari jaringan akses untuk mendekodekan yang diterima *frame* dan *relay* hasilnya kembali ke *Mobile Terminal*. Jika *frame* berhasil didekodekan sebelum *subframe* ke 4, transmisi *subframe* yang tersisa dihentikan.

EV-DO *Revision A* juga memberikan peningkatan kinerja *Forward Link* (FL) dengan menambahkan kecepatan data baru 3,1 Mbps. Paket terkecil juga dimasukkan untuk memperbaiki efisiensi paket dan mengurangi waktu transmisi untuk aplikasi data kecil seperti VoIP. Paket lapisan fisik 128, 256 dan 512 bit sekarang memungkinkan. Paket multiuser telah dimasukkan untuk mengambil keuntungan dari paket lapisan fisik kecil. Paket bagi user berbeda digabungkan ke dalam paket lapisan fisik tunggal. Dengan menggabungkan paket terkecil, efisiensi keseluruhan dari *downlink* yang semakin baik dengan mengirim lebih banyak *payload* dan lebih sedikit *overhead*.

2.3.2 Konfigurasi Jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*

Konfigurasi jaringan yang diterapkan merupakan integrasi dari dua jaringan yaitu CDMA 2000 1x yang berdasarkan standar IS-2000 untuk layanan *voice* dan layanan data dengan kecepatan menengah dan jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* yang khusus hanya ditujukan untuk layanan data dengan kecepatan tinggi. Jadi dapat dijelaskan disini bahwa teknologi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* diterapkan pada jaringan CDMA 2000 1x yang telah terpasang (*existing*) dengan

penambahan perangkat lunak dan keras dimana untuk komponen-komponen jaringan CDMA 2000 1x tertentu dipakai bersama-sama (*share*) dengan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*. Dengan demikian teknologi yang diterapkan ini dikenal dengan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* yang memiliki kemampuan *dual mode* dengan penggunaan *carrier* sebagai frekuensi pembawa yang pemakaiannya terpisah. Konfigurasi jaringan teknologi CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* terdiri dari beberapa komponen yang dapat dilihat dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A*

Sumber: http://b2b.vzw.com/assets/files/Rev_A_WP.pdf

Komponen-komponen yang mendukung arsitektur teknologi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* terdiri dari:

1. *Access Terminal (AT)/Perangkat Wireless*

Merupakan perangkat *input* dan *output* suatu data yang digunakan untuk berkomunikasi dengan *Base Station Transceiver Subsystem (BTS)* di dekatnya. Perangkat EV-DO dapat berupa *handphone*, modem radio eksternal, dan *User Identity Module (UIM)*. *Access terminal* terintegrasi ke dalam *Mobile Station (MS)* yang mempunyai fungsi utama yaitu membentuk, memelihara, dan membubarkan hubungan dengan jaringan. MS membentuk hubungan dengan meminta kanal radio dari *Radio Access Network (RAN)*.

2. *Radio Access Network*

Pada *Radio Access Network* (RAN) jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A terdiri dari *Base Station Transceiver Subsystem* (BTS), *Packet Control Function* (PCF), dan *Base Station Controller* (BSC).

a. *Base Station Transceiver Subsystem* (BTS)

BTS memiliki fungsi dalam pengalokasian sumber (*resources*), daya (*power*), dan mengatur distribusi data ke semua pelanggan. Mengontrol *interface* antara jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A ke bagian pelanggan dan mengontrol berbagai layanan komunikasi yang diminta seperti layanan *voice* atau paket data.

b. *Packet Control Function* (PCF)

Fungsi utama PCF adalah untuk membentuk, memelihara, dan memutuskan hubungan dengan *Packet Data Serving Node* (PDSN). PCF berkomunikasi dengan BSC untuk meminta dan mengatur kanal radio dalam menyampaikan paket dari dan ke MS (*Mobile Station*). PCF juga bertanggung jawab mengumpulkan informasi akunting dan meneruskannya ke PDSN. Dalam hal ini PCF melakukan konektivitas ke sebuah jaringan inti termasuk PDSN yang melewati *interface* dengan standar R-P *Interface* (*Radio Packet Interface*) yang berdasarkan pada protokol A10 atau A11 yang berjalan melewati *Internet Protokol* (IP).

c. *Base Station Controller* (BSC)

BSC bertanggung jawab dalam mengontrol semua 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*) pada penerapan CDMA 2000 1x EV-DO, sedangkan fungsi tambahan lain terdapat pada penerapan CDMA 2000 1x yaitu mengontrol BTS dan *interface* yang berhubungan dengan *Mobile Switching Center* (MSC) untuk proses pemanggilan.

3. *Service Network*

Service Network terdiri dari *Mobile Switching Center* (MSC) dan *Packet Data Serving Node* (PDSN).

a. *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC merupakan *switching centre* yang mana MSC dihubungkan ke berbagai sistem BSC yang melewati *interface* dengan mengacu standar *A Interface* yang berdasarkan protokol A1, A2, dan A5 untuk mengirimkan dan menerima sinyal *voice* dan data. MSC juga mengatur *Visitor Location Register (VLR)* serta menyimpan berbagai informasi pelanggan yang diperlukan untuk proses pemanggilan data *exchange* dengan *Home Location Register (HLR)*.

b. *Packet Data Serving Node (PDSN)*

PDSN digunakan untuk mengontrol dan melewatkan paket-paket data menuju dan dari 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 inialisasi *Authentication, Authorization, dan Accounting (AAA)* untuk akses *Access Terminal client* menuju *server AAA*, menerima parameter layanan dari *server AAA* menuju *Access Terminal client*, serta merutekan paket-paket dari dan menuju jaringan data paket luar. PDSN juga dapat digunakan bersama-sama (*share*) baik oleh jaringan CDMA 2000 1x maupun CDMA 2000 1x EV-DO.

4. *Public Switched Telephone Network (PSTN)*

PSTN merupakan sistem komunikasi yang tersedia bagi publik untuk memperbolehkan pelanggan saling berhubungan dengan perangkat komunikasi. Jaringan telepon publik di dalam suatu negara dan daerah merupakan standar sistem yang terintegrasi dengan fasilitas *switching* dan transmisi, pemroses pensinyalan, dan pengoperasian yang terpadu mendukung sistem memperbolehkan perangkat komunikasi berkomunikasi satu sama lain pada saat sedang dioperasikan.

5. *Signaling System 7 Network (SS7 Network)*

Jaringan SS7 merupakan sebuah jaringan data yang terpisah yang membawa semua pensinyalan pada masing-masing jaringan penyedia layanan. Jaringan SS7 ini memiliki kemampuan untuk menyediakan informasi *billing* dan fitur-fitur yang terdapat pada pelanggan.

6. *Network Database*

Network Database merupakan penyimpanan informasi yang dapat diakses oleh jaringan. Terdapat banyak *database* jaringan pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO, antara lain *Home Location Register* (HLR) berupa *database* master pelanggan, *Visitor Location Register* (VLR) berupa *database* pelanggan aktif yang bersifat sementara, *Equipment Identity Register* (EIR) yang mengandung 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 dari masing-masing komponen yang ada pada *Network Database* untuk VLR dan HLR.

a. *Visitor location Register* (VLR)

VLR berupa *database* pelanggan aktif yang bersifat sementara. VLR mengandung 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*). VLR mengeliminasi keperluan bagi MSC untuk secara terus menerus melakukan pengecekan terhadap HLR telepon *mobile* setiap waktu akses diduduki. Pelanggan memerlukan informasi HLR yang secara sementara tersimpan pada memorinya VLR dan kemudian dihapus ketika terdapat pelanggan yang melakukan *register* dengan MSC lainnya.

b. *Home Location Register* (HLR)

HLR berupa *database* master pelanggan. HLR merupakan *database* pelanggan yang terdapat di setiap identitas pelanggan *mobile* internasional (*International Mobile Subscriber Identity/IMSI*) dan *International Mobile Equipment Identifier* (IMEI) yang secara unik mengidentifikasi setiap pelanggan. Biasanya hanya terdapat satu HLR untuk setiap *carrier* walaupun setiap *carrier* bisa memiliki banyak MSC. HLR menangani profil setiap pelanggan termasuk pemilihan *carrier* dan pembatasan pelanggan. Pelanggan dapat mengubah dan menyimpan perubahan pilihan beberapa fitur pada HLR. *Controller* pada MSC menggunakan informasi ini untuk otorisasi akses sistem dan proses *billing* suatu panggilan.

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

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, sistem, atau suatu proses. *Accounting* melakukan fungsi penelusuran koneksi pelanggan dan sistem pencatatan pelanggan.

8. *Home Agent (HA)*

Home agent merupakan program yang mengotentikasi registrasi, melewatkan paket menuju dan dari jaringan data paket contohnya internet, di samping itu juga membuat sesi komunikasi yang aman secara terenkripsi, dan secara dinamis mengatur pengalamatan IP. HA menerima informasi pelengkap dari fungsi AAA.

9. *Interface*

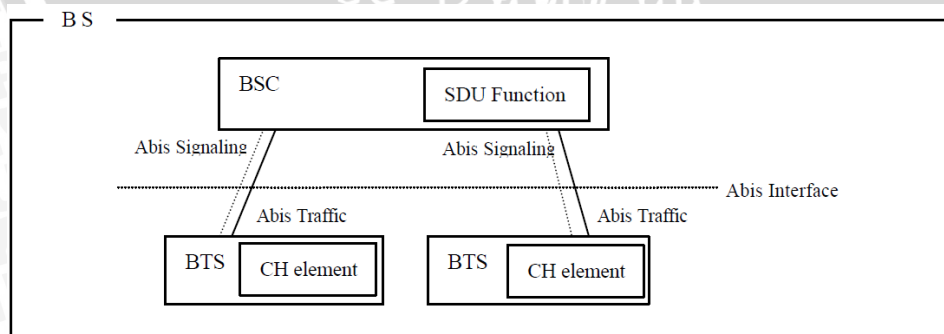
Interface merupakan batasan bersama antara dua bagian yang dapat berupa perangkat sistem atau elemen dari informasi dimana interaksi terjadi di antara dua sistem. *Interface* yang digunakan untuk jaringan CDMA 2000 1x EV-DO dapat dijelaskan sebagai berikut [3gpp2 A.S0011-B version 1.0, 2004:13]:

a. *Um Interface*

Um Interface merupakan *interface* yang menghubungkan antara MS dengan BTS yang menggunakan standarisasi *airlink* dari TIA/EIA IS-856.

b. *Abis Interface*

Abis Interface merupakan *interface* yang menghubungkan antara BTS dengan BSC. *Interface* Abis terdiri dari *Abis Signalling* dan *Abis Traffic*.



Gambar 2.3 Model Referensi Jaringan untuk *Abis Interface*

Sumber: http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/A.S0003.pdf

Abis signalling bertanggung jawab terhadap informasi pensinyalan di antara BTS dan BSC, sedangkan *abis traffic* berfungsi sebagai informasi *traffic* antara BTS dan BSC.

c. *A1 Interface*

A1 Interface membawa informasi pensinyalan antara *call control* dan fungsi manajemen mobilitas dari MSC dan komponen *call control* dari BS (BSC).

d. *A2 Interface*

A2 Interface digunakan untuk menyediakan *path* untuk trafik pelanggan. *Interface A2* membawa 64/65 kbps informasi PCM (untuk *circuit switch* yang berorientasi pada layanan suara atau 64 kbps *Unrestricted Digital Information* (UDI) untuk ISDN antara komponen *switch* dari MSC dan *Selection Distribution Unit* (SDU) yang merupakan fungsi dari BS.

e. *A3 Interface*

A3 Interface digunakan untuk mengangkut trafik pelanggan dan pensinyalan antar BS (*soft/softer handoff*) ketika target BS disertakan untuk fungsi pemilihan *frame* di dalam *source* BS. *A3 Interface* membawa informasi pelanggan yang dikodekan berupa data atau suara dan sinyal informasi antara fungsi SDU dari *source* BS dan komponen elemen kanal BTS dari target BS. *Interface A3* terdiri dari dua bagian yaitu pensinyalan dan trafik pelanggan. Informasi pensinyalan dibawa melintasi kanal logika yang terpisah dari kanal trafik pelanggan dan mengontrol alokasi serta penggunaan kanal sebagai transportasi trafik pelanggan.

f. *A5 Interface*

A5 Interface digunakan untuk menyediakan *path* untuk trafik pelanggan berupa panggilan data antara *source* BS dan MSC. *A5 Interface* membawa aliran *byte* secara *full duplex* antara komponen *switch* dari MSC dan fungsi SDU dari BS.

g. *A7 Interface*

A7 Interface membawa informasi pensinyalan antara *source* BS dengan target BS pada kondisi *inter-BS soft/softer handoff*.

h. *A8 Interface*

A8 Interface membawa trafik pelanggan antara AN atau BS dan PCF.

i. *A9 Interface*

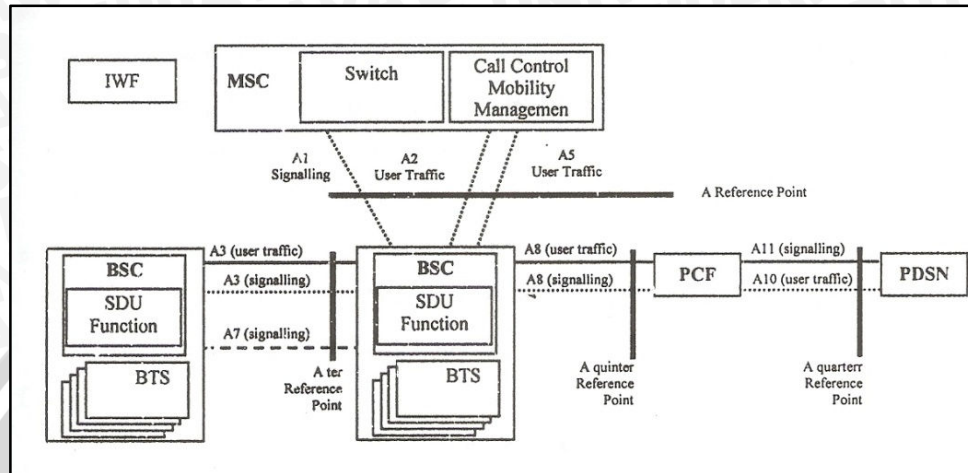
A9 Interface membawa informasi pensinyalan antara AN atau BS dan PCF.

j. A10 Interface

A10 Interface membawa trafik pelanggan antara PCF dan PDSN.

k. A11 Interface

A11 Interface membawa informasi pensinyalan antara PCF dan PDSN



Gambar 2.4 Model Interface pada CDMA 2000 1x EV-DO Revision A

Sumber: www.3gpp2.org/S.00001.Revision_v_01

Perangkat *Wireless* berkomunikasi melalui udara dengan BTS (*Base Station Transceiver Subsystem*) pada suatu *cell site*. Setiap BTS mengintegrasikan dua frekuensi pembawa 1,25 MHz yang dapat digunakan untuk layanan CDMA 2000 1x dan CDMA 2000 1x EV-DO. *Cell site*, *tower*, dan antena di-*share* antara frekuensi pembawa CDMA 2000 1x dan CDMA 2000 1x EV-DO.

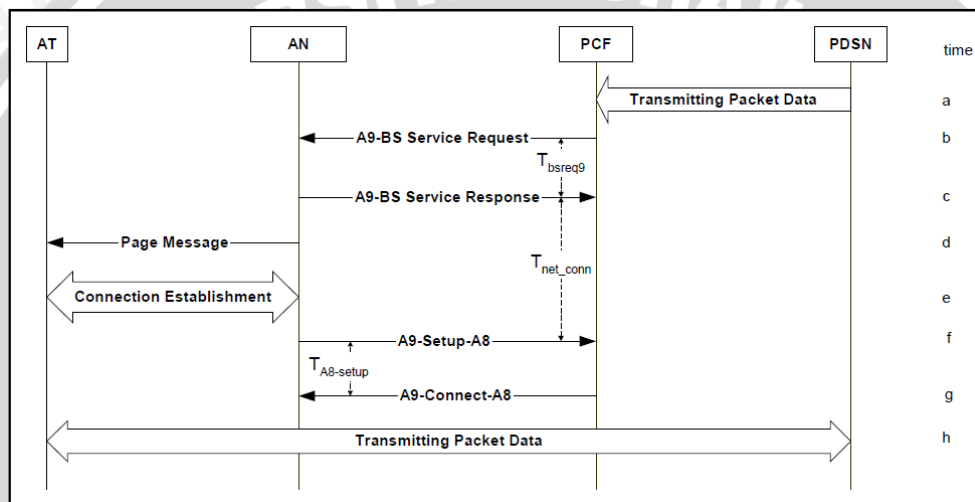
Pada saat user sedang mengirim data, paket data dikirim dari perangkat *wireless* melalui udara menuju BTS, kemudian menuju BSC (*Base Station Controller*). BSC mengirim data ke PCF (*Packet Control Function*), yang kemudian diteruskan ke PDSN (*Packet Data Serving Node*). Sebaliknya, ketika user sedang menerima data, paket yang dituju untuk user sampai di jaringan IP *provider* dan PDSN mengirimkan paket-paket data tersebut menuju PCF/BSC, yang kemudian mengirimkan melalui BTS dan sampai pada user yang dituju.

Setiap BTS menyertakan RF keduanya dan komponen digital untuk *multiple* 1,25 MHz RF *carrier* pada *cell site*. BTS menterminasikan *airlink* dan menyediakan konektivitas *Radio Link Protocol (RLP)/User Datagram Protocol (UDP)* ke BSC melalui *backhaul*. *Backhaul*-nya dipaketisasi, RF *carrier* 1,25 MHz dapat diterapkan pada konfigurasi *omni* atau *multisector*. Setiap sektor CDMA 2000 1x EV-DO Revision

A memiliki kemampuan mencapai *peak rate* 3,1 Mbps pada *forward link* (dari *Base Station* ke perangkat) dan 1,8 Mbps pada *reverse link* (dari perangkat ke *Base Station*).

2.3.3 Mekanisme Pengiriman Data Paket Kecepatan Tinggi Berbasiskan CDMA 2000 1x EV-DO

Proses pengiriman data paket kecepatan tinggi berbasis teknologi selular CDMA 2000 1x EV-DO, *Access Terminal* (AT) mewakili *Mobile Station* (MS) dan *Access Network* (AN) mewakili *Base Station* (BS). Berikut ini merupakan mekanisme pengiriman data yang berawal dari PDSN (*Packet Data Serving Node*) server ke AT Usman, 2010:98] adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5 Mekanisme Pengiriman Paket Data dari PDSN menuju AT

Sumber: Usman, 2010:98

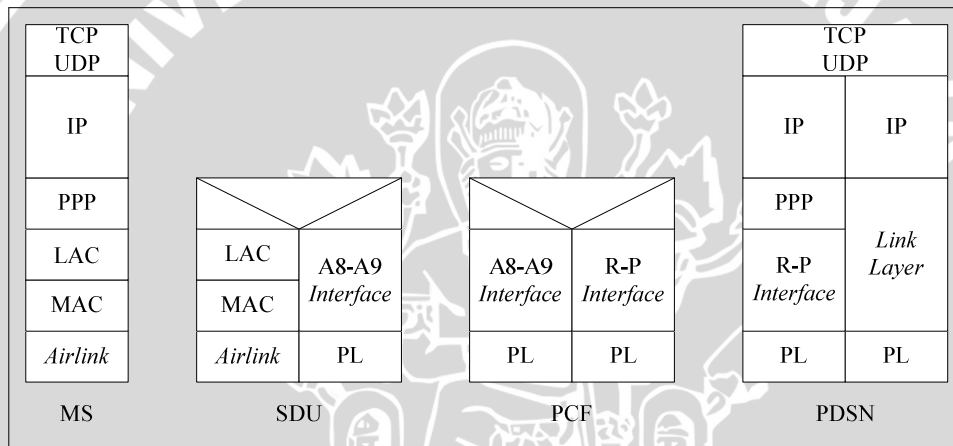
- PDSN mengirimkan paket data ke PCF.
- PCF mengirimkan *A9 BS service request message* ke AN untuk melakukan *request* pelayanan paket dan memulai *timer* T_{bserq9} .
- AN merespon dengan *A9 BS service response*. PCF menghentikan *timer* T_{bserq9} *service response message* dan memulai *timer* T_{net_conn} .
- Pada kanal kontrol, AN mengirimkan *page message* ke AT.
- AT memulai prosedur pembentukan hubungan (*connection establishment*) dengan AN.
- Setelah kanal trafik terbentuk, AN mengirimkan *A9-setup-A8-message* ke PCF melalui *Data Ready Indicator* yang diset menjadi “1” untuk membentuk A8

connection dan memulai timer $T_{A8\text{-setup}}$. Ketika PCF menerima *A9-setup-A8-message*, maka timer $T_{\text{net_conn}}$ akan dihentikan.

- g. PCF mengirimkan *A9-setup-A8-message* ke AN. Pada saat AN menerima *A9-setup-A8-message*, maka timer $T_{A8\text{-setup}}$ akan dihentikan.
- h. Hubungan telah terbentuk dan paket data dapat saling dikirimkan antara AT dan PDSN.

2.3.4 Arsitektur Protokol CDMA 2000 1x EV-DO Revision A

Pada Gambar 2.6 berikut ini ditunjukkan model protokol jaringan selular CDMA 2000 1x EV-DO Revision A yang digunakan untuk transfer data dari PDSN server menuju Mobile Station.



Gambar 2.6 Model Protokol Jaringan Selular CDMA 2000 1x EV-DO Revision A

Sumber: http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/S.R0033-0_v1.0.pdf

Skema pentransferan data berawal dari *Packet Data Serving Node* (PDSN), *Packet Control Function* (PCF), *Selection Distribution Unit* (SDU), dan berakhir pada *Mobile Station* (MS). Pada Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa antara PDSN dan PCF dihubungkan oleh *Radio to PDSN Interface* (R-P Interface), antara PCF dan SDU dihubungkan oleh *A8-A9 Interface*, dan antara SDU dan MS dihubungkan oleh *airlink*.

Berikut ini merupakan fungsi dan tugas masing-masing layer antara lain:

1. *Physical Layer* (PL)

Physical layer mendukung transmisi dan penerimaan sinyal antara *Mobile Station* dan *Base Station*. *Physical layer* ini mengikuti model referensi *Open Systems*

Interconnection (OSI) layer 1. Unit transmisi *physical layer* disebut dengan paket *layer* fisik.

2. *Data Link Layer*

Data link layer antara *Mobile Station* dan jaringan dibagi menjadi dua sub *layer* yang terdiri dari *Medium Access Control (MAC)* dan *Link Access Layer (LAC)*. *Layer LAC* membatasi antara *upper layer* dengan *layer MAC*, sedangkan *layer MAC* membatasi antara *layer LAC* dengan *layer* fisik. Biasanya dua sub *layer* ini dikatakan sebagai *Radio Link Protocol (RLP)*. *Layer Point to Point Protocol (PPP)* yang terdapat pada PDSN dan MS dapat disetarakan dengan *layer 2 (link layer)* dari model referensi OSI. PPP digunakan untuk membawa *Internet Protocol (IP)*. PPP menyertakan *Cyclic Redundancy Check (CRC)* untuk mengidentifikasi kesalahan pada saat transmisi.

3. *Upper Layer*

Upper layer berhubungan dengan *layer 2* hingga *7* model referensi OSI yang berfungsi untuk mengakses semua jenis layanan. *Layer IP* merupakan protokol *layer network* yang setiap paket IP dirutekan secara independen sampai tiba di tujuan (*host/destination*). *Transmission Control Protocol/User Datagram Protocol (TCP/UDP)* merupakan jenis *transport layer* yang dapat digunakan. Pada *layer* di atasnya yaitu *layer* aplikasi, dapat menggunakan model transportasi TCP atau UDP tergantung jenis layanan yang digunakan.

2.3.5 Parameter Kualitas Layanan Data CDMA 2000 1x EV-DO Revision A

Sehubungan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas pelayanan dibutuhkan suatu jaringan dengan kualitas yang baik dengan unjuk kerja sistem yang mendukung. Terdapat beberapa kategori yang diperlukan untuk memberikan jaminan kualitas pelayanan pada pelanggan untuk layanan data di antaranya adalah:

1. *Delay*

Salah satu ukuran kerja jaringan data adalah *delay* yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber ke tujuannya. Pertimbangan *delay* tersebut mempengaruhi penentuan dan unjuk kerja dari algoritma jaringan, seperti perutean dan *flow control*. Definisi umum dari *delay* adalah waktu tunda. Dalam jaringan berbasis *packet switching*, *delay* yang terjadi merupakan penjumlahan *delay-delay* yang ada dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuannya pada setiap *hop*. Waktu tunda pengiriman paket data pada jaringan dirumuskan seperti dalam persamaan:

$$t_{net} = t_{proc} + t_T + t_p + t_w \quad (2.9)$$

dengan:

- t_{net} = *delay* jaringan (detik)
- t_{proc} = *delay* proses (detik)
- t_w = *delay* antrian (detik)
- t_T = *delay* transmisi (detik)
- t_p = *delay* propagasi (detik)

a. Delay Proses

Delay proses adalah waktu yang dibutuhkan untuk memproses paket data dan untuk menentukan ke mana data tersebut akan diteruskan. *Delay* proses terdiri dari *delay* enkapsulasi dan *delay* dekapsulasi. Pada bagian ini akan dilakukan analisis proses enkapsulasi dan dekapsulasi dari titik dan menuju *Packet Data Serving Node* (PDSN), *Packet Control Function* (PCF), *Selection Distribution Unit* (SDU), dan menuju *Mobile Station* (MS).

1) Packet Data Serving Node (PDSN)

Penambahan paket data (*segment data*) yang dikirimkan dari PDSN ini berukuran antara 9000-12000 *byte*. Segmen data ini kemudian dikirimkan ke *transport layer* untuk diubah menjadi segmen TCP atau UDP (tergantung jenis layanan yang digunakan) dengan menambahkan *header* yang sesuai. Penambahan *header* ini dirumuskan [Usman, 2010:39]:

$$W_{segmen} = W_{data} + Header_{TCP} \quad (2.10)$$

dengan:

- W_{segmen} = panjang segmen TCP (*byte*)
- W_{data} = jumlah data sebelum terenkapsulasi (*byte*)
- $Header$ = panjang *header* TCP (20 *byte*)

Dari *transport layer*, segmen ini kemudian dikirim ke *network layer* untuk diubah menjadi *datagram IP*. *Layer IP* ini memiliki *Maximum Segment Size* (MSS) sebesar 65511 *byte* [Heywood, 1999:135], sehingga bila panjang segmen data yang masuk ke *layer* ini panjangnya melebihi MSS maka segmen data ini terlebih dahulu harus disegmentasi sebelum dienkapsulasi (ditambahkan *header*). Perubahan segmen TCP menjadi *datagram IP* dapat dirumuskan [Usman, 2010:39]:

$$W_{\text{datagram}} = W_{\text{segmen}} + \text{Header}_{\text{IP}} \quad (2.11)$$

dengan:

W_{datagram} = panjang *datagram* IP (byte)

$\text{Header}_{\text{IP}}$ = panjang *header* IP (20 byte)

Dari *network layer*, *datagram* IP kemudian dikirim ke *data link layer* (R-P *interface*) melalui *Point-to-Point Protocol* (PPP). Pada R-P *interface*, *datagram* IP diubah menjadi *frame Ethernet* yang memiliki *Maximum Transfer Unit* (MTU) sebesar 1500 *byte* [Heywood, 1999:63]. Bila jumlah *datagram* IP melebihi jumlah MTU *Ethernet*, maka *datagram* akan disegmentasi. Proses segmentasi ini dirumuskan [Usman, 2010:39]:

$$N_{\text{frame}} = \frac{W_{\text{datagram}}}{\text{MTU}_{\text{Ethernet}}} \quad (2.12)$$

dengan:

N_{frame} = jumlah *frame Ethernet* (byte)

$\text{MTU}_{\text{Ethernet}}$ = MTU *Ethernet* (1500 byte)

Proses segmentasi yang dihasilkan harus berupa bilangan bulat yang bukan bilangan pecahan, apabila banyaknya *frame* yang diperoleh dalam bilangan pecahan maka harus dilakukan pembulatan nilai ke atas. Setelah tersegmentasi, *frame-frame* ini kemudian dienkapsulasi untuk disesuaikan dengan panjang *frame Ethernet*. Berikut ini diberikan persamaan untuk menyatakan panjangnya 1 *frame Ethernet* [Usman, 2010:40].

$$W_{\text{Ethernet}} = \text{MTU}_{\text{Ethernet}} + \text{Header}_{\text{Ethernet}} + \text{FCS} \quad (2.13)$$

dengan:

W_{Ethernet} = panjang *frame Ethernet* (byte)

$\text{MTU}_{\text{Ethernet}}$ = *payload* data (46-1500 byte)

Header = *header Ethernet* (22 byte)

FCS = jumlah FCS (*Frame Check Sequence*) (3 byte)

Sehingga jumlah total *frame Ethernet* yang dikirim dari PDSN ke PCF adalah [Usman, 2010:40]:

$$W_{\text{frame total}} = N_{\text{frame}} \times W_{\text{Ethernet}} \quad (2.14)$$

Dengan demikian total *delay* enkapsulasi yang terjadi di PDSN ke PCF adalah [Usman, 2010:40]:

$$t_{E1} = \frac{W_{frame\ total} \times 8}{V_{PDSN}} \quad (2.15)$$

dengan:

- t_{E1} = *delay* enkapsulasi pada PDSN (detik)
- $W_{frame\ total}$ = jumlah *frame* total pada PDSN (*byte*)
- V_{PDSN} = kecepatan transmisi data PDSN (bps)

2) *Packet Control Function* (PCF)

Setelah paket dari R-P *interface* ditransmisikan dan sampai PCF, *frame* dari PDSN didekapsulasi sehingga diperoleh kembali *frame* data aslinya. *Delay* dekapsulasi (t_{D1}) dirumuskan [Usman, 2010:40]:

$$t_{D1} = \frac{W_{frame\ total} \times 8}{V_{1(PCF)}} \quad (2.16)$$

dengan:

- t_{D1} = *delay* dekapsulasi pada PCF (detik)
- $W_{frame\ total}$ = jumlah *frame* total pada PDSN (*byte*)
- $V_{1(PCF)}$ = kecepatan transmisi data dari PDSN ke PCF (bps)

Frame data asli yang diperoleh dari proses dekapsulasi ini kemudian ditransfer dari R-P *interface* ke A8-A9 *interface* oleh *relay* di PCF. Dari sini dapat dihitung *delay* enkapsulasi pada PCF yaitu [Usman, 2010:41]:

$$t_{E2} = \frac{W_{PCF\ total} \times 8}{V_{2(PCF)}} \quad (2.17)$$

dengan:

- t_{E2} = *delay* enkapsulasi pada PCF (detik)
- $W_{PCF\ total}$ = panjang data di PCF (*byte*)
- V_{SDU} = kecepatan transmisi data dari PCF ke SDU (bps)

3) *Selection Distribution Unit* (SDU)

Pada SDU, *frame* yang dikirimkan dari PCF kemudian akan didekapsulasi untuk mendapat *Link Access Control-Selection Distribution Unit* (LAC-SDU) *Service Data*

Unit-nya. LAC SDU ini kemudian ditransfer ke *link layer* LAC oleh *relay* di SDU.

Nilai *delay* dekapulasi yang terjadi pada SDU ini diperoleh dari [Usman, 2010:41]:

$$t_{D2} = \frac{W_{PCF\ total} \times 8}{V_{SDU}} \quad (2.18)$$

dengan:

- t_{D2} = *delay* dekapulasi pada SDU (detik)
- $W_{PCF\ total}$ = panjang data di PCF (*byte*)
- V_{SDU} = kecepatan transmisi data di SDU (bps)

Selanjutnya LAC-SDU pada *link layer* LAC diubah menjadi LAC-Protocol Data Unit (PDU) dengan menambahkan 30 bit CRC, sehingga diperoleh persamaan berikut ini [Usman, 2010:41]:

$$W_{LAC-PDU} = (W_{LAC-SDU} \times 8) + Header_{LAC-SDU} \quad (2.19)$$

dengan:

- $W_{LAC-PDU}$ = panjang LAC-PDU (bit)
- $W_{LAC-SDU}$ = panjang LAC-SDU sama dengan $W_{PCF\ total}$ (*bit*)

Selanjutnya LAC-PDU dari *link layer* LAC dikirimkan ke *link layer Medium Access Control* (MAC). Di sini, *frame* kemudian disegmentasi menjadi MAC-*radio block* berdasarkan *data rate* untuk standar pelayanan komunikasi data dapat dilihat pada Tabel 2.3. Sehingga proses segmentasi yang terjadi dirumuskan [Usman, 2010:42]:

$$N_{payload\ MAC-radio\ block} = \frac{W_{LAC-PDU}}{W_{payload\ MAC-radio\ block}} \quad (2.20)$$

dengan:

- $N_{payload\ MAC}$ = jumlah *payload* MAC-*radioblock*
- $W_{payload\ MAC}$ = panjang *payload* MAC-*radioblock* termasuk di dalamnya *informasion bit* dan *padding bit* (*bit*)

Tabel 2.3 Jumlah Bit Tiap *Frame* CDMA untuk Pelayanan Komunikasi Data

Banyaknya Slot yang Ditempati	Data Rate (bps)	Jumlah Bit Tiap <i>Frame</i>				
		Total	Bit Informasi	Bit Padding	FCS	Tail
16	38400	1024	1002	-	16	6
8	76800					
4	153600					
2	307200					
1	614400					
4	307200	2048	2004	22	16	6
2	614400					
1	1228800					
2	921600	3072	3006	44	16	6
1	1843200					
2	1228800	4096	4008	66	16	6
1	2457600					

Sumber: http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0024_v2.0.pdf

Setelah itu, MAC-*radioblock* akan dienkapsulasi dengan menambahkan 16 bit FCS dan 6 bit Tail, sehingga didapatkan [Usman, 2010:42]:

$$W_{MAC\ radioblock} = W_{payload\ MAC-radioblock} + FCS + Tail \quad (2.21)$$

Sehingga diperoleh nilai *frame* total yang dapat dikirimkan menuju *airlink* sebesar [Usman, 2010:42]:

$$W_{SDU\ total} = N_{payload\ MSC-radioblock} \times W_{MAC-radioblock} \quad (2.22)$$

Maka *delay* enkapsulasi yang terjadi pada SDU didapatkan [Usman, 2010:42]:

$$t_{E2} = \frac{W_{SDU\ total} \times 8}{v_{SDU}} \quad (2.23)$$

dengan:

$$t_{E3} = \text{delay enkapsulasi pada SDU (detik)}$$

Selanjutnya *frame* data yang berasal dari SDU akan diteruskan ke *layer* berikutnya yaitu *airlink* yang berdasarkan standar TIA/EIA IS-856. Karena pada *layer*

ini banyaknya data dilewatkan dinyatakan dalam *chip*, maka dengan mengacu pada Tabel 2.5. Berdasarkan alokasi *data rate* yang digunakan dapat dilakukan konversi dari *bit* ke dalam *chip*. Maka banyaknya data pada *layer* ini dapat dinyatakan sebagai [Usman, 2010:42]:

$$W_{airlink} = W_{SDU\ total} \times PN\ Chip / bit \tag{2.24}$$

dengan:

- $W_{airlink}$ = banyaknya data pada *layer airlink (chip)*
- $W_{SDU\ total}$ = jumlah data yang terdapat pada SDU (*bit*)
- $PN\ Chip/bit$ = banyaknya alokasi *chip* berdasarkan *data rate* untuk setiap *bit (chip)*

Tabel 2.4 Parameter Modulasi untuk Kanal *Forward Traffic* dan Kanal Kontrol

Data Rate (kbps)	Banyaknya Nilai Tiap Paket Layer Fisik						
	Slot	Bit	Jenis Modulasi	TDM Chip			
				Preamble	Pilot	MAC	Data
38,4	16	1024	QPSK	1024	3072	4096	24576
76,8	8	1024	QPSK	512	1536	2048	12288
153,6	4	1024	QPSK	256	768	1024	6144
307,2	2	1024	QPSK	128	384	512	3072
614,4	1	1024	QPSK	64	192	256	1536
307,2	4	2048	QPSK	128	768	1024	6272
614,4	2	2048	QPSK	64	384	512	3136
1228,8	1	2048	QPSK	128	192	256	1536
921,6	2	3072	8-PSK	64	384	512	3136
1843,2	1	3072	8-PSK	64	192	256	1536
1228,8	2	4096	16-QAM	64	384	512	3136
2457,6	1	4096	16-QAM	64	192	256	1536

Sumber: http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0024_v2.0.pdf

Banyaknya data informasi, pilot, MAC, dan *preamble* yang dimuat untuk 1 *frame* dapat dilihat pada Tabel 2.4. Banyaknya *frame* yang dibutuhkan untuk mengirim data informasi pada *airlink layer* dapat dinyatakan sebagai [Usman, 2010:43]:

$$N_{frame} = \frac{W_{airlink}}{Data\ chip\ tiap\ frame} \tag{2.25}$$

dengan:

N_{frame} = frame yang dibutuhkan untuk mengirimkan data pada *airlink layer* (buah)

Data Chip/frame = banyaknya alokasi *chip* berdasarkan *data rate* untuk setiap *frame (chip)*

Tabel 2.5 Parameter *Airlink* untuk *Forward Link*

Banyaknya Slot yang Ditempati	Data Rate (bps)	PN Chip/bit	Bit/paket Encoder	Preamble	Durasi Paket Encoder
16	38400	32	1024	1024	26,67
8	76800	16		512	13,33
4	153600	8		256	6,67
2	307200	4		128	3,33
1	614400	2		64	1,67
4	307200	4	2048	128	6,67
2	614400	2		64	3,33
1	1228800	1		64	1,67
2	921600	1,33	3072	64	3,33
1	1843200	0,67		64	1,67
2	1228800	1	4096	64	3,33
1	2457600	0,5		64	1,67

Sumber: http://www.cdg.org/resources/white_papers/files/Perf_DO.pdf

Total keseluruhan untuk *chip* yang dibawa oleh *airlink layer* dapat dinyatakan sebagai [Usman, 2010:43]:

$$W_{airlink\ total} = (Chip_{preamble\ 1\ frame} \times N_{frame}) + (N_{pilot\ 1\ frame} \times N_{frame}) + (N_{MAC\ 1\ frame} \times N_{frame}) + W_{airlink} \quad (2.26)$$

dengan:

$Chip_{preamble\ 1\ frame}$ = alokasi *preamble* pada 1 *frame (chip)*

N_{frame} = banyaknya *frame* yang ditransmisikan di *airlink layer* (buah)

$N_{MAC\ 1\ frame}$ = alokasi MAC pada 1 *slot (256 chip)*

$N_{pilot\ 1\ frame}$ = alokasi pilot pada 1 *slot (192 chip)*

$W_{airlink}$ = banyaknya data pada *layer airlink (chip)*

Maka *delay* enkapsulasi yang terjadi pada *airlink* didapatkan [Usman, 2010:43]:

$$t_{E4} = \frac{W_{airlink\ total}}{C_r} \quad (2.27)$$

dengan:

t_{E4} = *delay* enkapsulasi pada *airlink* (detik)

C_r = *chip rate* (1,2288 Mcps)

4) Mobile Station (MS)

Data yang sudah dalam bentuk *chip* dari *layer airlink* pada BS dibawa melalui Um *interface* untuk diterima oleh MS yang selanjutnya akan didekapsulasi. Nilai *delay* dekapsulasi MS pada *layer airlink* ini diperoleh dengan [Usman, 2010:44]:

$$t_{D3} = \frac{W_{airlink\ total}}{C_r} \quad (2.28)$$

MAC *radio block* yang diterima oleh MS selanjutnya akan didekapsulasi menjadi data aslinya. Nilai *delay* dekapsulasi MS pada *layer* MAC ini didapatkan [Usman, 2010:44]:

$$t_{D4} = \frac{W_{SDU\ total}}{N} \times (n_s \times 1,67 \times 10^{-3} s) \quad (2.29)$$

dengan:

t_{D4} = *delay* dekapsulasi MS pada *layer* MAC (detik)

n = *physical layer packet* ($n = 1024, 2048, 3072, 4096$ bit)

n_t = alokasi banyaknya *slot* yang ternyata ditempati berdasarkan *data rate*

b. Delay Transmisi

Delay transmisi merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan *bit* pertama dari paket data hingga *bit* terakhir melalui media transmisi tertentu. Besarnya *delay* transmisi untuk masing-masing *interface* adalah:

1) A10 interface/R-P interface

Delay transmisi yang terjadi pada R-P *interface* dirumuskan [Usman, 2010:44]:

$$t_{T1} = \frac{W_{packet\ Ethernet} = W_{frame\ total}}{V_{Ethernet}} \quad (2.30)$$

dengan:

t_{T1} = *delay* transmisi R-P *interface* (detik)

$V_{Ethernet}$ = kecepatan transmisi data *Ethernet* (bps)

2) A8 interface

Delay transmisi yang terjadi pada A8 interface dirumuskan [Usman, 2010:44]:

$$t_{T2} = \frac{W_{PCF\ total}}{V_{A8\ interface}} \quad (2.31)$$

dengan:

t_{T2} = delay transmisi A8 interface (detik)

$V_{A8\ interface}$ = kecepatan transmisi data A8 interface (bps)

3) Abis interface

Delay transmisi yang terjadi pada Abis interface dirumuskan [Usman, 2010:45]:

$$t_{T3} = \frac{W_{Abis\ interface} = W_{SDU\ total}}{V_{Abis\ interface}} \quad (2.32)$$

dengan:

t_{T3} = delay transmisi Abis interface (detik)

$V_{Abis\ interface}$ = kecepatan transmisi data Abis interface (bps)

4) Um interface

Delay transmisi yang terjadi pada Um interface dirumuskan [Usman, 2010:45]:

$$t_{T4} = \frac{W_{SDU\ total}}{n} \times (n_s \times 1,67 \times 10^{-3} s) \quad (2.33)$$

dengan:

t_{T4} = delay transmisi Um interface (detik)

n = physical layer packet ($n = 1024, 2048, 3072, 4096$ bit)

n_s = alokasi banyaknya slot yang ditempati berdasarkan data rate

c. Delay Propagasi

Delay propagasi merupakan waktu antara bit terakhir ditransmisikan dari node sebelumnya sampai bit terakhir diterima pada node berikutnya. Kecepatan propagasi tergantung pada karakteristik fisik media koneksi antara pengirim dan penerima.

Besarnya delay propagasi adalah [Usman, 2010:45]:

$$t_p = \frac{d}{c} = \frac{N_{frame} \times R}{c} \quad (2.34)$$

dengan:

t_p = delay propagasi (detik)

- d = jarak/radius sel (meter)
 c = cepat rambat gelombang elektromagnetik (3×10^8 meter/detik)

d. *Delay* Antrian

Delay antrian adalah waktu yang menyatakan lamanya paket data tersebut berada dalam antrian untuk ditransmisikan. Selama waktu ini paket data menunggu sampai selesainya paket lain ditransmisikan. *Delay* antrian yang dianalisis merupakan *delay* yang terjadi pada PDSN dengan menggunakan model antrian M/M/1.

Model antrian M/M/1 dapat diartikan bahwa proses kedatangan paket data pada umumnya secara acak dan waktu pelayanannya merupakan distribusi yang eksponensial. Disiplin antrian yang digunakan adalah FIFO (*First In First Out*). Beberapa parameter model antrian M/M/1 antara lain:

1) Kapasitas link

Kapasitas *link* yang diterapkan dengan menggunakan kecepatan standar yang dimiliki oleh PDSN dan panjang paket data yang ditransmisikan dalam *bit*. Besarnya kapasitas *link* yang terjadi akan menentukan kecepatan pelayanan, sehingga kecepatan pelayanan di PDSN *server* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini [Usman, 2010:46]:

$$\mu_{PDSN} = \frac{C_{PDSN}}{m} \quad (2.35)$$

dengan:

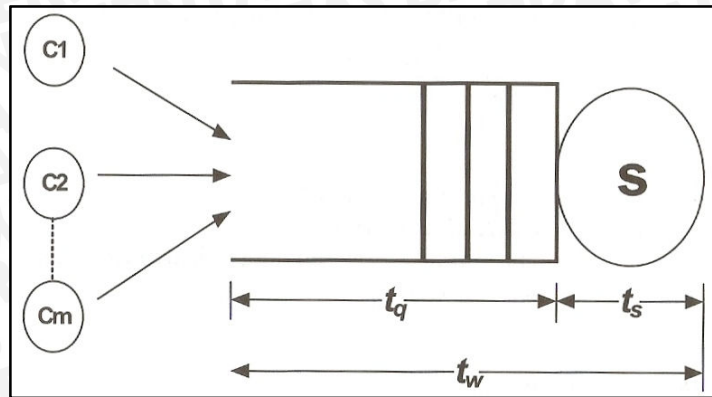
C_{PDSN} = kapasitas *link* pada PDSN (1 Gbps)

μ_{PDSN} = kecepatan pelayanan pada PDSN (paket/detik)

m = panjang paket data yang ditransmisikan di PDSN (bit)

2) Interval waktu untuk permintaan

Interval waktu untuk permintaan (*request*) merupakan distribusi *poisson* dengan laju kedatangan data sebesar λ (paket/detik).



Gambar 2.7 Model Antrian M/M/1

Sumber: Usman, 2010:46

Berdasarkan model antrian M/M/1 sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.7, maka besarnya total *delay* antrian adalah [Usman, 2010:47]:

$$t_w = t_q + t_s \quad (2.36)$$

dengan:

t_w = total *delay* antrian di PDSN (detik)

t_q = waktu tunggu paket di dalam saluran (detik)

t_s = waktu rata-rata pelayanan paket di PDSN (detik)

dimana [Usman, 2010:47]:

$$t_s = \frac{1}{\mu_{PDSN}} \quad (2.37)$$

Performansi suatu sistem antrian ditunjukkan dalam istilah utilisasi yang nilainya diasumsikan berubah dengan kenaikan tertentu. Besarnya nilai utilisasi terjadi ditunjukkan pada persamaan berikut ini [Usman, 2010:47]:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu_{PDSN}} \quad (2.38)$$

dengan:

ρ = faktor utilitas ($0 < \rho < 1$)

λ = laju kedatangan data (paket/detik)

μ_{PDSN} = kecepatan pelayanan pada server (paket/detik)

Sehingga untuk masing-masing nilai ρ dapat ditentukan laju kedatangan paket (λ) di PDSN sebesar [Usman, 2010:47]:

$$\lambda_{PDSN} = \rho \times \mu_{PDSN} \quad (2.39)$$

Dengan menggunakan teori *Little*, maka besarnya nilai *delay* antrian diperoleh [Usman, 2010:47]:

$$t_w = \frac{1}{\mu(1-\rho)} \quad (2.40)$$

Sedangkan waktu tunggu dari paket data dapat dirumuskan sebagai berikut [Usman, 2010:47]:

$$t_q = t_w - t_s = \frac{1/\mu}{1-\rho} - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda/\mu^2}{1-\rho} - \frac{\lambda/\mu}{\mu(1-\rho)} = \frac{\lambda/\rho}{(\mu-\lambda)} \quad (2.41)$$

Sehingga total *delay* antrian yang terjadi pada PDSN menjadi [Usman, 2010:48]:

$$t_w = t_q + t_s = \frac{\lambda_{PDSN}/\mu_{PDSN}}{\mu_{PDSN} - \lambda_{PDSN}} + \frac{1}{\mu_{PDSN}} \quad (2.42)$$

2. Probabilitas *Packet Loss*

Probabilitas *packet loss* pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* dihitung dari probabilitas *packet loss* yang terjadi pada *air interface* sistem CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* (MS-BTS) serta pada jaringan *IP backbone* yang meliputi PDSN, HA, serta AAA, dengan persamaan:

$$\rho_{network} = 1 - \left[(1 - \rho_{AI})(1 - \rho_{IP backbone})^h \right] \quad (2.43)$$

dengan:

- $\rho_{network}$ = probabilitas *packet loss* pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO
- ρ_{AI} = probabilitas *packet loss* pada *air interface*
- $\rho_{IP backbone}$ = probabilitas *packet loss* pada *IP backbone*
- h = jumlah hop pada jaringan *IP backbone* (PDSN, HA, AAA)

Probabilitas *packet loss* pada *IP backbone* dihitung dari probabilitas bit *error* (BER) di jaringan tersebut, dengan persamaan:

$$\rho_{IP backbone} = (l + l')P_e \quad (2.44)$$

dengan:

- l = panjang paket (*byte*)
- l' = panjang *header* IP (*byte*)
- P_e = probabilitas bit *error* (10⁻⁸)

Sedangkan probabilitas *packet loss* pada *air interface* dipengaruhi oleh besarnya *pathloss* yang terjadi pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A. Sebuah sinyal *noise* dapat menyebabkan sebuah bit salah diinterpretasikan. BER (P_e) secara umum dapat didefinisikan [Garg, 1997]:

1. Perhitungan *Path Loss*

$$L_p = \text{Total transmitter EIRP per traffic channel} - \text{Receiver sensitivity} + \text{MS Antenna gain} - \text{MS Cable loss} + \text{gain diversity} - \text{fading margin} + \text{gain handoff} - \text{Building penetration loss} \quad (2.45)$$

dengan:

- *Transmitter EIRP* adalah besarnya daya *output* yang keluar dari penguat daya terminal pelanggan
- *Receiver sensitivity* adalah sensitivitas penerimaan *mobile station* (dBm)
- *Antenna gain* adalah penguatan antena (dBi)
- *Cable loss* adalah besarnya rugi-rugi kabel yang dapat mengurangi level sinyal penerimaan (dB)
- *Gain diversity* merupakan penguatan yang disebabkan karena penggunaan *antenna space diversity* (dB)
- *Fading margin* merupakan margin selisih antara kuat daya rata-rata yang diterima dengan kuat sinyal *threshold* minimum penerimaan/kuat sensitivitas penerimaan (dB)
- *Gain handoff* merupakan penguatan *handoff* untuk memperoleh probabilitas *coverage* yang sesuai (dB)
- *Building penetration loss* adalah besarnya atenuasi yang disebabkan adanya bangunan antara *transmitter* dan *receiver* (dB)

2. Perhitungan Daya yang diterima Kanal Trafik

$$P_{ir} = P_t - L_p + G_{MS} + L_{MS} - L_{Atm} \quad (2.46)$$

dengan:

P_{tr} = daya yang diterima kanal trafik (dBW)

P_t = *Effective Isotropically Radiated Power/EIRP* kanal trafik (dBW)

L_p = *Maximum Allowable Pathloss* (dB)

G_{MS} = gain antena *mobile station* (dB)

L_{MS} = rugi kabel, konektor, dan kombiner (dB)

L_{Atm} = redaman propagasi di atmosfer/redaman hujan (dB)

3. Perhitungan E_b/N_o Kanal Trafik

$$E_b/N_{oTr} = P_{tr} - 10 \log R_b - 10 \log 10^{0,1N_o} \quad (2.47)$$

dengan:

E_b/N_{oTr} = *energy per bit to noise density ratio* kanal trafik (dB)

P_{tr} = daya yang diterima kanal trafik (dBW)

R_b = *bit rate data* (bps)

N_o = *thermal noise* (dBm/Hz)

4. Probabilitas *Error* Kanal Trafik

$$P_e = \frac{e^{-E_b/N_o}}{2\sqrt{\pi}(E_b/N_o)} \quad (2.48)$$

dengan:

P_e = probabilitas *error* kanal trafik

E_b/N_o = *energy per bit to noise density ratio* kanal trafik (dB)

Kemudian probabilitas *packet loss* pada *air interface* jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* dihitung dengan persamaan [Kumar, 1998:75]:

$$\rho_{AI} = 1 - (1 - P_e)^{l+l'} \quad (2.49)$$

dengan:

l = panjang data (*byte*)

l' = panjang *header* (*byte*)

3. *Throughput*

Throughput merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah data yang diterima dalam keadaan baik terhadap waktu total transmisi yang dibutuhkan

dari sumber ke penerima. Pengiriman data pada jaringan *packet switch* antara dua stasiun yang melalui beberapa lapisan protokol meliputi batas kemampuan kapasitas yang dapat dikeluarkan oleh jaringan tersebut. Pada keadaan saturasi, yaitu kondisi dimana selalu tersedia *frame* yang menunggu untuk ditransmisikan, t_v merepresentasikan sebagai waktu transmisi rata-rata *frame* yang diterima dengan benar [Schwartz, 1987:129].

$$\lambda = \frac{\text{jumlah paket data benar yang diterima}}{t_v} \quad (2.50)$$

dengan:

λ = *throughput* (paket/detik)

t_v = waktu total transmisi untuk mengirimkan paket yang benar (detik)

Throughput yang didapat dengan memperhitungkan probabilitas *packet loss* (ρ) adalah [Schwartz, 1987:129]:

$$\lambda = \frac{1}{t_v} = \frac{(1 - \rho_{tot})}{t_1 [1 + (\alpha - 1)\rho_{tot}]} \quad (2.51)$$

dengan:

λ = *throughput* (paket/detik)

t_v = waktu transmisi rata-rata sebuah paket yang diterima dalam keadaan benar (detik)

t_1 = waktu transmisi sebuah paket data (detik)

α = konstanta

ρ_{tot} = probabilitas *packet loss* total yang terjadi dalam jaringan

Waktu transmisi paket ditentukan dengan persamaan [Schwartz, 1987:132]:

$$t_1 = \frac{(PL_{frame} + H_{frame}) \times 8}{C_{trans}} \quad (2.52)$$

dengan:

t_1 = waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sebuah paket melalui jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (detik)

PL_{frame} = *payload frame* PDU CDMA 2000 1x EV-DO (*byte*)

H_{frame} = panjang *header frame* PDU CDMA 2000 1x EV-DO (*byte*)

C_{trans} = kapasitas saluran transmisi (bps)

Dengan mengetahui nilai t_T dan t_I dapat dihitung dengan parameter α [Schwartz, 1987:126]:

$$t_T = \frac{t_{\text{end-to-end}}}{N_{\text{paket}}} \quad (2.53)$$

$$\alpha = \frac{t_T}{t_I} \quad (2.54)$$

dengan:

α = konstanta

t_T = waktu total yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sebuah paket (detik)

N_{paket} = jumlah paket yang ditransmisikan dari sumber ke tujuan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODOLOGI

Penelitian dalam skripsi ini adalah penelitian yang bersifat aplikatif yaitu meneliti tentang pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan *Evolution Data Optimized* (EV-DO) *Revision A*. Tahapan dalam penelitian ini terdiri atas: jenis data dan cara mendapatkan data, variabel dan cara analisis yang digunakan, rangka keseluruhan proses penyelesaian penelitian yang dijelaskan dalam bentuk *flowchart*.

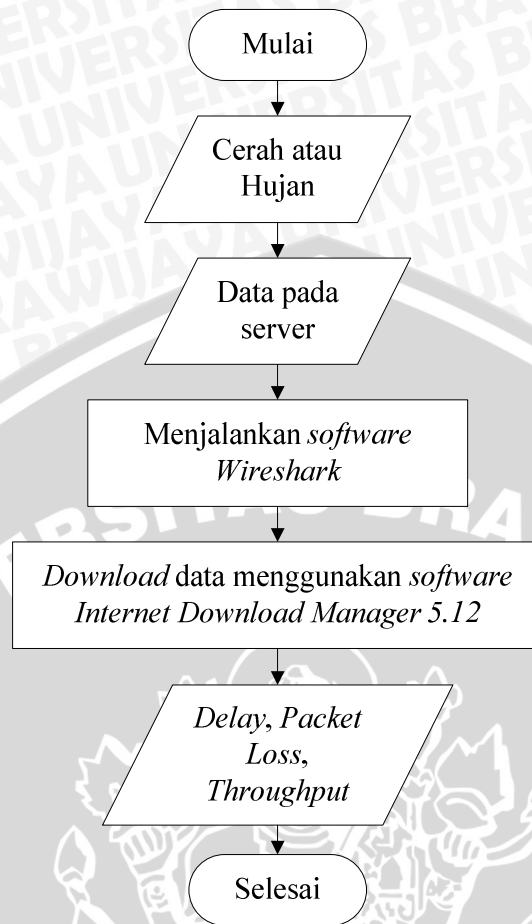
3.1 Jenis dan Cara Mendapatkan Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.1.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari objek yang diuji. Data primer bersumber dari hasil pengujian yang meliputi hasil pengujian terhadap parameter-parameter yang diuji. Data primer penelitian ini terdiri dari *delay*, *packet loss*, dan *throughput*.

Data primer diperoleh dengan cara pengujian. Pengujian pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* ini dilakukan di Kelurahan Ketawang Gede, Kecamatan Lowokwaru, Malang, karena terdapat alat pengukur curah hujan yang disebut ombrometer. Ombrometer ini tepatnya terletak di laboratorium klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Pengujian ini menggunakan laptop dengan *Windows XP* sebagai *Operating System*-nya, program *Wireshark*, program *Internet Download Manager 5.12*, modem smart AC2726 UI, data pada server sebesar 10,853 MB (Mega *Byte*), dan sebuah operator CDMA. Pengujian dilakukan antara pukul 14.00 sampai 17.00.



Gambar 3.1 Flowchart Pengujian

Data pengujian diletakkan pada server. Server pada pengujian ini menggunakan IP Public yaitu <http://202.69.111.202>. Data pengujian pada server sebesar 10,853 MB. Pengujian dilakukan pada saat cerah dan hujan. Pertama yang dilakukan adalah menyalakan laptop dan menjalankan program *Wireshark*. kemudian *download* data pada server menggunakan program *Internet Download Manager 5.12*.

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, skripsi, internet, dan forum-forum resmi mengenai jaringan EV-DO. Data sekunder digunakan untuk analisis perhitungan *delay*, perhitungan probabilitas *packet loss*, dan perhitungan *throughput*. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: panjang *header* TCP, panjang *header* IP, *Maximum Transfer Unit* (MTU) *Ethernet*, panjang *header* *Ethernet*, *Frame Check Sequence* (FCS), kecepatan transmisi data PDSN (V_{PDSN}), kecepatan transmisi data dari PDSN ke PCF ($V_{1(PCF)}$), kecepatan transmisi data dari PCF

ke SDU ($V_{2(PCF)}$), kecepatan transmisi data SDU (V_{SDU}), panjang *header* LAC-SDU ($Header_{LAC-SDU}$), panjang *payload* MAC-radio block termasuk di dalamnya *information bit* dan *padding bit* ($W_{payloadMAC-radioblock}$), Tail, banyaknya alokasi *chip* berdasarkan *data rate* untuk setiap bit (PN *Chip/bit*), alokasi *preamble* pada 1 *frame* ($Chip_{preamble}$ 1 *frame*), alokasi pilot pada 1 slot (N_{pilot} 1 *frame*), alokasi MAC pada 1 slot (N_{MAC} 1 *frame*), banyaknya data pada *layer* *airlink* ($W_{airlink}$), *Chip rate* (C_r), kecepatan transmisi data *Ethernet* ($V_{Ethernet}$), kecepatan transmisi data *A8 interface* (V_{A8} *interface*), kecepatan transmisi data *Abis interface* (V_{Abis} *interface*), jarak/radius sel (R), cepat rambat gelombang elektromagnetik (c), kapasitas *link* PDSN (C_{PDSN}), faktor utilisasi (ρ), probabilitas bit *error*, dan parameter *forward link* CDMA 2000 1x EV-DO.

3.2 Variabel dan Cara Analisis Data

Variabel data yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari tiga variabel, yaitu *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*. *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber ke tujuannya dan merupakan parameter keandalan sistem dalam mengirimkan data dari server ke *user*. Probabilitas *packet loss* adalah hilangnya paket data yang dikirimkan dari sumber ke tujuan. Semakin tinggi nilai *packet loss* menyebabkan penurunan jumlah paket data yang diterima secara benar. *Throughput* adalah jumlah data yang diterima dalam keadaan baik terhadap waktu total transmisi yang dibutuhkan dari sumber data ke penerima. *Throughput* merupakan indikator utama dalam mengetahui kualitas layanan.

Cara analisis data yang digunakan dalam pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) Revision A adalah sebagai berikut:

1. Analisis kuantitatif

Analisis yang menggunakan alat analisis bersifat kuantitatif, dimana alat yang digunakan berupa model-model (contohnya matematika) dengan hasil yang disajikan berupa angka-angka yang kemudian diuraikan/dijelaskan atau diinterpretasikan dalam suatu uraian.

- a. Matematis yaitu mengumpulkan nilai dari parameter data-data primer dan sekunder dengan kesesuaian terhadap standar yang digunakan untuk kemudian dianalisis berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan. Analisis yang dilakukan meliputi penghitungan *delay*, penghitungan probabilitas *packet loss*, dan penghitungan *throughput*.

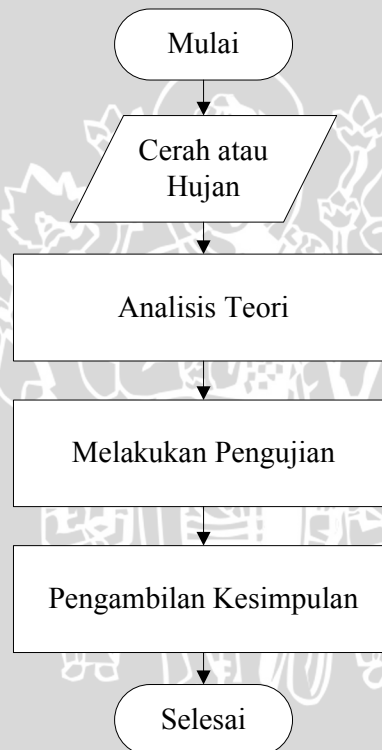
b. Grafis yaitu melakukan simulasi hasil perhitungan ke dalam bentuk grafis sehingga dapat diketahui karakteristik sistem yang diterapkan.

2. Analisis kualitatif

Analisis kualitatif terbatas pada teknik pengolahan datanya, seperti pengecekan data dan tabulasi, dalam hal ini sekedar membaca tabel-tabel, grafik-grafik atau angka-angka yang tersedia, kemudian melakukan uraian dan penafsiran.

3.3 Kerangka Solusi Permasalahan

Rangka keseluruhan proses penyelesaian masalah yang telah dirumuskan dan ditelaah dari aspek tertentu, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dijabarkan dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3.2 *Flowchart* Solusi Permasalahan

Penelitian pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* dilakukan dengan dua cara, yaitu analisis dan pengujian. Parameter dari performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* adalah *delay*, probabilitas *packet loss*, dan *throughput*. Analisis yang dilakukan dengan cara perhitungan teori dari parameter tersebut untuk mengetahui pengaruh dari redaman hujan. Setelah itu dilakukan pengujian pada saat keadaan cerah dan hujan untuk

mengetahui pengaruh redaman hujan pada masing-masing parameter yang diuji.

Kemudian mengambil keputusan dari hasil analisis dan pengujian.



BAB IV

ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN EV-DO REVISION A

Analisis performansi jaringan EV-DO *Revision A* yang dibahas terdiri dari: analisis *delay*, analisis probabilitas *packet loss*, dan analisis *throughput*. Bahasan secara lengkap akan diuraikan di bawah ini.

4.1 Redaman Hujan

Berdasarkan pengujian pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) *Revision A* yang dilakukan di Kelurahan Ketawang Gede, Kecamatan Lowokwaru, Malang, karena terdapat alat pengukur curah hujan yang disebut ombrometer. Ombrometer terletak di laboratorium klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Tabel 4.1 Waktu dan Intensitas Curah Hujan berdasarkan Pengujian

No.	Kriteria	Tanggal	Intensitas Curah Hujan (mm)
1.	Cerah	26 Juni 2010	0
2.	Hujan sangat ringan	7 Juni 2010	2
3.	Hujan ringan	13 Juli 2010	5
4.	Hujan normal	26 September 2010	7
5.	Hujan lebat	31 Agustus 2010	18
6.	Hujan sangat lebat	27 September 2010	25

Sumber: Laboratorium Klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Untuk kriteria hujan sangat ringan dengan besar intensitas curah hujan 2 mm, maka besar redaman spesifik hujan berdasarkan Persamaan 2.5 adalah:

$$\begin{aligned}
 A &= aR^b \\
 &= 0,000154(2)^{0,963} \\
 &= 3,00201 \times 10^{-4} \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Besarnya faktor reduksi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7 adalah:

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{1}{1 + 0,045L} \\
 &= \frac{1}{1 + 0,045 \times 2}
 \end{aligned}$$

$$= 0,917$$

Sehingga diperoleh nilai redaman efektif hujan berdasarkan Persamaan 2.6 adalah:

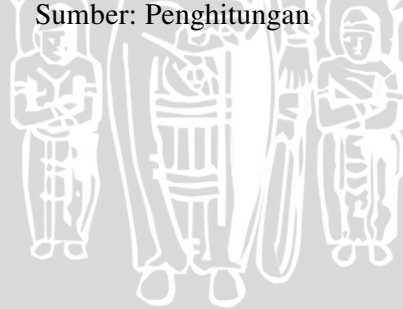
$$\begin{aligned} A_{eff} &= A \cdot L \cdot r \\ &= 3,00201 \times 10^{-4} \times 2 \times 0,917 \\ &= 5,50569 \times 10^{-4} \text{ dB} \end{aligned}$$

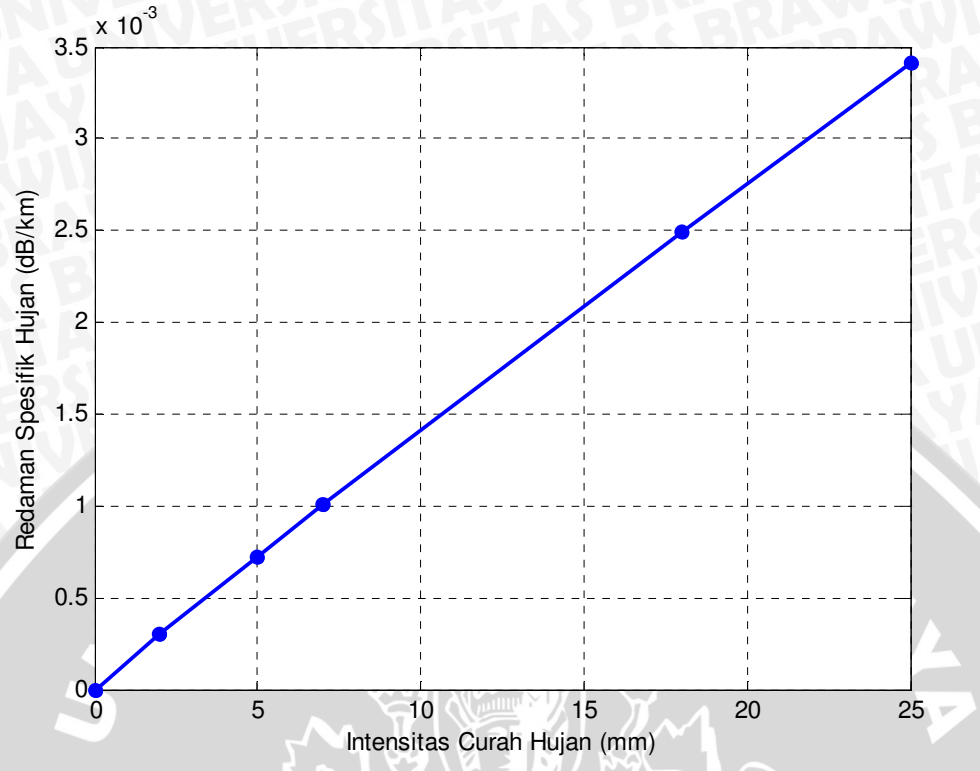
Dengan cara yang sama, hasil penghitungan redaman spesifik hujan dan redaman efektif hujan untuk masing-masing kriteria ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kriteria dan Besar Redaman Hujan

No.	Kriteria	Intensitas Curah Hujan (mm)	Redaman Spesifik Hujan (dB/km)	Redaman Efektif Hujan (dB)
1.	Cerah	0	0	0
2.	Hujan sangat ringan	2	0,000300201	0,000550569
3.	Hujan ringan	5	0,000725486	0,001330541
4.	Hujan normal	7	0,001003114	0,001839710
5.	Hujan lebat	18	0,002490853	0,004568225
6.	Hujan sangat lebat	25	0,003417724	0,006268105

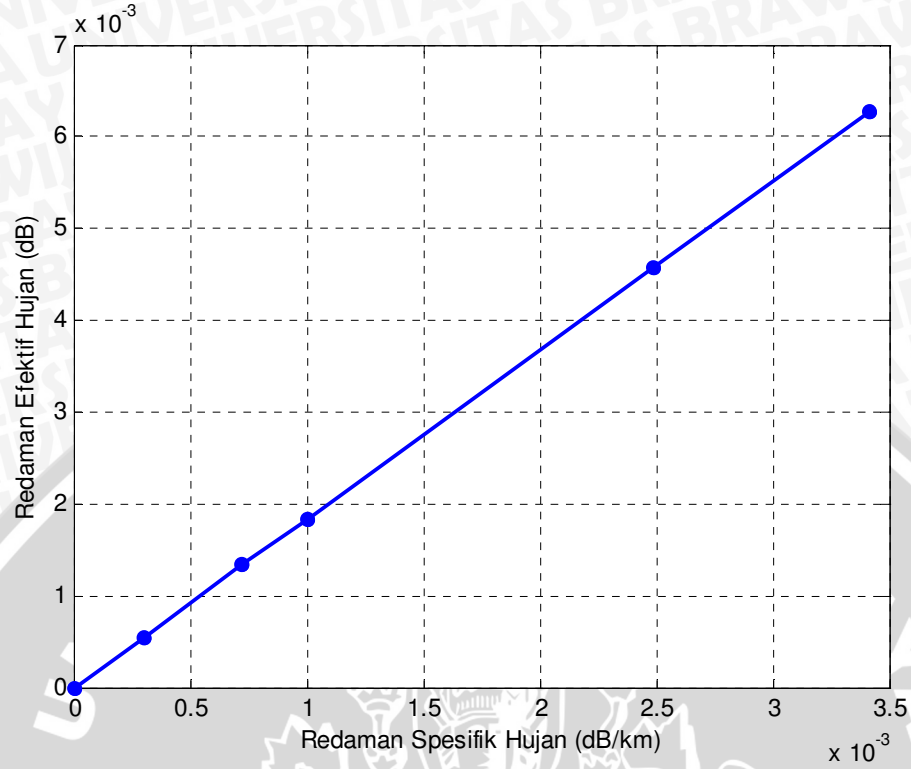
Sumber: Penghitungan





Gambar 4.1 Grafik Redaman Spesifik Hujan terhadap Intensitas Curah Hujan
 Sumber: Penghitungan

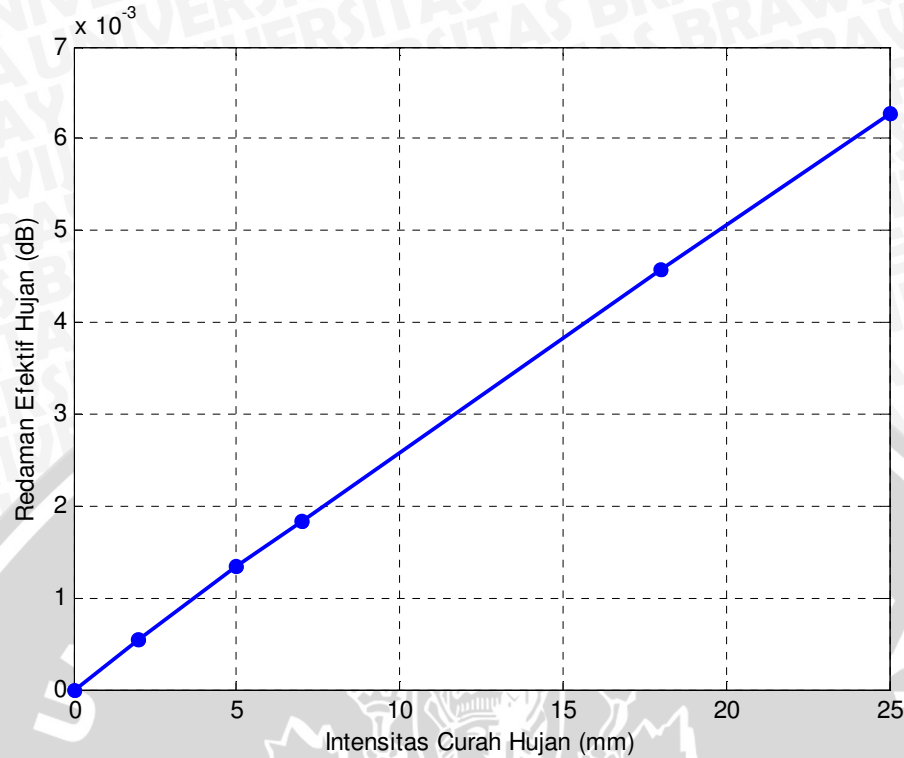
Gambar 4.1 merupakan grafik redaman spesifik hujan terhadap intensitas curah hujan dimana semakin besar intensitas curah hujan yang terjadi, maka redaman spesifik hujan semakin besar. Kenaikan redaman spesifik hujan terjadi secara eksponensial terhadap perubahan intensitas curah hujan. Perubahan ini terjadi karena redaman spesifik hujan berbanding langsung terhadap intensitas curah hujan dimana intensitas curah hujan mempunyai kenaikan eksponensial terhadap konstanta.



Gambar 4.2 Grafik Redaman Efektif Hujan terhadap Redaman Spesifik Hujan

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.2 merupakan grafik redaman efektif hujan terhadap redaman spesifik hujan dimana semakin besar redaman spesifik hujan yang terjadi, maka redaman efektif hujan semakin besar. Kenaikan redaman efektif hujan terjadi secara linear terhadap perubahan redaman spesifik hujan. Perubahan ini terjadi karena redaman efektif hujan berbanding langsung terhadap redaman spesifik dimana redaman spesifik hujan mempunyai kenaikan linear terhadap faktor reduksi dan panjang lintasan.



Gambar 4.3 Grafik Redaman Efektif Hujan terhadap Intensitas Curah Hujan

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.3 merupakan grafik redaman efektif hujan terhadap intensitas curah hujan dimana semakin besar intensitas curah hujan yang terjadi, maka redaman efektif hujan semakin besar. Kenaikan redaman efektif hujan terjadi secara eksponensial terhadap perubahan intensitas curah hujan. Perubahan ini terjadi karena redaman efektif hujan berbanding langsung terhadap intensitas curah hujan dimana intensitas curah hujan mempunyai kenaikan eksponensial terhadap konstanta, faktor reduksi, dan panjang lintasan.

4.2 Analisis delay

Salah satu ukuran kerja jaringan untuk layanan data adalah *delay* yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber ke tujuannya. Panjang segmen yang digunakan adalah sebesar 10.853.000 *byte*.

4.2.1 Delay Proses

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan *delay* enkapsulasi dan dekapsulasi dengan panjang segmen data sebesar 10,853 MB (Mega *Byte*).

1) Packet Data Serving Node (PDSN)

Segmen data sebesar 10.853.000 *byte* dikirimkan ke *layer* TCP sebagai *transport layer*. Pada *layer* TCP segmen data ini kemudian diubah menjadi segmen TCP dengan panjang *header* TCP sebesar 20 *byte* [Stalling, 1997:614] menggunakan Persamaan 2.10 diperoleh:

$$\begin{aligned} W_{\text{segmen}} &= W_{\text{data}} + \text{Header}_{\text{TCP}} \\ &= 10.853.000 \text{ byte} + 20 \text{ byte} \\ &= 10.853.020 \text{ byte} \end{aligned}$$

Dari *transport layer*, segmen ini kemudian dikirim ke *network layer* untuk diubah menjadi *datagram* IP. *Layer* IP ini memiliki *Maximum Segment Size* (MSS) sebesar 65511 *byte*. Karena panjang segmen TCP lebih dari MSS IP, maka segmen TCP terlebih dahulu disegmentasi sebelum diubah menjadi *datagram* IP.

$$\begin{aligned} N_{\text{frame}} &= \frac{W_{\text{datagram}}}{\text{MTU}_{\text{Ethernet}}} \\ &= \frac{10.853.020 \text{ byte}}{65.511 \text{ byte}} \\ &= 165,67 \text{ buah} \end{aligned}$$

Terdapat 166 *frame* dengan klasifikasi 165 buah *frame* yang masing-masing berisi data sebesar 65511 *byte* dan 1 buah *frame* yang berisi data sebesar 43.892 *byte*, yang diperoleh dari $0,67 \times 65511 \text{ byte} = 43.892 \text{ byte}$. Kemudian dengan menggunakan Persamaan 2.11 untuk 166 buah *frame* diperoleh panjang *datagram* IP sebesar:

$$\begin{aligned} W_{\text{datagram}} &= W_{\text{segmen}} + \text{Header}_{\text{IP}} \\ &= 65.511 \text{ byte} + 20 \text{ byte} \\ &= 65.531 \text{ byte} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk 1 buah *frame* diperoleh panjang *datagram* IP sebesar:

$$\begin{aligned} W_{\text{datagram}} &= W_{\text{segmen}} + \text{Header}_{\text{IP}} \\ &= 43.892 \text{ byte} + 20 \text{ byte} \\ &= 43.912 \text{ byte} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah total *datagram* IP yang dapat dikirim dari *transport layer network layer* adalah:

$$\begin{aligned} W_{\text{datagram total}} &= N_{\text{frame}} \times W_{\text{datagram}} \\ &= (165 \times 65.531 \text{ byte}) + (1 \times 43.912 \text{ byte}) \\ &= 10.812.615 \text{ byte} + 43.912 \text{ byte} \\ &= 10.856.527 \text{ byte} \end{aligned}$$

Pada *link layer*, panjang *datagram* IP melebihi MTU dari *ethernet* yang memiliki *Maximum Transfer Unit* sebesar 1500 *byte* [Heywood, 1999:63], maka *datagram* IP akan disegmentasi menggunakan Persamaan 2.12 sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} N_{\text{frame}} &= \frac{W_{\text{datagram}}}{MTU_{\text{Ethernet}}} \\ &= \frac{10.856.527 \text{ byte}}{1500 \text{ byte}} \\ &= 7.237,68 \text{ buah} \end{aligned}$$

Terdapat 7.238 *frame* dengan klasifikasi 7.237 buah *frame* yang masing-masing berisi data sebesar 1500 *byte* dan 1 buah *frame* yang berisi data sebesar 690 *byte*, yang diperoleh dari $0,68 \times 1500 \text{ byte} = 1.020 \text{ byte}$. Kemudian dengan menggunakan Persamaan 2.13 untuk 7.237 buah *frame* diperoleh panjang *frame Ethernet* sebesar:

$$\begin{aligned} W_{\text{Ethernet}} &= MTU_{\text{Ethernet}} + \text{Header}_{\text{Ethernet}} + \text{FCS} \\ &= 1500 \text{ byte} + 22 \text{ byte} + 3 \text{ byte} \\ &= 1525 \text{ byte} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk 1 buah *frame* diperoleh panjang *frame Ethernet* sebesar:

$$\begin{aligned} W_{\text{Ethernet}} &= MTU_{\text{Ethernet}} + \text{Header}_{\text{Ethernet}} + \text{FCS} \\ &= 1.020 \text{ byte} + 22 \text{ byte} + 3 \text{ byte} \\ &= 1.045 \text{ byte} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah total *frame Ethernet* berdasarkan Persamaan 2.14 yang dapat dikirim dari PDSN menuju PCF adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{frame\ total} &= N_{frame} \times W_{Ethernet} \\
 &= (7.237 \times 1525 \text{ byte}) + (1 \times 1.045 \text{ byte}) \\
 &= 11.036.425 \text{ byte} + 1.045 \text{ byte} \\
 &= 11.037.470 \text{ byte}
 \end{aligned}$$

Kemudian dengan menggunakan PDSN CISCO yang memiliki kecepatan transmisi data sebesar 1 Gbps, maka *delay* enkapsulasi yang terjadi di PDSN ke PCF berdasarkan Persamaan 2.15 adalah:

$$\begin{aligned}
 t_{E1} &= \frac{W_{frame\ total} \times 8}{V_{PDSN}} \\
 &= \frac{(11.037.470 \times 8) \text{ bit}}{1 \times 10^9 \text{ bps}} \\
 &= 0,088 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

2) Packet Control Function (PCF)

Antara PDSN dengan PCF dihubungkan dengan *Fast Ethernet* yang memiliki kecepatan transmisi data sebesar 100 Mbps. Berdasarkan Persamaan 2.16, maka nilai *delay* dekapsulasi diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned}
 t_{D1} &= \frac{W_{frame\ total} \times 8}{V_{1(PCF)}} \\
 &= \frac{(11.037.470 \times 8) \text{ bit}}{100 \times 10^6 \text{ bps}} \\
 &= 0,88 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Antara PCF dengan BSC dihubungkan dengan menggunakan *interface* sistem transmisi digital *Synchronous Transfer Module (STM-1)/Optical Carrier level 3 (OC-3)* yang memiliki kecepatan transmisi sebesar 155,52 Mbps [3GPP2 A.S0012-A, 2003:7] sehingga nilai *delay* enkapsulasi pada PCF berdasarkan Persamaan 2.17 diperoleh:

$$t_{E2} = \frac{W_{PCF\ total} \times 8}{V_{2(PCF)}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(11.037.470 \times 8) \text{ bit}}{155,52 \times 10^6 \text{ bps}} \\
 &= 0,5678 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

3) Selection Distribution Unit (SDU)

Nilai *delay* dekapsulasi yang terjadi pada SDU berdasarkan Persamaan 2.18 diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t_{D2} &= \frac{W_{PCF_{total}} \times 8}{v_{SDU}} \\
 &= \frac{(11.037.470 \times 8) \text{ bit}}{155,52 \times 10^6 \text{ bps}} \\
 &= 0,5678 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Nilai LAC-PDU berdasarkan Persamaan 2.19 adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{LAC-PDU} &= (W_{LAC-SDU} \times 8) + \text{Header}_{LAC-SDU} \\
 &= (11.037.470 \times 8) \text{ bit} + 30 \text{ bit} \\
 &= 88.299.790 \text{ bit}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya LAC-PDU pada *link layer* LAC dikirimkan ke *link layer* MAC. Karena panjang LAC-PDU melebihi panjang *payload* MAC-radio block sehingga LAC-PDU akan disegmentasi berdasarkan Persamaan 2.20 yaitu:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{payload MAC-radio block}} &= \frac{W_{LAC-PDU}}{W_{\text{payload MAC-radio block}}} \\
 &= \frac{88.299.790 \text{ bit}}{4074 \text{ bit}} \\
 &= 21.673,98 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Terdapat 21.674 buah *frame* dengan klasifikasi 21.673 buah *frame* yang masing-masing *frame* berisi data sebesar 4074 bit dan 1 buah *frame* lagi yang juga berisi data sebesar 4074 bit dengan melakukan pembulatan yang diperoleh dari $0,98 \times 4074 \text{ bit} = 3.992, 52$. Dengan demikian terdapat sekitar 82 bit yang tidak berisikan informasi pada 1 buah *frame* tadi.

Panjang MAC-*radio block* berdasarkan Persamaan 2.21 diperoleh:

$$\begin{aligned} W_{MAC\ radioblock} &= W_{payload\ MAC-radioblock} + FCS + Tail \\ &= 4074bit + 16bit + 6bit \\ &= 4069\ bit \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai *frame* total yang dapat dikirimkan menuju *airlink* berdasarkan

Persamaan 2.22 sebesar:

$$\begin{aligned} W_{SDU\ total} &= N_{payload\ MSC-radioblock} \times W_{MAC-radioblock} \\ &= 21.674 \times 4096bit \\ &= 88.776.704\ bit \end{aligned}$$

Maka nilai *delay* enkapsulasi yang terjadi pada SDU berdasarkan Persamaan 2.23 sebesar:

$$\begin{aligned} t_{E3} &= \frac{W_{SDU\ total}}{v_{SDU}} \\ &= \frac{88.776.704\ bit}{155,52 \times 10^6\ bps} \\ &= 0,57\ detik \end{aligned}$$

Banyaknya data pada *layer airlink* dengan memasukkan nilai PN *Chip/bit* sebesar 0,5 berdasarkan Persamaan 2.24 diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned} W_{airlink} &= W_{SDU\ total} \times PN\ Chip/bit \\ &= 88.776.704\ bit \times 0,5\ chip/bit \\ &= 44.388.352\ chip \end{aligned}$$

Banyaknya *frame* yang dibutuhkan untuk mengirim data informasi pada *airlink layer* berdasarkan Persamaan 2.25 sebesar:

$$\begin{aligned} N_{frame} &= \frac{W_{airlink}}{Data\ chip\ tiap\ frame} \\ &= \frac{44.388.352\ chip}{1536\ chip/frame} \\ &= 28.896,67\ frame \\ &\approx 28.897\ frame \end{aligned}$$

Total keseluruhan untuk *chip* yang dibawa oleh *airlink layer* berdasarkan Persamaan 2.26 sebesar:

$$\begin{aligned}
 W_{airlink\ total} &= (Chip_{preamble\ 1\ frame} \times N_{frame}) + (N_{pilot\ 1\ frame} \times N_{frame}) + \\
 & (N_{MAC\ 1\ frame} \times N_{frame}) + W_{airlink} \\
 &= (64\ chip \times 28.897) + (192\ chip \times 28.897) + (256\ chip \times 28.897) \\
 &+ 51.200\ chip \\
 &= 1.849.408\ chip + 5.548.224\ chip + 7.397.632\ chip + 51.200\ chip \\
 &= 14.846.464\ chip
 \end{aligned}$$

Maka *delay* enkapsulasi yang terjadi pada *airlink* berdasarkan Persamaan 2.27 diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned}
 t_{E4} &= \frac{W_{airlink\ total}}{C_r} \\
 &= \frac{14.846.464\ chip}{1,2288 \times 10^6\ chip/s} \\
 &= 12,082\ detik
 \end{aligned}$$

4) Mobile Station (MS)

Nilai *delay* dekapsulasi MS pada *layer airlink* berdasarkan Persamaan 2.28 diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t_{D3} &= \frac{W_{airlink\ total}}{C_r} \\
 &= \frac{14.846.464\ chip}{1,2288 \times 10^6\ chip/s} \\
 &= 12,082\ detik
 \end{aligned}$$

Nilai *delay* dekapsulasi MS pada *layer MAC* berdasarkan Persamaan 2.29 diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t_{D4} &= \frac{W_{SDU\ total}}{N} \times (n_s \times 1,67 \times 10^{-3}\ s) \\
 &= \frac{88.776.704\ bit}{4096} \times (1 \times 1,67 \times 10^{-3}\ s) \\
 &= 36,196\ detik
 \end{aligned}$$

Total nilai *delay* enkapsulasi dari PDSN sampai dengan MS didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} t_{Etotal} &= t_{E1} + t_{E2} + t_{E3} + t_{E4} \\ &= (0,088 + 0,5678 + 0,57 + 12,082) \text{ detik} \\ &= 13,3078 \text{ detik} \end{aligned}$$

Total nilai *delay* dekapsulasi dari PDSN sampai dengan MS didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} t_{Dtotal} &= t_{D1} + t_{D2} + t_{D3} + t_{D4} \\ &= (0,88 + 0,5678 + 12,082 + 36,196) \text{ detik} \\ &= 49,7258 \text{ detik} \end{aligned}$$

Sehingga total *delay* proses yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned} t_{proc} &= t_{Etotal} + t_{Dtotal} \\ &= 13,3078 + 49,7258 \\ &= 63,0336 \text{ detik} \end{aligned}$$

4.2.2 Delay Transmisi

Dalam menganalisis *delay* transmisi dilakukan kalkulasi pada hubungan antara PDSN-PCF yang menggunakan *R-P interface*, PCF-BSC yang menggunakan *A8 interface*, BSC-BTS yang menggunakan *Abis interface*, serta BTS-MS yang menggunakan *Um interface*.

1) A10 interface/R-P interface

Antara PDSN dengan PCF dihubungkan dengan menggunakan *Ethernet* sebagai *interface* yang terjadi pada *R-P interface* untuk data sebesar 10.853.000 *byte* berdasarkan Persamaan 2.30 diperoleh:

$$\begin{aligned} t_{T1} &= \frac{W_{packet Ethernet} = W_{frame total}}{V_{Ethernet}} \\ &= \frac{[(7.237 \times 1525) + (1 \times 1.045)] \times 8 \text{ bit}}{100 \times 10^6 \text{ bps}} \\ &= \frac{[11.036.425 + 1.045] \times 8 \text{ bit}}{100 \times 10^6 \text{ bps}} \\ &= \frac{[11.037.470] \times 8 \text{ bit}}{100 \times 10^6 \text{ bps}} \end{aligned}$$

= 0,88 detik

2) A8 interface

Antara PCF dengan BSC dihubungkan dengan menggunakan *interface* transmisi digital STM-1/OC-3 yang memberikan kecepatan data sebesar 155,52 Mbps [3GPP2 A.S0012-A, 2003:7] sehingga *delay* transmisi yang terjadi pada A8 *interface* untuk data sebesar 10.853.000 *byte* berdasarkan Persamaan 2.31 diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t_{T2} &= \frac{W_{PCF\ total}}{V_{A8\ interface}} \\
 &= \frac{[(7.237 \times 1525) + (1 \times 1.045)] \times 8\ bit}{155,52 \times 10^6\ bps} \\
 &= \frac{[11.036.425 + 1.045] \times 8\ bit}{155,52 \times 10^6\ bps} \\
 &= \frac{[11.037.470] \times 8\ bit}{155,52 \times 10^6\ bps} \\
 &= 0,5678\ detik
 \end{aligned}$$

3) Abis interface

Physical layer untuk Abis *interface* pada jaringan CDMA berbasis IP menggunakan *interface* sistem transmisi digital STM-1/OC-3 yang memberikan kecepatan data sebesar 155,52 Mbps [3GPP2 A.S0003, 2000:14] sehingga *delay* transmisi yang terjadi pada Abis *interface* untuk data sebesar 10.853.000 *byte* berdasarkan Persamaan 2.32 diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t_{T3} &= \frac{W_{Abis\ interface} = W_{SDU\ total}}{V_{Abis\ interface}} \\
 &= \frac{88.776.704\ bit}{155,52 \times 10^6\ bps} \\
 &= 0,57\ detik
 \end{aligned}$$

4) Um interface

Delay transmisi yang terjadi pada Um *interface* berdasarkan Persamaan 2.33 adalah:

$$\begin{aligned}
 t_{T4} &= \frac{W_{SDU\ total}}{n} \times (n_s \times 1,67 \times 10^{-3} s) \\
 &= \frac{88.776.704}{4096} \times (1 \times 1,67 \times 10^{-3} s) \\
 &= 36,196 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Maka total *delay* transmisi yang terjadi untuk segmen data sebesar 10.853.000 *byte* adalah:

$$\begin{aligned}
 t_{T\ total} &= t_{T1} + t_{T2} + t_{T3} + t_{T4} \\
 &= (0,88 + 0,5678 + 0,57 + 36,196) \text{ detik} \\
 &= 38,2138 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Delay Propagasi

Delay propagasi yang dianalisis antara BTS ke MS (termasuk jarak ke PDSN) dipengaruhi parameter radius sel sebesar 2 km sehingga nilai *delay* propagasi berdasarkan Persamaan 2.34 adalah:

$$\begin{aligned}
 t_p &= \frac{d}{c} = \frac{N_{frame} \times R}{c} \\
 &= \frac{21.674 \times 2.000 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} \\
 &= 0,0217 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4.2.4 Delay Antrian

Delay antrian yang dianalisis merupakan *delay* yang terjadi pada PDSN dengan menggunakan model antrian M/M/1. Kecepatan standar PDSN menggunakan Ericsson yang memiliki kecepatan sebesar 1 Gbps dengan panjang data di PDSN sebesar 1500 *byte*, maka kecepatan pelayanan paket data berdasarkan Persamaan 2.35 diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned}
 \mu_{PDSN} &= \frac{C_{PDSN}}{m} \\
 &= \frac{1 \times 10^9}{1,5 \times 10^3 \times 8} \\
 &= 83.333,33 \text{ paket/detik}
 \end{aligned}$$

Dalam analisis ini diasumsikan bahwa nilai faktor utilisasi (ρ) diubah dari 0,1 sampai dengan 0,9 dengan kenaikan sebesar 0,1. Dari masing-masing nilai ρ dapat ditentukan laju kedatangan paket di PDSN (λ) berdasarkan Persamaan 2.39 diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda_{PDSN} &= \rho \times \mu_{PDSN} \\ &= 0,1 \times 83.333,33 \\ &= 8.333,333 \text{ paket/detik}\end{aligned}$$

Sedangkan *delay* antrian yang terjadi di PDSN (t_w) berdasarkan Persamaan 2.42 diperoleh sebagai berikut:

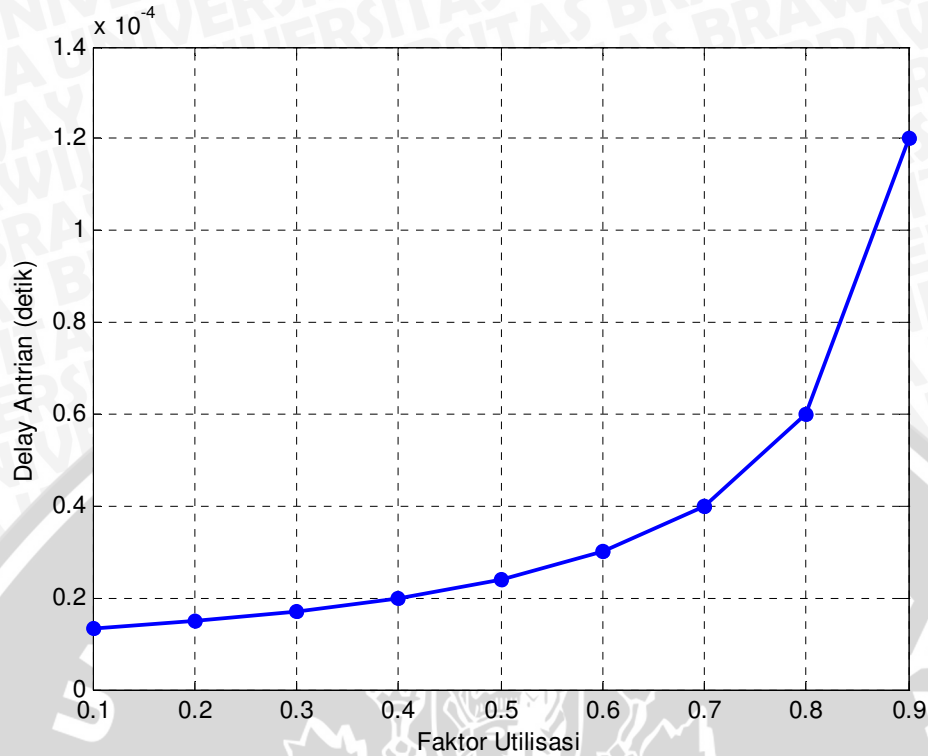
$$\begin{aligned}t_w = t_q + t_s &= \frac{\lambda_{PDSN} / \mu_{PDSN}}{\mu_{PDSN} - \lambda_{PDSN}} + \frac{1}{\mu_{PDSN}} \\ &= \frac{8.333,333 / 83.333,33}{83.333,33 - 8.333,333} + \frac{1}{83.333,33} \\ &= 1,33 \times 10^{-5} \text{ detik}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, hasil perhitungan laju kedatangan paket di PDSN dan *delay* antrian yang terjadi di PDSN untuk nilai faktor utilisasi yang berubah-ubah dari 0,1 sampai 0,9 dengan kenaikan sebesar 0,1 ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Analisis *Delay* Antrian

No.	Faktor Utilisasi	Laju Kedatangan Paket (paket/detik)	<i>Delay</i> Antrian (detik)
1.	0,1	8.333,333	$1,33 \times 10^{-5}$
2.	0,2	16.666,666	$1,50 \times 10^{-5}$
3.	0,3	24.999,999	$1,71 \times 10^{-5}$
4.	0,4	33.333,332	$2,00 \times 10^{-5}$
5.	0,5	41.666,665	$2,40 \times 10^{-5}$
6.	0,6	49.999,998	$3,00 \times 10^{-5}$
7.	0,7	58.333,331	$4,00 \times 10^{-5}$
8.	0,8	66.666,664	$6,00 \times 10^{-5}$
9.	0,9	74.999,997	$1,20 \times 10^{-4}$

Sumber: Penghitungan



Gambar 4.4 Grafik *Delay* Antrian terhadap Faktor Utilisasi

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.4 merupakan grafik *delay* antrian terhadap faktor utilisasi dimana semakin besar faktor utilisasi, maka laju kedatangan paket data yang terjadi semakin besar sehingga mengakibatkan *delay* antrian pada PDSN semakin besar. Kenaikan *delay* antrian terjadi secara linear terhadap perubahan faktor utilisasi. Perubahan ini terjadi karena faktor utilisasi mempunyai kenaikan linear terhadap laju kedatangan paket data.

Dari seluruh nilai analisis *delay* yang telah didapatkan, maka nilai total *delay* untuk panjang segmen data sebesar 10.853.000 *byte* dan faktor utilisasi sebesar 0,1 yang terjadi dari sumber ke tujuan (PDSN ke MS) adalah sebesar:

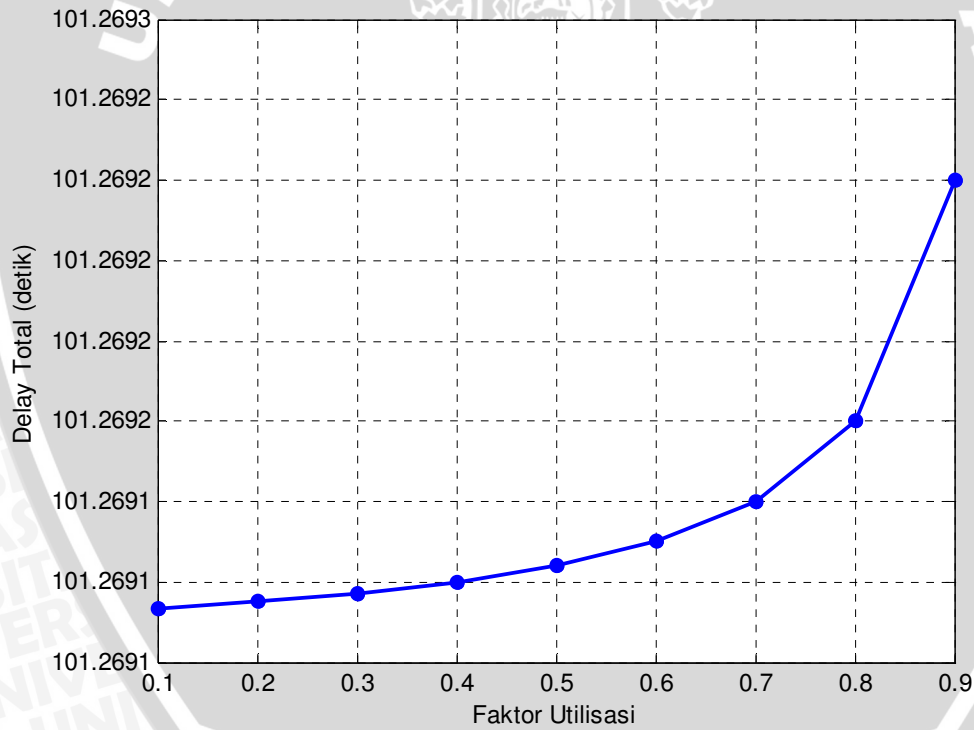
$$\begin{aligned}
 t &= t_{proc} + t_T + t_P + t_W \\
 &= 63,0336 + 38,2138 + 0,0217 + (1,33 \times 10^{-5}) \\
 &= 101,2691133 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, hasil analisis *delay* total dengan faktor utilisasi dari 0,1 sampai 0,9 akan diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Analisis *Delay* Total berdasarkan Faktor Utilisasi

No.	Faktor Utilisasi	<i>Delay</i> Total (detik)
1.	0,1	101,2691133
2.	0,2	101,2691150
3.	0,3	101,2691171
4.	0,4	101,2691200
5.	0,5	101,2691240
6.	0,6	101,2691300
7.	0,7	101,2691400
8.	0,8	101,2691600
9.	0,9	101,2692200

Sumber: Penghitungan



Gambar 4.5 Grafik *Delay* Total terhadap Faktor Utilisasi

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.5 merupakan grafik *delay* total terhadap faktor utilisasi dimana semakin besar faktor utilisasi, maka *delay* antrian semakin besar sehingga mengakibatkan *delay* total yang terjadi semakin besar. Kenaikan *delay* total terjadi

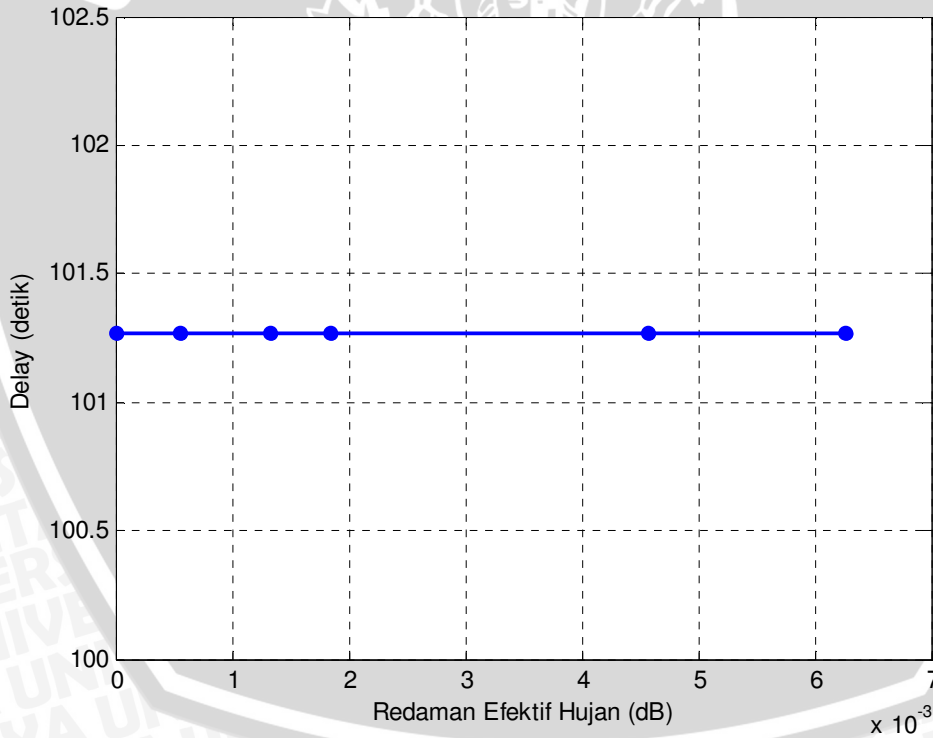
secara linear terhadap perubahan faktor utilisasi. Perubahan ini terjadi karena faktor utilisasi mempunyai kenaikan linear terhadap *delay* antrian.

Hasil analisis *delay* total dengan besar faktor utilisasi sebesar 0,1 ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Analisis *Delay* Total

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Delay</i> Total (detik)
1.	0	101,2691133
2.	0,000550569	101,2691133
3.	0,001330541	101,2691133
4.	0,001839710	101,2691133
5.	0,004568225	101,2691133
6.	0,006268105	101,2691133

Sumber: Penghitungan



Gambar 4.6 Grafik *Delay* Total terhadap Redaman Efektif Hujan

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.6 merupakan grafik *delay* total terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan, *delay* total yang terjadi adalah sama. Jadi besarnya *delay* total tidak dipengaruhi oleh besarnya redaman efektif hujan. Hal ini

disebabkan karena kecepatan gelombang elektromagnetik pada *delay* propagasi yang digunakan adalah 3×10^8 m/s.

4.3 Analisis Probabilitas *Packet Loss*

Probabilitas *packet loss* pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A dihitung dari probabilitas *packet loss* yang terjadi pada *air interface* sistem CDMA 2000 1x EV-DO Revision A (MS-BTS) serta pada jaringan IP *backbone* yang meliputi PDSN, HA, dan AAA.

Probabilitas *packet loss* pada IP *backbone* jaringan CDMA 2000 1x EV-DO untuk panjang segmen 10.853.000 *byte* dengan probabilitas bit *error* sebesar 10^{-8} [Stalling, 1997:347] berdasarkan Persamaan 2.44 adalah:

$$\begin{aligned} \rho_{IP\ backbone} &= (l + l') P_e \\ &= (10.853.000 + 20) \times 8 \times 10^{-8} \\ &= 0,1085302 \end{aligned}$$

Untuk menghitung probabilitas *packet loss* pada *air interface* diperlukan parameter *Forward Link* CDMA 2000 1x EV-DO yang terdapat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Parameter *Forward Link* CDMA 2000 1x EV-DO

No.	Parameter	Nilai
1.	Frekuensi kerja	1900 MHz
2.	<i>Gain</i> antena MS	-1 dBi
3.	<i>Gain</i> antena BS	17 dBi
4.	<i>Cable, connector, and combiner losses</i>	2 dB
5.	<i>Noise figure</i> MS	10 dB
6.	<i>Maximum PA power</i>	43 dBm
7.	<i>Cable and connector losses</i>	0 dB
8.	<i>Building penetration loss</i>	20 dB
9.	<i>Thermal noise density</i>	-174 dBm/Hz
10.	<i>Receiver sensitivity</i>	-109,7 dBm
11.	<i>Diversity gain</i>	0 dB
12.	<i>Fade margin</i>	11,4 dB
13.	Total BS transmitter EIRP per <i>traffic channel</i>	33,6 dBm
14.	Average transmitter power per <i>traffic channel</i>	20 dBm

Sumber: Utomo, 2008:58

5. Perhitungan *Path Loss* berdasarkan Persamaan 2.45 adalah:

$$\begin{aligned} L_p &= \text{Total transmitter EIRP per traffic channel} - \text{Receiver sensitivity} + \text{MS} \\ &\quad \text{Antenna gain} - \text{MS Cable loss} + \text{gain diversity} - \text{fading margin} + \text{gain handoff} - \\ &\quad \text{Building penetration loss} \\ &= 33,6 + 109,7 - 1 - 0 - 11,4 + 0 - 20 \\ &= 110,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

6. Perhitungan daya yang diterima kanal trafik berdasarkan Persamaan 2.46 adalah:

$$\begin{aligned} P_{tr} &= P_t - L_p + G_{MS} + L_{MS} - L_{Am} \\ &= 20 - 110,9 - 1 + 2 - 0 \\ &= -89,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

7. Perhitungan E_b/N_o kanal trafik berdasarkan Persamaan 2.47 adalah:

$$\begin{aligned} E_b / N_{oTr} &= P_{tr} - 10 \log R_b - 10 \log 10^{0,1N_o} \\ &= -89,9 - 10 \log 3.100.000 - 10 \log^{0,1(-174)} \\ &= -89,9 - 64,91 - (-174) \\ &= -89,9 - 64,91 + 174 \\ &= 19,19 \text{ dB} \end{aligned}$$

8. Probabilitas *error* kanal trafik berdasarkan Persamaan 2.48 adalah:

$$\begin{aligned} P_e &= \frac{e^{-E_b / N_o}}{2\sqrt{\pi(E_b / N_o)}} \\ &= \frac{e^{-19,19}}{2\sqrt{3,14(19,19)}} \\ &= \frac{4,63328 \cdot 10^{-9}}{2\sqrt{3,14(19,19)}} \\ &= \frac{4,63328 \cdot 10^{-9}}{15,52502496} \\ &= 2,9844 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

Kemudian probabilitas *packet loss* pada *air interface* jaringan CDMA 2000 1x EV-DO berdasarkan Persamaan 2.49 adalah:

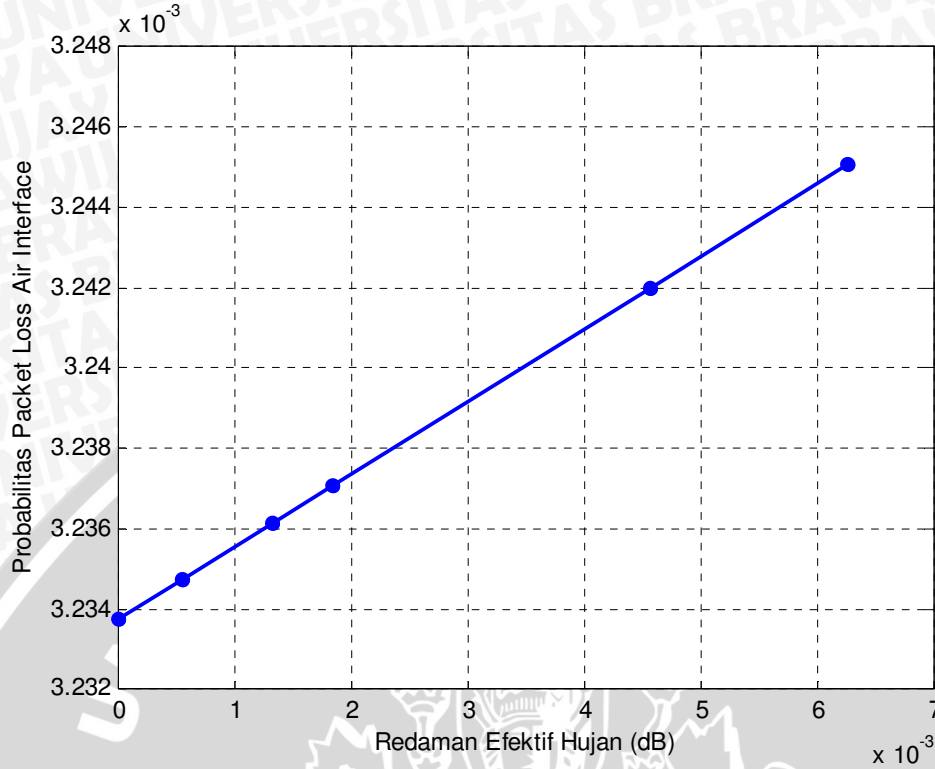
$$\begin{aligned}
 \rho_{AI} &= 1 - (1 - P_e)^{l+l'} \\
 &= 1 - (1 - 2,9844 \times 10^{-10})^{10.853.000+20} \\
 &= 1 - (1 - 2,9844 \times 10^{-10})^{10.853.020} \\
 &= 1 - 0,996766268 \\
 &= 0,003233732
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, hasil analisis probabilitas *packet loss* pada *air interface* jaringan CDMA 2000 1x EV-DO ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Analisis Probabilitas *Packet Loss Air Interface*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	Probabilitas <i>Packet Loss Air Interface</i>
1.	0	0,003233732
2.	0,000550569	0,003234727
3.	0,001330541	0,003236137
4.	0,001839710	0,003237057
5.	0,004568225	0,003241994
6.	0,006268105	0,003245074

Sumber: Penghitungan



Gambar 4.7 Grafik Probabilitas *Packet Loss Air Interface* terhadap Redaman Efektif Hujan
 Sumber: Penghitungan

Gambar 4.7 merupakan grafik probabilitas *packet loss air interface* terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan yang terjadi, maka probabilitas *packet loss air interface* yang terjadi semakin besar. Kenaikan probabilitas *packet loss air interface* terjadi secara linear terhadap perubahan redaman efektif hujan.

Sehingga probabilitas *packet loss* pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A berdasarkan Persamaan 2.43 adalah:

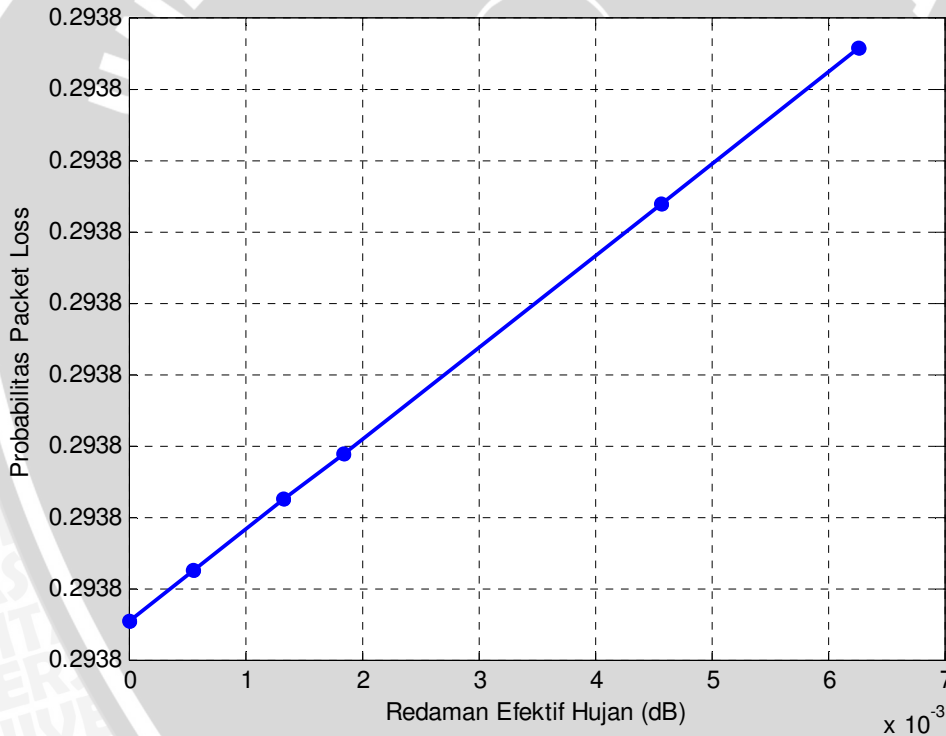
$$\begin{aligned}
 \rho_{network} &= 1 - [(1 - \rho_{AI})(1 - \rho_{IP backbone})^h] \\
 &= 1 - [(1 - 0,003233732)(1 - 0,1085302)^3] \\
 &= 1 - [(0,996766268)(0,708467457)] \\
 &= 1 - 0,706176463 \\
 &= 0,293823537
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, hasil analisis probabilitas *packet loss* pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Analisis Probabilitas *Packet Loss*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	Probabilitas <i>Packet Loss</i>
1.	0	0,293823537
2.	0,000550569	0,293824242
3.	0,001330541	0,293825241
4.	0,001839710	0,293825893
5.	0,004568225	0,293829390
6.	0,006268105	0,293831572

Sumber: Penghitungan



Gambar 4.8 Grafik Probabilitas *Packet Loss* terhadap Redaman Efektif Hujan

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.8 merupakan grafik probabilitas *packet loss* terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka probabilitas *packet loss* yang terjadi semakin besar. Kenaikan probabilitas *packet loss* terjadi secara linear terhadap

perubahan redaman efektif hujan. Hal ini disebabkan karena daya yang diterima pada kanal trafik semakin kecil sehingga probabilitas *packet loss* yang terjadi semakin besar.

4.4 Analisis Throughput

Throughput merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah data yang diterima dalam keadaan baik terhadap waktu total transmisi yang dibutuhkan dari sumber ke penerima.

Waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sebuah *frame* berdasarkan persamaan 2.52 adalah:

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{(PL_{frame} + H_{frame})}{C_{trans}} \\ &= \frac{4096}{3.100.000} \\ &= 0,00132129 \text{ detik} \end{aligned}$$

Waktu total yang dibutuhkan untuk mentransmisikan sebuah *frame* berdasarkan Persamaan 2.53 adalah:

$$\begin{aligned} t_T &= \frac{t_{end-to-end}}{N_{paket}} \\ &= \frac{101,2691133}{28.897} \\ &= 0,00350448 \text{ detik} \end{aligned}$$

Konstanta α diperoleh berdasarkan Persamaan 2.54 adalah:

$$\alpha = \frac{t_T}{t_1} = \frac{0,00350448}{0,00132129} = 2,652320458$$

Sehingga nilai *throughput* berdasarkan Persamaan 2.51 adalah:

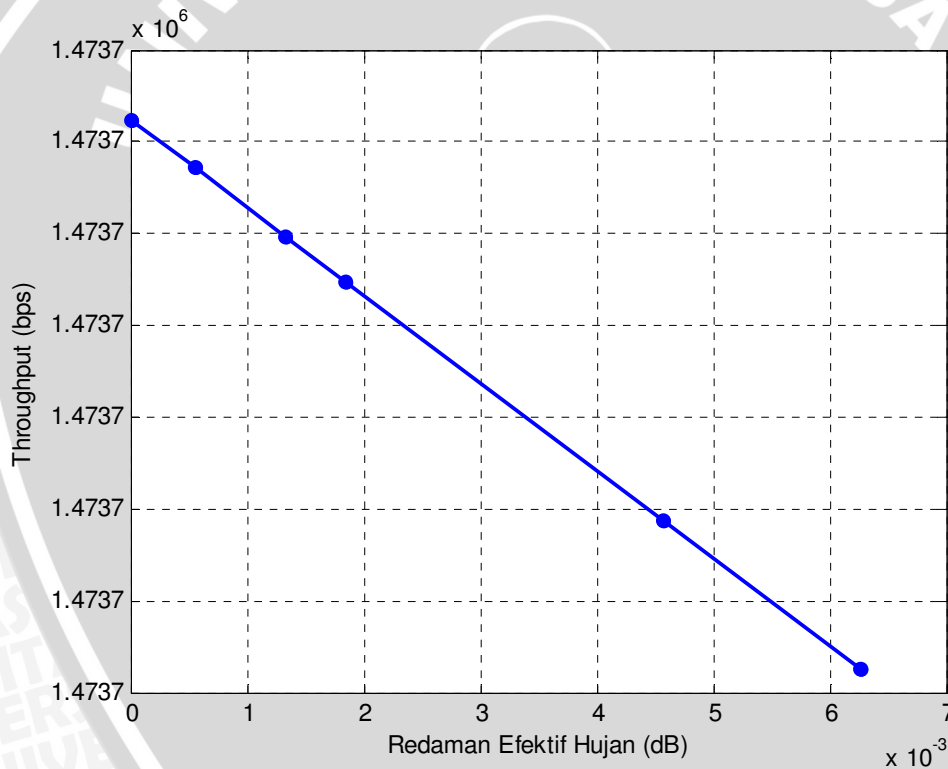
$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{(1 - \rho_{tot})}{t_1 [1 + (\alpha - 1)\rho_{tot}]} \\ &= \frac{(1 - 0,293823537)}{0,00132129 [1 + (2,652320458 - 1)0,293823537]} \\ &= \frac{0,706176463}{0,00132129 (1,485490642)} \\ &= 1.473.686,183 \text{ bps} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, hasil analisis *throughput* pada jaringan CDMA 2000 1x EV-DO Revision A ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Analisis *Throughput*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Throughput</i> (bps)
1.	0	1473686,183
2.	0,000550569	1473683,558
3.	0,001330541	1473679,836
4.	0,001839710	1473677,407
5.	0,004568225	1473664,374
6.	0,006268105	1473656,245

Sumber: Penghitungan



Gambar 4.9 Grafik *Throughput* terhadap Redaman Efektif Hujan

Sumber: Penghitungan

Gambar 4.9 merupakan grafik *throughput* terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka *throughput* semakin kecil. Penurunan *throughput* terjadi secara linear terhadap perubahan redaman efektif hujan. Hal ini disebabkan karena *delay* yang terjadi semakin besar sehingga *throughput* yang didapatkan menjadi semakin kecil.

BAB V

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized*) Revision A yang dilakukan di Kelurahan Ketawang Gede, Kecamatan Lowokwaru, Malang. Pengujian ini menggunakan laptop dengan *Windows XP* sebagai *Operating System*-nya, program *Wireshark*, program *Internet Download Manager 5.12*, modem smart AC2726 UI, data pada server sebesar 10,853 MB (Mega Byte), dan sebuah operator. Pengujian dilakukan antara pukul 14.00 sampai 17.00. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan program *Wireshark*, kemudian *download* data dari server sebesar 10,853 MB (Mega Byte) menggunakan program *Internet Download Manager 5.12*. Parameter yang didapatkan dari pengujian terdiri dari *delay*, *packet loss*, dan *throughput* yang didapat dari program *Wireshark*.

5.1 Hasil Pengujian

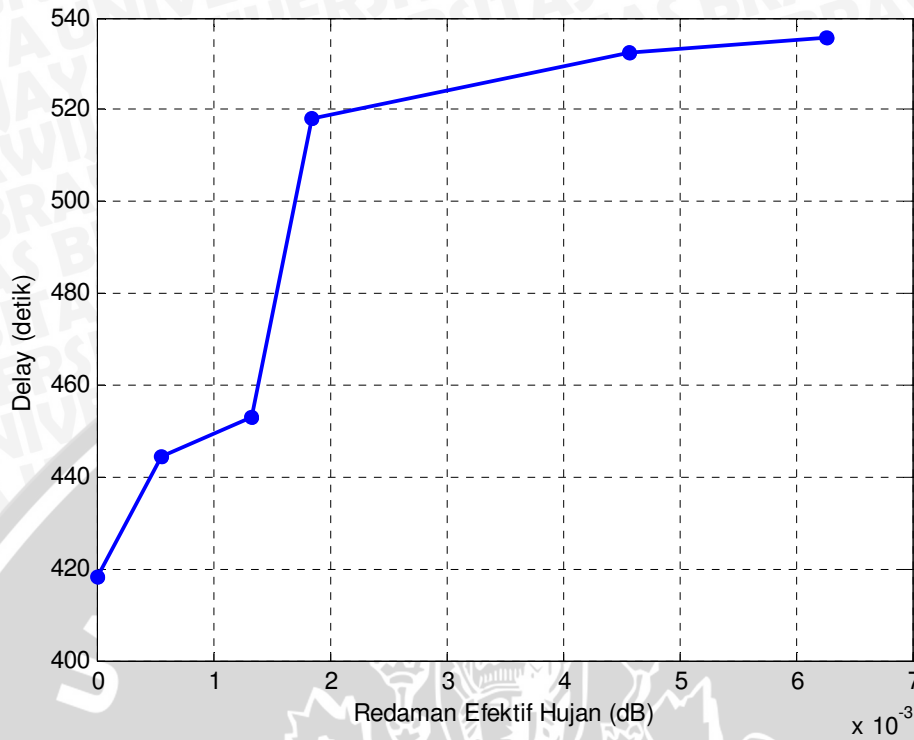
5.1.1 Delay

Delay dari hasil pengujian dapat dilihat pada *Wireshark* yang besarnya ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian untuk *Delay*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Delay</i> (detik)
1.	0	418,303
2.	0,000550569	444,232
3.	0,001330541	452,986
4.	0,001839710	518,078
5.	0,004568225	532,459
6.	0,006268105	535,667

Sumber: Pengujian



Gambar 5.1 Grafik Hasil Pengujian *Delay* terhadap Redaman Efektif Hujan

Sumber: Pengujian

Gambar 5.1 merupakan grafik hasil pengujian *delay* terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka *delay* yang terjadi semakin besar. Kenaikan *delay* terjadi secara linear terhadap perubahan redaman efektif hujan. Hal ini disebabkan indeks bias pada saat keadaan cerah adalah 1 dan kecepatan gelombang elektromagnetik adalah 3×10^8 m/s, sedangkan pada saat hujan indeks bias menjadi lebih besar dari 1 sehingga kecepatan gelombang elektromagnetiknya menjadi lebih kecil dari 3×10^8 m/s. Pada saat keadaan cerah gelombang elektromagnetik merambat langsung dari sumber ke tujuan, sedangkan pada saat keadaan hujan gelombang elektromagnetik yang merambat akan mengalami pemantulan (*reflection*), difraksi (*diffraction*), dan penghamburan (*scattering*) oleh partikel-partikel air hujan sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk sampai ke tujuan.

5.1.2 Packet Loss

Besarnya data pada server adalah 10,853 MB (Mega Byte), sedangkan besarnya data yang diterima hasil dari pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Besar Data yang Diterima

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	Besar Data yang Diterima (MB)
1.	0	10,8
2.	0,000550569	10,8
3.	0,001330541	10,8
4.	0,001839710	10,8
5.	0,004568225	10,8
6.	0,006268105	10,8

Sumber: Pengujian

Besarnya *packet loss* dari hasil pengujian adalah:

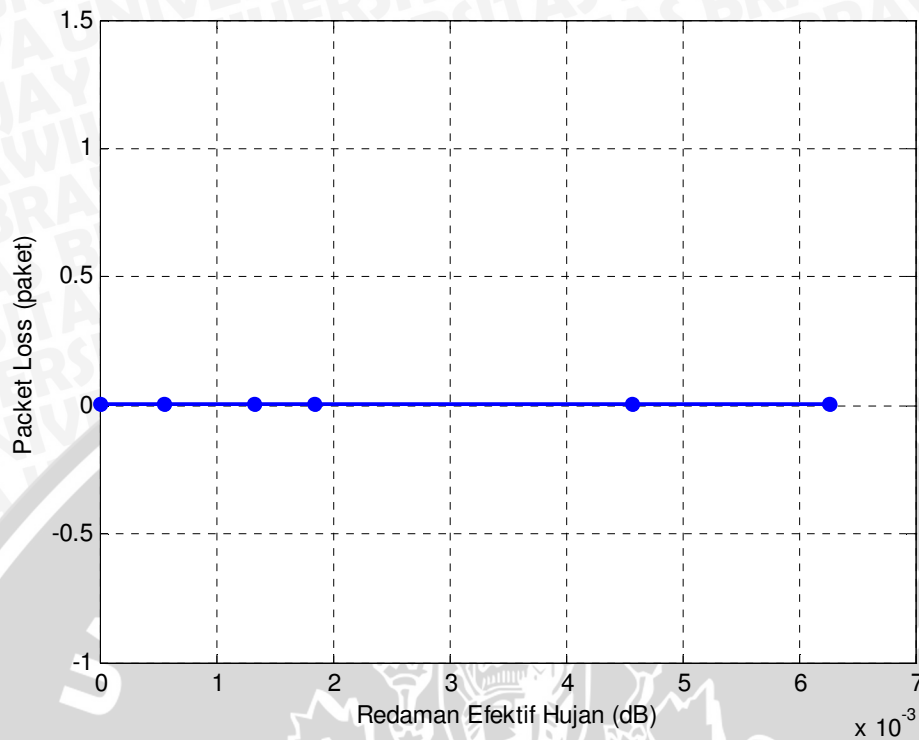
$$\begin{aligned}
 \text{Packet Loss} &= \frac{M_{\text{data dikirm}} - M_{\text{data diterima}}}{M_{\text{data dikirm}}} \\
 &= \frac{10,853 - 10,8}{10,853} \\
 &= \frac{0,053}{10,853} \\
 &= 4,88 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, besarnya *packet loss* dari hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian untuk *Packet Loss*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Packet Loss</i>
1.	0	$4,88 \times 10^{-3}$
2.	0,000550569	$4,88 \times 10^{-3}$
3.	0,001330541	$4,88 \times 10^{-3}$
4.	0,001839710	$4,88 \times 10^{-3}$
5.	0,004568225	$4,88 \times 10^{-3}$
6.	0,006268105	$4,88 \times 10^{-3}$

Sumber: Pengujian



Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian *Packet Loss* terhadap Redaman Efektif Hujan

Sumber: Pengujian

Gambar 5.2 merupakan grafik hasil pengujian *packet loss* terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan, besarnya *packet loss* yang terjadi adalah sama. Jadi besarnya *packet loss* tidak dipengaruhi oleh besarnya redaman efektif hujan. Hal ini disebabkan karena pada pengujian besarnya *packet loss* dilihat pada sisi penerima, dimana besarnya data yang diterima adalah tetap sama yaitu 10,8 MB (Mega Byte), karena pada pengujian *transport layer* menggunakan *Transmission Control Protocol* (TCP) yang mempunyai kendali kesalahan (*flow control*).

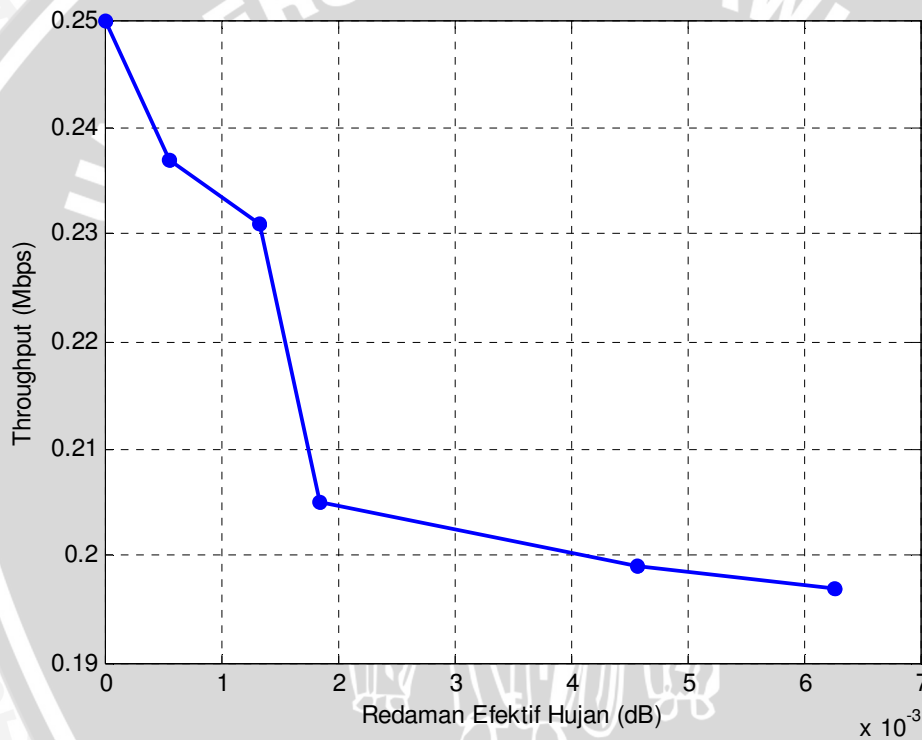
5.1.3 Throughput

Throughput dari hasil pengujian dapat dilihat pada *Wireshark* yang besarnya ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian untuk *Throughput*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Throughput</i> (Mbps)
1.	0	0,250
2.	0,000550569	0,237
3.	0,001330541	0,231
4.	0,001839710	0,205
5.	0,004568225	0,199
6.	0,006268105	0,197

Sumber: Pengujian



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian *Throughput* terhadap Redaman Efektif Hujan

Sumber: Pengujian

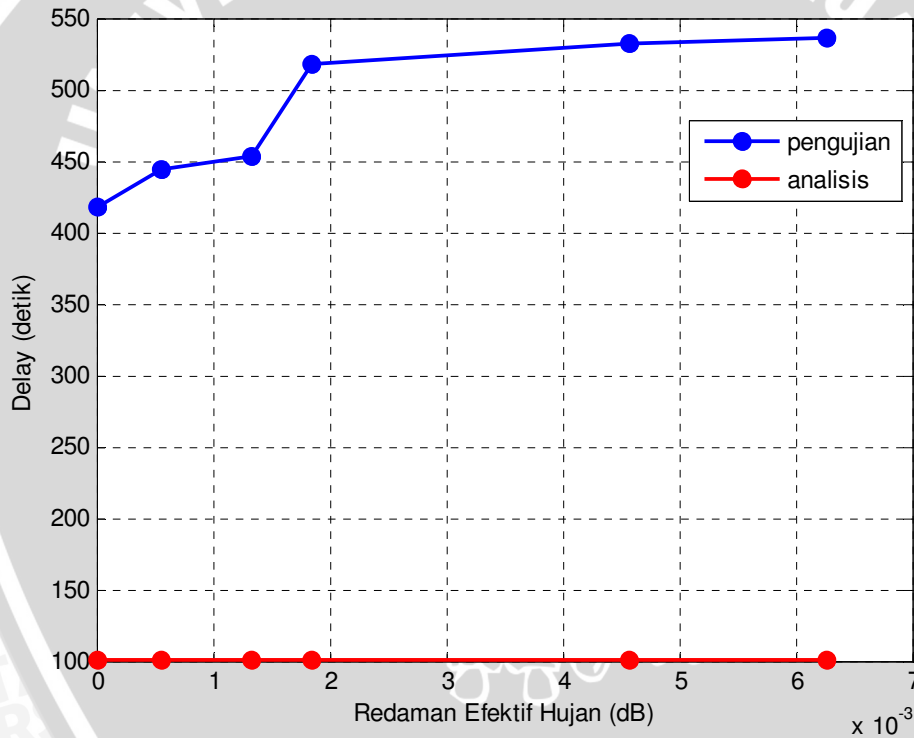
Gambar 5.3 merupakan grafik hasil pengujian *throughput* terhadap redaman efektif hujan dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka besarnya *throughput* semakin kecil. Penurunan *throughput* terjadi secara linear terhadap perubahan redaman efektif hujan. Hal ini disebabkan kenaikan *delay* yang terjadi secara linear terhadap perubahan redaman efektif hujan, dimana *delay* berbanding terbalik dengan *throughput*.

5.2 Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian Delay

Tabel 5.5 Analisis Teori dan Hasil Pengujian Delay

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	Delay (detik)	
		Analisis Teori	Hasil Pengujian
1.	0	101,2691133	418,303
2.	0,000550569	101,2691133	444,232
3.	0,001330541	101,2691133	452,986
4.	0,001839710	101,2691133	518,078
5.	0,004568225	101,2691133	532,459
6.	0,006268105	101,2691133	535,667

Sumber: Analisis dan Pengujian



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian Delay

Sumber: Analisis dan Pengujian

Gambar 5.4 merupakan grafik perbandingan analisis teori dan hasil pengujian delay terhadap redaman efektif hujan dimana berdasarkan analisis yang telah dilakukan semakin besar redaman efektif hujan, besarnya delay yang terjadi adalah sama sehingga delay tidak dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, sedangkan berdasarkan hasil pengujian, semakin besar redaman efektif hujan, maka semakin delay yang terjadi

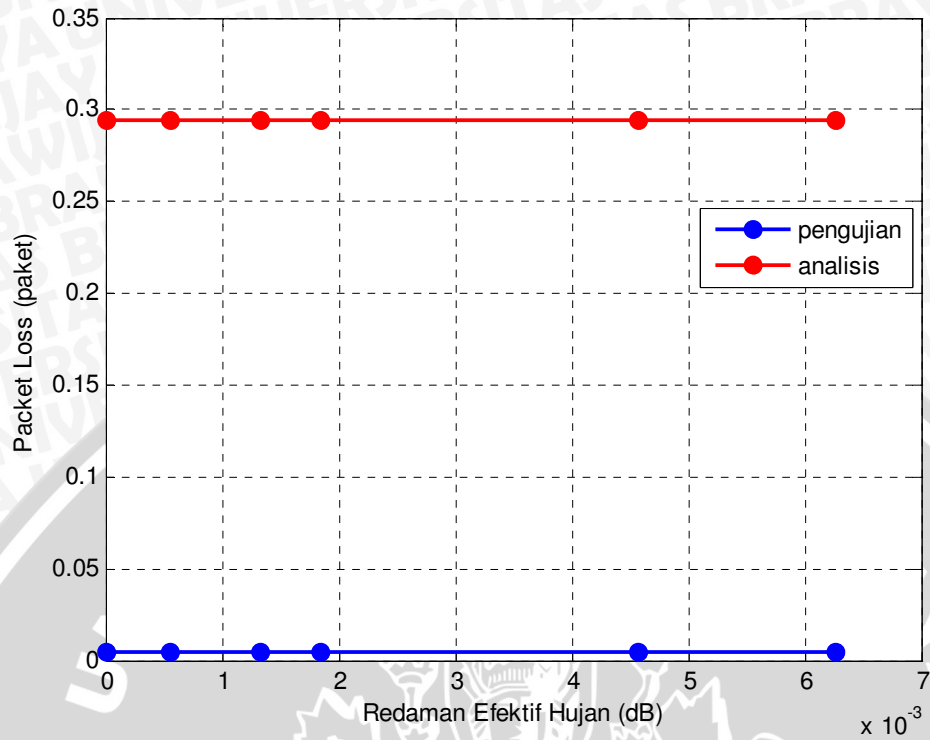
semakin besar. Hal ini disebabkan pada analisis teori kecepatan gelombang elektromagnetik yang digunakan adalah 3×10^8 m/s. Pada pengujian indeks bias pada saat keadaan cerah adalah 1 dan kecepatan gelombang elektromagnetik adalah 3×10^8 m/s, sedangkan pada saat hujan indeks bias menjadi lebih besar dari 1 sehingga kecepatan gelombang elektromagnetiknya menjadi lebih kecil dari 3×10^8 m/s. Pada saat keadaan cerah gelombang elektromagnetik merambat langsung dari sumber ke tujuan, sedangkan pada saat keadaan hujan gelombang elektromagnetik yang merambat akan mengalami pemantulan (*reflection*), difraksi (*diffraction*), dan penghamburan (*scattering*) oleh partikel-partikel air hujan sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk sampai ke tujuan.

5.3 Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian *Packet Loss*

Tabel 5.6 Analisis Teori dan Hasil Pengujian *Packet Loss*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Packet Loss</i>	
		Analisis Teori	Hasil Pengujian
1.	0	0,292659825	0,00488
2.	0,000550569	0,293823850	0,00488
3.	0,001330541	0,293824260	0,00488
4.	0,001839710	0,293824520	0,00488
5.	0,004568225	0,293825864	0,00488
6.	0,006268105	0,293826676	0,00488

Sumber: Analisis dan Pengujian



Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian *Packet Loss*

Sumber: Analisis dan Pengujian

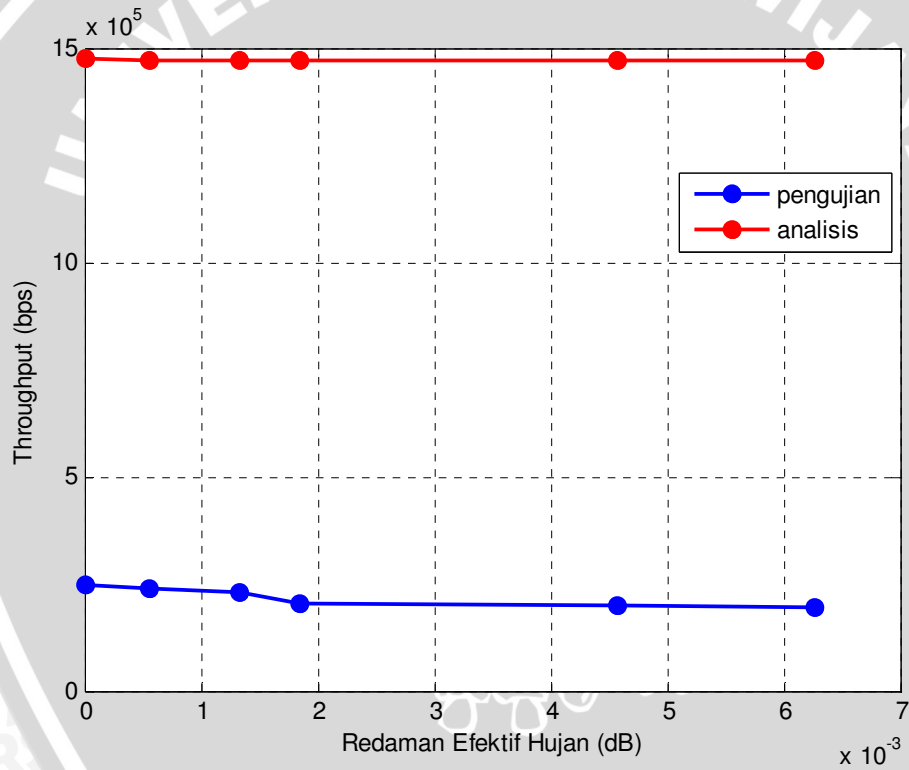
Gambar 5.5 merupakan grafik perbandingan analisis teori dan hasil pengujian *packet loss* terhadap redaman efektif hujan dimana berdasarkan hasil pengujian, semakin besar redaman efektif hujan, besarnya *packet loss* yang terjadi adalah sama sehingga besarnya *packet loss* tidak dipengaruhi oleh besarnya redaman efektif hujan, sedangkan berdasarkan analisis yang telah dilakukan semakin besar redaman efektif hujan, probabilitas *packet loss* yang terjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena pada analisis teori daya yang diterima pada kanal trafik semakin kecil sehingga probabilitas *packet loss* jaringan yang terjadi semakin besar. Sedangkan pada pengujian besarnya *packet loss* dilihat pada sisi penerima, dimana besarnya data yang diterima adalah tetap sama yaitu 10,8 MB (Mega Byte), karena pada pengujian *transport layer* menggunakan *Transmission Control Protocol (TCP)* yang mempunyai kendali kesalahan (*flow control*).

5.4 Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian *Throughput*

Tabel 5.7 Analisis Teori dan Hasil Pengujian *Throughput*

No.	Redaman Efektif Hujan (dB)	<i>Throughput</i> (bps)	
		Analisis Teori	Hasil Pengujian
1.	0	1478027,948	250000
2.	0,000550569	1473685,118	237000
3.	0,001330541	1473683,593	231000
4.	0,001839710	1473682,623	205000
5.	0,004568225	1473677,617	199000
6.	0,006268105	1473674,589	197000

Sumber: Analisis dan Pengujian



Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Analisis Teori dan Hasil Pengujian *Throughput*

Sumber: Analisis dan Pengujian

Gambar 5.6 merupakan grafik perbandingan analisis teori dan hasil pengujian *throughput* terhadap redaman efektif hujan dimana berdasarkan analisis dan hasil pengujian, semakin besar redaman efektif hujan, maka besarnya *throughput* semakin kecil. Penurunan *throughput* terjadi secara linear terhadap perubahan redaman efektif hujan. Hal ini disebabkan *delay* yang terjadi semakin besar sehingga *throughput* yang didapatkan menjadi semakin kecil.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Redaman hujan merupakan faktor yang paling berpengaruh pada pentransmisiian sinyal di atmosfer. Pengaruh yang diakibatkan adalah turunnya level amplitudo. Penurunan level amplitudo terbesar terjadi saat intensitas curah hujan paling tinggi. Ini ditunjukkan saat intensitas curah hujan 0 mm redaman efektif hujannya 0 dB, intensitas curah hujan 2 mm redaman efektif hujannya 0,000550569 dB, intensitas curah hujan 5 mm redaman efektif hujannya 0,001330541 dB, intensitas curah hujan 7 mm redaman efektif hujannya 0,001839710 dB, intensitas curah hujan 18 mm redaman efektif hujannya 0,00458225 dB, dan intensitas curah hujan 25 mm redaman efektif hujannya 0,006268105 dB.
2. Pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO (*Evolution Data Optimized Revision A*) adalah:
 - a. Analisis
 - 1) *Delay* tidak dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, besarnya *delay* yang terjadi adalah sama. Ini ditunjukkan saat redaman efektif hujan 0 dB, 0,00055059 dB, 0,001330541 dB, 0,001839710 dB, 0,004568225 dB, dan 0,006268105 dB *delay*-nya tetap sama yaitu 101,2691133 detik.
 - 2) Probabilitas *packet loss* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka probabilitas *packet loss* yang terjadi juga akan semakin besar. Ini ditunjukkan saat redaman efektif hujan 0 dB probabilitas *packet loss*-nya 0,293823537, redaman efektif hujan 0,00055059 dB probabilitas *packet loss*-nya 0,293824242, redaman efektif hujan 0,001330541 dB probabilitas *packet loss*-nya 0,293825241, redaman efektif hujan 0,001839710 dB probabilitas *packet loss*-nya 0,293825893, redaman efektif hujan 0,004568225 dB probabilitas *packet loss*-nya 0,293829390, dan redaman efektif hujan 0,006268105 dB probabilitas *packet loss*-nya 0,293831572.

- 3) *Throughput* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka *throughput* yang didapatkan akan semakin kecil. Ini ditunjukkan saat redaman efektif hujan 0 dB *throughput*-nya 1473686,183 bps, redaman efektif hujan 0,000550569 dB *throughput*-nya 1473683,558 bps, redaman efektif hujan 0,001330541 dB *throughput*-nya 1473679,836 bps, redaman efektif hujan 0,001839710 dB *throughput*-nya 1473677,407 bps, redaman efektif hujan 0,004568225 dB *throughput*-nya 1473664,374 bps, dan redaman efektif hujan 0,006268105 dB *throughput*-nya 1473656,245 bps.

b. Pengujian

- 1) *Delay* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka semakin besar juga *delay* yang terjadi. Ini ditunjukkan saat redaman efektif hujan 0 dB *delay*-nya 418,303 detik, redaman efektif hujan 0,000550569 dB *delay*-nya 444,232 detik, redaman efektif hujan 0,001330541 dB *delay*-nya 452,986 detik, redaman efektif hujan 0,001839710 dB *delay*-nya 518,078 detik, redaman efektif hujan 0,004568225 dB *delay*-nya 532,459 detik, dan redaman efektif hujan 0,006268105 dB *delay*-nya 535,667 detik.
- 2) *Packet loss* tidak dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, besarnya *packet loss* yang terjadi adalah sama. Ini ditunjukkan saat redaman efektif hujan 0 dB, 0,000550569 dB, 0,001330541 dB, 0,001839710 dB, 0,004568225 dB, dan 0,006268105 dB *packet loss*-nya tetap sama yaitu 0,00488.
- 3) *Throughput* dipengaruhi oleh redaman efektif hujan, dimana semakin besar redaman efektif hujan, maka besarnya *throughput* menjadi semakin kecil. Ini ditunjukkan saat redaman efektif hujan 0 dB *throughput*-nya 250000 bps, redaman efektif hujan 0,000550569 dB *throughput*-nya 237000 bps, redaman efektif hujan 0,001330541 dB *throughput*-nya 231000 bps, redaman efektif hujan 0,001839710 dB *throughput*-nya 205000 bps, redaman efektif hujan 0,004568225 dB *throughput*-nya 199000 bps, dan redaman efektif hujan 0,006268105 dB *throughput*-nya 197000 bps.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian pengaruh redaman hujan terhadap performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* yang telah dilakukan dalam penulisan skripsi ini, antara lain:

1. Pengembangan penelitian selanjutnya untuk aplikasi data *realtime* seperti *video streaming* sehingga dapat diketahui pengaruh redaman hujan dalam aplikasi data *realtime*.
2. Analisis performansi jaringan CDMA 2000 1x EV-DO *Revision A* dengan menggunakan data dari operator.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *EV-DO Rev. A and B: Wireless Broadband for the Masses*. Qualcomm.
- Freeman, Roger L. 1991. *Telecommunication Transmission Handbook Third Edition*.
Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Garg, Vijay K., Smolik, Kenneth. 1997. *Application of CDMA in Wireless/Personal Communication*. New Jersey: Prentice Hall.
- Heywood, Drew. 1999. *Konsep & Penerapan Microsoft TCP/IP*. Alih Bahasa Daniel W. M., Yogyakarta: ANDI.
- Martinez, Tamis., Delgado, Jonathan., Espinal, Ana M., Ocasio, Juan C. *EVDO REV-A*.
- Paulhus, Joseph L.H., Kohler, Max A., Linsley, Ray K. 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- Schwartz, Mischa. 1987. *Telecommunication Networks: Protocols, Modelling and Analysis*. USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Setiawan, Joko. 2005. *Analisis Kinerja Sistem Data Paket Kecepatan Tinggi pada Penerapan Teknologi CDMA 2000 1x EV-DO*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Sosrodarsono, Suyono. 2003. *Hidrologi Untuk Pangairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Stalling, William. 1997. *Data & Computer Communications Fifth Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Usman, Uke Kurniawan. 2010. *Sistem Komunikasi Seluler CDMA 2000-1x*. Bandung: Informatika Bandung.
- Utomo, Norcahyanto Wahyu. 2008. *Penerapan Aplikasi Videophone pada Jaringan CDMA 2000 1x EV-DV*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Hujan> diakses 6 April 2010.
- <http://momonsolomon.blogspot.com/2008/06/data-pengguna-internet-diindonesia.html> diakses 6 April 2010.
- http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/A.S0003_version_1.0.pdf diakses 17 April 2010.
- http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/A.S0007-0_version_2.0.pdf diakses 17 April 2010.

http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.R1002-0_version_1.0.pdf diakses 2

Agustus 2010.

http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/S.R0033_version_1.0.pdf diakses 17 April

2010.

http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S0004-0_version_1.0.pdf diakses 15 Juli

2010.

http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/C.S00024_version_2.0.pdf diakses 23

September 2010.

http://www.cdg.org/resources/white_papers/files/Perf_DO.pdf diakses 17 April 2010.



Lampiran 1. Wireshark 26 Juni 2010

The screenshot shows the 'Wireshark: Summary' window with the following information:

File
 Name: D:\Data\SKRIPSI\Pengujian Lapangan\Wireshark\Wireshark 26 Juni 2010 jam 16.04 cerah.pcap
 Length: 13309217 bytes
 Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
 Packet size limit: 65535 bytes

Time
 First packet: 2010-06-26 16:03:47
 Last packet: 2010-06-26 16:10:45
 Elapsed: 00:06:58

Capture
 Interface: unknown
 Dropped packets: unknown
 Capture filter: unknown

Display
 Display filter: none
 Marked packets: 0

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	418.303 sec	
Packets	13315	
Avg. packets/sec	31.831	
Avg. packet size	983.000 bytes	
Bytes	13096153	
Avg. bytes/sec	31307.834	
Avg. MBit/sec	0.250	

Buttons: Help, Close

Lampiran 2. Wireshark 7 Juni 2010

The screenshot shows the 'Wireshark: Summary' window with the following details:

- File**
 - Name: D:\Data\SKRIPSI\Pengujian Lapangan\Wireshark\Wireshark 7 Juni 2010 jam 15.16 hujan sangat ringan.pcap
 - Length: 13376018 bytes
 - Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
 - Packet size limit: 65535 bytes
- Time**
 - First packet: 2010-06-22 16:20:53
 - Last packet: 2010-06-22 16:28:17
 - Elapsed: 00:07:24
- Capture**
 - Interface: unknown
 - Dropped packets: unknown
 - Capture filter: unknown
- Display**
 - Display filter: none
 - Marked packets: 0

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	444.232 sec	
Packets	13387	
Avg. packets/sec	30.135	
Avg. packet size	983.000 bytes	
Bytes	13161802	
Avg. bytes/sec	29628.239	
Avg. MBit/sec	0.237	

Buttons: Help, Close



Lampiran 3. Wireshark 13 Juli 2010

The screenshot shows the 'Wireshark: Summary' window with the following information:

- File**
 - Name: D:\Data\SKRIPSI\Pengujian Lapangan\Wireshark\Wireshark 13 Juli 2010 jam 16.00 hujan ringan.pcap
 - Length: 13277134 bytes
 - Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
 - Packet size limit: 65535 bytes
- Time**
 - First packet: 2010-06-19 16:10:28
 - Last packet: 2010-06-19 16:18:01
 - Elapsed: 00:07:32
- Capture**
 - Interface: unknown
 - Dropped packets: unknown
 - Capture filter: unknown
- Display**
 - Display filter: none
 - Marked packets: 0

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	452.986 sec	
Packets	13208	
Avg. packets/sec	29.158	
Avg. packet size	989.000 bytes	
Bytes	13065782	
Avg. bytes/sec	28843.649	
Avg. MBit/sec	0.231	

Buttons: Help, Close



Lampiran 4. Wireshark 26 September 2010

The screenshot shows the 'Wireshark: Summary' window with the following sections:

- File**
 - Name: D:\Data\SKRIPSI\Pengujian Lapangan\Wireshark\Wireshark 26 September 2010 jam 15.23 hujan normal.pcap
 - Length: 13477730 bytes
 - Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
 - Packet size limit: 65535 bytes
- Time**
 - First packet: 2010-06-16 16:01:36
 - Last packet: 2010-06-16 16:10:14
 - Elapsed: 00:08:38
- Capture**
 - Interface: unknown
 - Dropped packets: unknown
 - Capture filter: unknown
- Display**
 - Display filter: none
 - Marked packets: 0

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	518.078 sec	
Packets	13475	
Avg. packets/sec	26.010	
Avg. packet size	984.000 bytes	
Bytes	13262106	
Avg. bytes/sec	25598.686	
Avg. MBit/sec	0.205	

Buttons: Help, Close



Lampiran 5. Wireshark 31 Agustus 2010

The screenshot shows the 'Wireshark: Summary' window with the following details:

- File**
 - Name: D:\Data\SKRIPSI\Pengujian Lapangan\Wireshark\Wireshark 31 Agustus 2010 jam 16.36 hujan lebat.pcap
 - Length: 13490157 bytes
 - Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
 - Packet size limit: 65535 bytes
- Time**
 - First packet: 2010-06-22 16:06:11
 - Last packet: 2010-06-22 16:15:03
 - Elapsed: 00:08:52
- Capture**
 - Interface: unknown
 - Dropped packets: unknown
 - Capture filter: unknown
- Display**
 - Display filter: none
 - Marked packets: 0

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	532.459 sec	
Packets	13651	
Avg. packets/sec	25.638	
Avg. packet size	972.000 bytes	
Bytes	13271717	
Avg. bytes/sec	24925.327	
Avg. MBit/sec	0.199	

Buttons: Help, Close



Lampiran 6. Wireshark 27 September 2010

The image shows a screenshot of the Wireshark Summary window. The window title is "Wireshark: Summary". It is divided into several sections: File, Time, Capture, and Display. Below these sections is a table of traffic statistics. At the bottom, there are "Help" and "Close" buttons.

File

- Name: D:\Data\SKRIPSI\Pengujian Lapangan\Wireshark\Wireshark 27 September 2010 jam 14.19 hujan sangat lebat.pcap
- Length: 13431323 bytes
- Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
- Packet size limit: 65535 bytes

Time

- First packet: 2010-06-19 15:24:41
- Last packet: 2010-06-19 15:33:37
- Elapsed: 00:08:55

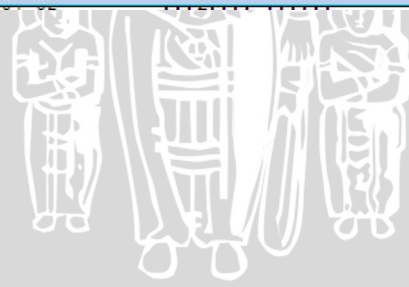
Capture

- Interface: unknown
- Dropped packets: unknown
- Capture filter: unknown

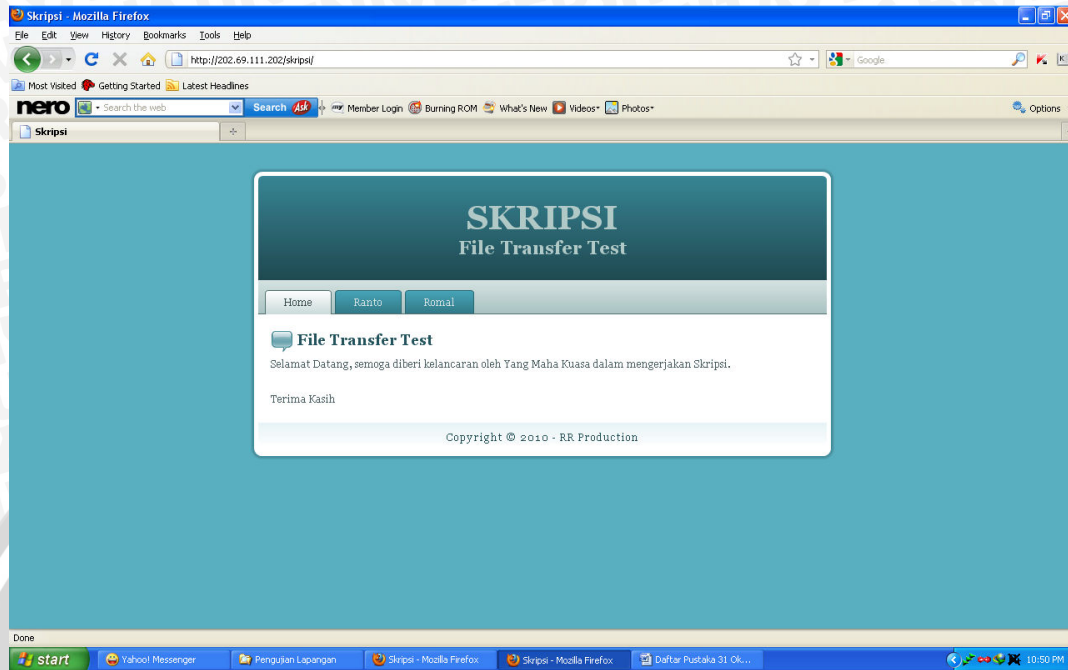
Display

- Display filter: none
- Marked packets: 0

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	535.667 sec	
Packets	13368	
Avg. packets/sec	24.956	
Avg. packet size	988.000 bytes	
Bytes	13217411	
Avg. bytes/sec	24674.656	
Avg. MBit/sec	0.197	



Lampiran 7. Web Server



Lampiran 8. Data Klimatologi Juni 2010

DATA KLIMATOLOGI
STASIUN : 52^C

Lintang : 7° 57' LS
Bujur : 112° 37' BT
Tinggi : 505 M. dpl.

FAK. PERTANIAN UNIBRAW
Jl. Veteran - Sumbersari
Bulan : Juni 2010
Malang - 65145

TANGGAL	CURAH HUJAN TOTAL mm	LAMA PENYINARAN	
		8 Jam %	12 Jam %
1		70	51
2		79	54
3		76	53
4		79	58
5		78	58
6	4	79	59
7	2	76	57
8		73	55
9		70	53
10		66	44
11		78	58
12		79	58
13		76	57
14		80	60
15	3	46	36
16		76	58
17		78	58
18		81	59
19		80	58
20		83	63
21		83	63
22		85	64
23		84	63
24		90	64
25		85	62
26		76	58
27		85	63
28		84	63
29		81	63
30		83	63
JUMLAH	9	2336	17834
RATA ²	0,3	77,9	57,8

Lampiran 9. Data Klimatologi Juli 2010

DATA KLIMATOLOGI
STASIUN : 52^C

Lintang : 7° 57' LS
Bujur : 112° 37' BT
Tinggi : 505 M. dpl.

FAK. PERTANIAN UNIBRAW
Jl. Veteran - Sumpersari
Bulan : Juli 2010
Malang - 65145

TANGGAL	CURAH HUJAN TOTAL mm	LAMA PENYINARAN	
		8 Jam %	12 Jam %
1	4	68	53
2	6	71	54
3		76	57
4		75	56
5		78	58
6		73	55
7		79	55
8		76	57
9		80	60
10		75	54
11		68	48
12	4	60	43
13	5	64	47
14		70	50
15		73	53
16		70	51
17		64	48
18		70	53
19		69	53
20		71	53
21		70	52
22		73	53
23		79	58
24		78	56
25		70	51
26		44	29
27		78	58
28	3	45	30
29		60	40
30	6	83	55
31		69	53
JUMLAH	28	2174	1591
RATA ²	0,9	70,1	51,3

Lampiran 10. Data Klimatologi Agustus 2010**DATA KLIMATOLOGI**
STASIUN : 52^C

Lintang : 7° 57' LS
 Bujur : 112° 37' BT
 Tinggi : 505 M. dpl.

FAK. PERTANIAN UNIBRAW
 Jl. Veteran - Sumpster
 Bulan : Agustus 2010 Malang - 65145

TANGGAL	CURAH HUJAN TOTAL mm	LAMA PENYINARAN	
		8 Jam %	12 Jam %
1		73	56
2		83	60
3		84	62
4		85	63
5		89	68
6		83	60
7		85	62
8		84	62
9		85	63
10		89	63
11		86	64
12		78	65
13		88	64
14	4	85	63
15		84	62
16	3	85	64
17		83	60
18		88	63
19		89	65
20	2	81	60
21	6	86	62
22		83	61
23	4	85	63
24	3	45	30
25	3	53	38
26	2	70	51
27	3	56	40
28		76	57
29		81	61
30		80	60
31	18	76	55
JUMLAH	30	2474	1826
RATA ²	1.0	79.8	58.9

Lampiran 11. Data Klimatologi September 2010

DATA KLIMATOLOGI
STASIUN : 52^C

Lintang : 7° 57' LS
Bujur : 112° 37' BT
Tinggi : 505 M. dpl.

FAK. PERTANIAN UNIBRAW
Jl. Veteran - Sumpersari
Bulan : September 2010 Malang - 65145

TANGGAL	CURAH HUJAN TOTAL mm	LAMA PENYINARAN	
		8 Jam %	12 Jam %
1		80	53
2	44	75	50
3		80	58
4		85	61
5		80	58
6		70	55
7		16	11
8		31	21
9		73	48
10			
11			
12			
13			
14		84	68
15		83	66
16		80	63
17	36	54	40
18	2	64	43
19	4	25	17
20		38	25
21		35	23
22		68	52
23		78	59
24		64	50
25		68	53
26	7	51	43
27	25	70	47
28		66	53
29		58	45
30	3	54	40
JUMLAH	121	1626	1202
RATA ²	4.0	54.2	40.1

Lampiran 12. Spesifikasi dan Gambar Modem Smart AC2726

- USB modem (USB 2.0 compatible with USB 1.0/1.1)
- CDMA 2000 1X EVDO Rev. A 1900 Mhz
- Speed : CDMA 1X EV-DO RevA (download max 3.1 Mbps & upload speed max 1.8 Mbps) and CDMA 1X 2000 (download & upload max 153.6 Kbps)
- Support R-UIM
- Internal Memory microSD slot
- Voice and SMS through computer
- CDMA 1X Frequency RTT 800MHz (Single Band Mode)
- CDMA 1X EVDO Frequency RTT 1900MHz (Dual Band Mode)
- Miniature Internat Antenna (Support External Antenna)
- MicroSD Card Reader Slot (Support MicroSD-HC Up 4GB)
- Support OS : Windows XP/2000/Vista and Mac OS X (10.4.10 or Above)
- Dimension (WHD) : (92.5 x 26 x 10.1) mm
- Weight : 233 gram (package), 23 gram (modem only)
- Others : Modem+Kartu Smart Telecom ini bisa digunakan untuk SMS & TELEPON
- SIM Compatibility : Smart
- Manufacturer website : <http://www.smart-telecom.co.id/>

