



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PERBANDINGAN KUALITAS VOIP  
MENGUNAKAN CODEC G.711 DAN GSM DENGAN  
MENGUNAKAN METODE FAST HANDOVER PADA  
MOBILE IPV6 (FMIPv6)**

**SKRIPSI**

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

**FIKRI AHMAD SETIAWAN**

**0806365766**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK**

**Desember 2010**

## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang di kutip maupun yang di rujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : FIKRI AHMAD SETIAWAN**

**NPM : 0806365766**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 17 Desember 2010**

## **PENGESAHAN**

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Fikri Ahmad Setiawan  
NPM : 0806365766  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Kualitas VoIP Menggunakan codec G.711 dan GSM Dengan Menggunakan Metode Fast Handover Pada Mobile IPV6 (FMIPV6).

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

## **DEWAN PENGUJI**

Pembimbing : Ir. Endang Sriningsih MT., Si ( )  
Penguji : Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna M.Eng ( )  
Penguji : Muhammad Salman ST., MIT ( )  
Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 10 Januari 2011

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimah kasih kepada :

- 1) Ir. Endang Sriningsih MT., Si, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- 2) Kedua orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan material dan moral.
- 3) Dosen-dosen Universitas Indonesia yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat bagi saya.
- 4) Teman-teman yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 17 Desember 2010

Penulis

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

---

---

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

Nama : Fikri Ahmad Setiawan  
NPM : 0806365766  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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

ANALISA PERBANDINGAN KUALITAS VOIP MENGGUNAKAN CODEC  
G.711 DAN GSM DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAST  
HANDOVER PADA MOBILE IPV6 (FMIPV6)

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 17 Desember 2010

Yang menyatakan

( Fikri Ahmad Setiawan)

## ABSTRAK

Nama : Fikri Ahmad Setiawan  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisa Perbandingan Kualitas VoIP Menggunakan *codec* G.711 dan GSM Dengan Menggunakan Metode *Fast Handover* Pada *Mobile IPV6* (FMIPV6).

Teknologi Mobile IP, yang mampu untuk melayani user dengan mobile device-nya untuk berpindah dan berkomunikasi antar jaringan yang berbeda dengan tetap memelihara kelangsungan hubungan komunikasi. Disertai dengan protokol tambahan untuk *mobile ipv6* seperti *fast handover for mobile ipv6* (fmipv6) diharapkan dapat menunjang Layanan yang bersifat realtime, seperti *voice over internet protocol* (voip) dengan performa terbaik. Pada skripsi akan dibahas performansi voip pada jaringan *mobile ip* versi 6 yang sudah dilengkapi dengan protocol *fast handover for mobile ipv6* (fmipv6) dengan variasi penggunaan *codec* voice nya yaitu *codec* G.711 dan *codec* GSM. Untuk melakukan analisa dibangun sistem berupa implementasi sederhana namun dikondisikan secara real.

Parameter yang dapat diamati berupa *quality of sevice* (QoS) dari voip yang meliputi *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dari kedua *codec* yang berbeda yaitu GSM dan G.711.

Hasil dari skripsi ini dapat dilihat rata-rata nilai MOS yang didapatkan berada di sekitar nilai 3.94. Jika dirujukan dengan referensi pada tabel rekomendasi ITU-T P.800 untuk nilai kualitas berdasarkan MOS, maka dapat ditarik suatu pernyataan bahwa implementasi voip menggunakan *codec* G.711 dan GSM dengan menggunakan metode *fast handover* pada *mobile ipv6* (fmipv6) menghasilkan kinerja yang cukup baik. Nilai parameter terbaik adalah saat menggunakan *codec* G.711-Alaw, dimana nilai *delay* berkisar 21.209 ms dan *delay handover* berkisar 26.738 ms. Nilai ini jika dibandingkan dengan *codec* lainnya saat implementasi sistem, maka bernilai 1/3 lebih kecil dari *codec* GSM dan 1/2 lebih kecil dari *codec* G.711-Ulaw.

Kata kunci : MIPv6, FMIPv6, Codec, QoS, VoIP.

## ABSTRACT

Name : Fikri Ahmad Setiawan

Study Program : Teknik Elektro

Title : Comparative Analysis of VoIP Quality Using G.711 and GSM codecs by Using The Method of Fast Handover in Mobile IPv6 (FMIPV6).

Mobile IP technology, which is able to serve users with its mobile devices to move and communicate between different networks while still maintaining the continuity of communication. Accompanied by an additional protocol to Mobile IPv6, such as fast handover for mobile ipv6 (fmipv6) is expected to support the services that are realtime, such as voice over internet protocol (voip) with the best performance. At the skripsi discussed the performance of voip on mobile ip version 6 network is already equipped with the fast handover protocol for mobile ipv6 (fmipv6) with its variety of voice codecs, codec G.711 and codec GSM. To perform the analysis we built from implementation system which is simple but it is conditioned on a real.

Parameters observed in the form of quality of service (QoS) of voip that includes delay, jitter, throughput, and packet loss from the two different codecs ie GSM and G.711.

The results of this paper can be viewed an average MOS score obtained in the vicinity of the value of 3.94. If refers to the reference in table recommendation ITU-T P.800 for MOS value based on quality, then it can be a statement that the implementation of voip using G.711 and GSM codecs by using the method of fast handover in mobile ipv6 (fmipv6) produce a good performance. Best parameter values when using the codec G.711-Alaw, where values ranged 21 209 ms delay and delay ranges 26 738 ms while handover. This value when compared with other codecs it while implementing the system, it is worth 1 / 3 smaller than the GSM codec and half smaller than the G.711-ulaw codec.

Key Words : MIPv6, FMIPv6, Codec, QoS, VoIP.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>ABSTRAK..</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penulisan .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Metode Penelitian .....	2
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	4
2.1. Internet Protokol Versi 6 (IPv6) .....	4
2.1.1. <i>Overview</i> IPv6 .....	4
2.1.2. Pengalamatan Pada IPv6 .....	4
2.1.3. Format Pengalamatan Pada IPv6 .....	5
2.1.4. Komparasi <i>Header</i> IPv4 dan IPv6 .....	6
2.1.5. Fitur-Fitur IPv6 yang Mendukung <i>Mobility</i> .....	7
2.2. IEEE 802.11 .....	10
2.2.1. <i>Overview IEEE 802.11</i> .....	10
2.2.2. Arsitektur Jaringan <i>WLAN</i> .....	11
2.2.3. Standar <i>Wireless Fidelity (Wi-Fi)</i> .....	12



2.3.	<i>Mobile IPv6 (MIPv6)</i> .....	12
2.4.	<i>Fast Handover for Mobile IPv6 (FMIPv6)</i> .....	14
2.4.1.	Proses Perpindahan FMIPv6.....	16
2.4.2.	<i>Handover</i> pada FMIPv6.....	17
2.5.	<i>Voice Over Internet Protocol (VoIP)</i> .....	18
2.5.1.	<i>Overview VoIP</i> .....	18
2.5.2.	<i>Real Time Transport Protocol (RTP)</i> .....	19
2.5.3.	<i>CODEC</i> .....	20
<b>BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI</b> .....		22
3.1.	Perancangan Arsitektur Sistem FMIPv6.....	22
3.2.	Implementasi dan Skenario Sistem FMIPv6.....	22
3.2.1.	Skenario Sistem FMIPv6.....	23
3.2.2.	Implementasi Home Agent.....	24
3.2.3.	Implementasi PAR dan NAR.....	25
3.2.4.	Implementasi Mobile Node.....	26
3.2.5.	Implementasi Correspondent Node.....	27
<b>BAB IV ANALISA IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN</b> .....		28
4.1.	Pengujian Sitem FMIPv6.....	29
4.2.	Pengukuran dan Analisis Performansi <i>Voice Call</i> .....	31
4.2.1.	Pengukuran <i>Delay</i> .....	31
4.2.1.1	Analisa Pengukuran <i>Delay</i> FMIPv6 .....	32
4.2.2.	Pengukuran <i>Jitter</i> .....	33
4.2.2.1	Analisa Pengukuran <i>Jitter</i> FMIPv6.....	34
4.2.3.	Pengukuran <i>Throughput</i> .....	36
4.2.3.1	Analisa Pengukuran <i>Throughput</i> FMIPv6 .....	37
4.2.4.	Pengukuran <i>Packet Loss</i> .....	38
4.2.4.1	Analisa Pengukuran <i>Packet Loss</i> FMIPv6.....	39
4.3.	Estimasi Parameter Hasil Pengukuran ke MOS.....	40
4.3.1.	Estimasi MOS Berdasarkan Pengujian Jaringan .....	40
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....		45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Format Header IPv6 .....	7
Gambar 2.2 Format Header IPv4 .....	7
Gambar 2.3 Infrastucture Mode 802.11 WLAN .....	12
Gambar 2.4 Ad-hoc Mode 802.11 WLAN.....	12
Gambar 2.5 Standar Wi-Fi yang telah ditetapkan oleh IEEE .....	13
Gambar 2.6 Triangle Routing and Routing Optimization.....	14
Gambar 2.7 Arsitektur FMIPv6 .....	17
Gambar 2.8 Prosedur Handover FMIPv6.....	18
Gambar 2.9 Prosedur Predictive Handover.....	18
Gambar 2.10 Prosedur Reactive Handover.....	19
Gambar 2.11 Prosedur Dalam Melakukan Panggilan SIP .....	20
Gambar 2.12 Format Paket VoIP IPv4 .....	20
Gambar 3.1 Rancangan Implementasi Sistem FMIPv6 .....	23
Gambar 4.1 Pengujian Sistem FMIPv6 yang Diimplementasikan.....	30
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran <i>Delay</i> FMIPv6 .....	32
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran <i>Jitter</i> FMIPv6 .....	34
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran <i>Throughput</i> FMIPv6.....	37
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengukuran <i>Packet Loss</i> FMIPv6 .....	39
Gambar 4.6 Hubungan Nilai R dengan Nilai MOS .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan <i>Header</i> IPv4 dan IPv6.....	7
Tabel 4.1 Rekomendasi ITU-T G.114 untuk <i>Delay</i> .....	29
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran <i>Delay</i> FMIPv6 .....	31
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran <i>Jitter</i> FMIPv6 .....	33
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran <i>Throughput</i> FMIPv6.....	36
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran <i>Packet Loss</i> FMIPv6.....	38
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan nilai $I_d$ .....	41
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan nilai $I_{ef}$ .....	42
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan R Faktor.....	42
Tabel 4.9 Konversi Nilai R Faktor ke Dalam Nilai MOS.....	43

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 4.1 Perhitungan R Faktor .....	40
Persamaan 4.2 Perhitungan Nilai $I_d$ .....	40
Persamaan 4.3 Perhitungan Nilai $I_{ef}$ .....	41
Persamaan 4.4 Konversi R Faktor ke dalam MOS .....	42

## DAFTAR SINGKATAN

- AP : Access Point
- AR : Access Router
- BAck : Binding Acknowledge
- BSS : Basic Service Set
- BU : Binding Update
- CN : Correspondent Node
- CoA : Care-of-Address
- Codec : Compression/Decompression
- CPU : Control Processing Unit
- DAD : Duplicate Address Detection
- DHCPv6 : Dynamic Host Configuration Protocol version 6
- DNSv6 : Domain Name Server version 6
- ESS : Extended Service Set
- FBACk : Fast Binding Acknowledge
- FBU : Fast Binding Update
- FMIPv6 : Fast Handover for Mobile IPv6
- FNA : Fast Neighbour Advertisement
- FN : Foreign Network
- HA : Home Agent
- HAcK : Handover Acknowledge
- HI : Handover Initiate
- HN : Home Network
- HoA : Home Address
- IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers
- IETF : Internet Engineering Task Force
- IP : Internet Protocol
- IPv4 : Internet Protocol version 4
- IPv6 : Internet Protocol version 6
- ITU : International Telecommunication Union
- L2 : Layer 2
- L3 : Layer 3
- MAC : Medium Access Control
- MIPv4 : Mobile IPv4
- MIPv6 : Mobile IPv6
- MMUSIC : Multiparty Multimedia Session Control
- MN : Mobile Node
- MOS : Mean Opinion Score
- MTU : Maximum Transfer Unit
- NA : Neighbour Advertisement
- NAR : New Access Router
- NcoA : New Care-of-Address
- ND : Neighbour Discovery
- NS : Neighbour Solicitation
- NUD : Neighbor Unreachability Detection
- PAR : Previous Access Router

- PCM : Pulse Code Modulation
- PcoA : Previous Care-of-Address
- PDA : Personal Digital Assistants
- PrRtAdv : Proxy Router Advertisement
- QoS : Quality of Service
- RA : Router Advertisement
- RAM : Random Access Memory
- RFC : Request For Comment
- RS : Router Solicitation
- RTP : Real Time Transport Protocol
- RtSolPr : Router Solicitation for Proxy Advertisement
- TCP : Transport Control Protocol
- ToS : Type of Service
- TTL : Time To Live
- SIP : Session Initiation Protocol
- SSID : Service Set Identifier
- UDP : User Datagram Protocol
- VoIP : Voice over Internet Protocol
- WLAN : Wireless Local Area Network

## DAFTAR ISTILAH

- *Bandwidth* : Kapasitas kanal data yang merupakan ukuran laju transmisi, biasanya diukur dalam satuan *bits per second* (bps)
- *Binding* : Pengiriman pesan keberadaan MN dengan memantau COA selama masih terjadi asosiasi.
- *Care of Address (CoA)* : Unicast routable address digunakan MN sewaktu di Foreign Network
- *Correspondent Node (CN)* : Lawan komunikasi dari MN secara interdomain
- *Delay* : Waktu tunda paket yang disebabkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik yang menjadi tujuan transmisi, biasanya dalam satuan *second*
- *Fast Binding Update (FBU)* : Message dari MN instruksi ke PAR untuk redirect trafik ke NAR
- *Handover* : Proses perpindahan MN antar jaringan yang berbeda.
- *Home Agent (HA)* : Router yang mengatur hubungan dengan home link berguna memantau COA dari MN.
- *Jitter* : Variabilitas kedatangan paket atau variasi dari *delay* diantara satu kedatangan paket dengan kedatangan paket yang lain, diukur dalam satuan *second*
- *Mobile Node (MN)* : Node yang dapat berganti point of attachment berganti subnet tanpa terputus dengan Home

Agent (HA).

- *Mean Opinion Score (MOS)* : Pengukuran secara subjektif melibatkan manusia yang mendengarkan suara langsung atau rekaman suara dan memberi rating kepadanya. Seperti dideskripsikan pada rekomendasi ITU-T P.800.
- *Packet Loss* : Jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan dengan jumlah keseluruhan paket yang dikirimkan dalam satu kali pengamatan simulasi, diukur dalam satuan paket atau %
- *Proxy Router Advertisement(PrRtAdv)* : Pesan dari oFA ke MN menyatakan neighbour link
- *QoS* : *Quality of Service*, melakukan pengaturan antrian traffic berdasarkan jenis layanan jasa sehingga menjamin integritas dan keutuhan data
- *Registration* : Proses sampai MN dapat mengirim Binding Update ke HA atau CN.
- *Router* : Perangkat jaringan yang bekerja pada layer network sehingga memiliki kemampuan melewatkan paket IP dari satu jaringan ke jaringan yang berbeda
- *Router Solicitation for Proxy Advertisement (RtSolAdv)* : Pesan dari MN ke oFA request informasi potensial handover



- *Throughput* : Jumlah bit-bit atau paket-paket yang dapat diproses setiap detik yang dipengaruhi oleh spesifikasi *hardware* sistem serta kondisi dan karakteristik saluran yang diamati, atau dapat dikatakan *bandwidth* aktual dari suatu sistem

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.....	48
LOG HA .....	48
LOG <i>Server</i> VOIP .....	49
LOG PAR .....	52
LOG NAR.....	54
LOG MN.....	55
Lampiran B. 57	
LOG saat <i>Handover</i> MN dari PAR ke NAR .....	57
Lampiran C. 59	
Data Hasil Pengukuran.....	59

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Di era peralihan alamat Internet Protokol (IP), dimana pengguna alamat IP versi 4 sudah hampir mencapai batas maksimum pengalamatan yaitu  $2^{32}$ , sehingga nanti nya akan beralih menggunakan alamat IP versi 6 yang mampu menyediakan jumlah address sebesar  $2^{128}$ . Disamping itu kebutuhan akan komunikasi yang bergerak (*mobile*) juga melatarbelakangi berkembangnya teknologi *mobile* IP, yang mampu melayani user dengan *mobile device*-nya untuk berpindah dan berkomunikasi antar jaringan yang berbeda dengan tetap memelihara kelangsungan hubungan komunikasi.

Hal ini telah didukung oleh protokol Mobile IPv6 (MIPv6) sehingga saat berpindah dari satu jaringan ke jaringan lainnya yang berbeda, Mobile Node (MN) masih dapat berkomunikasi. Kehadiran teknologi Mobile IPv6 (MIPv6) telah semakin diperbaharui dengan penyempurnaan pada protokol *handover* nya yaitu dengan hadirnya protokol *Fast Handover for Mobile IPv6 (FMIPv6)* yang diharapkan mampu mendukung layanan multimedia yang bersifat realtime seperti VoIP.

Dengan adanya VoIP hubungan komunikasi telepon dapat dilewatkan melalui jaringan IP, sehingga biayanya akan lebih murah. Dalam teknologi VoIP peran CODEC (Encoding-Decoding) sangat lah penting karena untuk dapat melewatkan sinyal suara ke dalam jaringan IP membutuhkan proses Encoding dan Decoding yang baik. Dimana inti dari proses Encoding dan Decoding ini yaitu mengubah sinyal suara analog kedalam sinyal digital sehingga nanti nya dapat dilewatkan melalui jaringan IP. Setelah menentukan jenis CODEC yang dipakai, beberapa parameter standar kualitas dan kelayakan dari layanan (*QoS*)<sup>[8]</sup> VoIP ini harus diperhatikan yaitu *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dari VoIP itu sendiri dalam kondisi sebelum, selama, dan sesudah *handover*.

Setelah didapatkan data-data dari hasil pengukuran dan perhitungan implementasi yang dilakukan, akan dilakukan analisa yang lebih mendalam sehingga dapat diperoleh referensi terbaik penggunaan CODEC yang tepat untuk mengoptimalkan kinerja (*QoS*) *VoIP* dalam jaringan *FMIPv6*.

### **1.2. Tujuan Penulisan**

Implementasi pengujian kualitas layanan dari *VoIP* dengan variasi codec yang digunakan yaitu GSM dan G.711 di jaringan *FMIPv6* dengan parameter-parameter *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* berbasiskan *WLAN*.

### **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Aplikasi *FMIPv6* pada komunikasi *WLAN*
- b. Codec *VoIP* yang digunakan hanya GSM dan G.711
- c. Parameter kualitas *VoIP* yaitu berupa *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*.
- d. Kecepatan user yang bergerak diasumsikan seperti orang yang berjalan.

### **1.4. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

#### **a. Tahap Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan pencarian dan pengumpulan literatur-literatur berupa artikel, tutorial, jurnal, buku referensi, dan sumber lain yang berhubungan tentang konsep - konsep *Networking*, *Wireless*, *IPv6*, *Mobile IP*, *MIPv6*, *FMIPv6*, *codec* dan *VoIP*.

#### **b. Tahap Implementasi**

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan dan realisasi sistem *FMIPv6* yang meliputi:

- 1) Desain Jaringan *FMIPv6*.
- 2) Konfigurasi komponen-komponen *FMIPv6* yang terdiri dari:
  - a. *Home Agent* (HA)

- b. *Previous Access Router* (PAR) dan *New Access Router* (NAR)
  - c. *Mobile Node* (MN)
  - d. *Correspondent Node* (CN)
  - e. Server *VoIP* yang berbasis *IPv6*
- 3) Perancangan pengujian sistem *FMIPv6* secara keseluruhan pada jaringan *WLAN* dengan aplikasi yang berjalan berupa *VoIP* dengan variasi penggunaan codec voice nya yaitu GSM dan G.711.

#### c. Tahap Analisa

Dari implementasi yang dilakukan, nantinya akan dilakukan analisa untuk mengetahui performansi dari sistem *FMIPv6*. Analisa ini meliputi :

- 1) Bagaimana proses dan cara kerja dari sistem *FMIPv6*.
- 2) Membandingkan Kualitas codec yang meliputi GSM dan G.711 pada *VoIP* pada jaringan *FMIPv6* di *WLAN* dengan parameter *inter arrival packet delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* pada kondisi sebelum, selama, dan sesudah *handover*.

### 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab yang meliputi:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, maksud dan tujuan, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini akan memberikan gambaran tentang teori dan konsep *IPv6*, *WLAN*, *MIPv6*, *FMIPv6*, *handover*, *codec* dan *VoIP*

### **.BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN**

Bab ini akan menjelaskan tentang proses implementasi sistem *FMIPv6* pada jaringan *WLAN* dengan aplikasi *VoIP* yang berjalan dan bagaimana mekanisme komunikasinya serta pengambilan data.

### **BAB IV ANALISA IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN**

Bab ini akan dilakukan analisa data-data yang telah diperoleh dari hasil implementasi berupa *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dari *VoIP*. Ri Tiap Codec yang digunakan yaitu GSM dan G.711. lalu kualitas VOIP secara keseluruhan melalui analisa R Faktor dan *Mean Opinion Score* (MOS).

### **BAB V Kesimpulan**

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan skripsi ini khususnya rekomendasi penggunaan codec yang dipakai antara GSM dan G.711.

## **BAB II DASAR TEORI**

### **2.1. Internet Protokol Version 6 (IPv6)**

#### **2.1.1. Overview IPv6**

Protokol *IPv6* dikembangkan setelah melihat keberhasilan *Internet Protokol version 4 (IPv4)* sebagai protokol standar dalam dunia internet. Ruang alamat yang disediakan oleh *IPv4* sebesar  $2^{32}$ . Jumlah alamat tersebut sudah tidak mampu lagi untuk memenuhi kebutuhan pengguna *internet* sekarang ini yang akan terus bertambah. Oleh karena itu, perlu diganti dengan protokol *IPv6* yang telah menyediakan ruang alamat sebesar  $2^{128}$ . Selain itu, *IPv6* juga memiliki beberapa keunggulan dibanding *IPv4*, diantaranya:

- a. Jaminan *Quality of Service (QoS)* yang lebih baik karena ada penambahan *Traffic Class* dan *Flow Label*.
- b. Autokonfigurasi alamat (*Stateless Autoconfiguration Address*).

#### **2.1.2. Pengalamatan Pada IPv6<sup>[7]</sup>**

Arsitektur pengalamatan *IPv6* dijelaskan secara formal dalam dokumentasi *RFC 3513*. Berdasarkan *RFC 3513* alamat *IPv6* ini dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

##### a. *Unicast Address*

*Unicast address* digunakan untuk mengidentifikasi sebuah *interface* tunggal. *Unicast* merupakan komunikasi antara *host* tunggal dengan penerima tunggal.

##### b. *Anycast Address*

*Anycast address* digunakan untuk mengirimkan paket ke satu set *interface-interface* dalam *node-node* yang berbeda (dapat termasuk *node-node* tujuan maupun *router-router*). Transmisi *anycast* mengirimkan paket-paket ke hanya satu *interface*, tidak ke semua

*interface*. Paket yang dikirim ke alamat *anycast* dirutekan ke *interface* terdekat (dalam jarak routing) yang mempunyai alamat tersebut.

c. *Multicast Address*

*Multicast address* digunakan untuk mengirimkan paket-paket ke multi tujuan. *Multicast address* pada *IPv6* ditunjukkan dengan 8 bit pertama yang di mulai dengan "FF". *Multicast* merupakan komunikasi antara *host* tunggal dengan multi penerima. Paket-paket dikirim ke semua *interface* yang menjadi bagian/kelompok dari grup *multicast*.

### 2.1.3. Format Pegalamatan Pada *IPv6*<sup>[7]</sup>

Terdapat tiga bentuk konvensional dalam pengalamatan *IPv6* menurut *RFC 2373*, yakni:

1. Bentuk yang paling banyak digunakan adalah  $x:x:x:x:x:x$ , dimana  $x$  merupakan nilai heksadesimal yang terdiri dari 8 bagian. Setiap bagian terdiri dari 16 bit. Contoh:

FEDC:BA98:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210

1080:0:0:0:8:800:200C:417A

2. Menurut beberapa metode, ada beberapa gaya penulisan yang terdiri dari *string* panjang bit 0 (*zero*). Untuk menghemat penulisan, maka dapat disingkat dengan membubuhkan tanda "::*n*". Contoh:

1080:0:0:0:8:800:200C:417A *unicast address*

FF01:0:0:0:0:0:0:101 *multicast address*

0:0:0:0:0:0:0:1 *the loopback address*

0:0:0:0:0:0:0:0 *the unspecified addresses*

Dapat ditampilkan dengan:

1080::*n*:8:800:200C:417A *a unicast address*

FF01::*n*101 *a multicast address*

::1 *the loopback address*

:: *the unspecified addresses*

3. Pada beberapa lingkungan yang mencampurkan informasi *IPv4* dan *IPv6* dapat ditulis  $x:x:x:x:x:d.d.d.d$ , dimana  $x$  adalah nilai



heksadesimal dari *IPv6* dan *d* merupakan nilai desimal dari *IPv4*.

Contoh:

0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38 dapat ditampilkan dengan

::FFFF:129.144.52.38

0:0:0:0:0:13.1.68.3 dapat ditampilkan dengan ::13.1.68.3

#### 2.1.4. Komparasi Header *IPv4* dan *IPv6*

Berikut ini gambar dari *header IPv6* pada **Gambar 2.1** dan *header IPv4* pada **Gambar 2.2** beserta perbandingannya ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

Version	Class	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

**Gambar 2.1** Format Header *IPv6*

(Sumber dari <http://en.wikipedia.org/wiki/IPv6>)

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification		Flags	Fragment Offset	
Time-to-live	Protocol	Header Checksum		
Source Address				
Destination Address				
Options				Padding

**Gambar 2.2** Format Header *IPv4*

(Sumber dari <http://en.wikipedia.org/wiki/IPv4>)

**Tabel 2.1** Perbandingan Header *IPv4* dan *IPv6*

Field Header <i>IPv4</i>	Field Header <i>IPv6</i>
Version	Sama tetapi memiliki nomor versi yang berbeda.
Internet Header Length	Dihapus dalam <i>IPv6</i> . <i>Field Header Length</i> tidak lagi dibutuhkan, karena <i>header IPv6</i> selalu memiliki ukuran tetap yaitu 40 byte. Penambahan ukuran terjadi pada <i>header-header</i> tambahan.
Type of Service	Dalam <i>IPv6</i> , digantikan oleh <i>Field Traffic Class</i> .

Total Length	Dalam IPv6, digantikan oleh <i>Field Payload Length</i> , tetapi hanya mengindikasikan <i>size/ukuran</i> dari <i>payload</i> .
Identification, Fragmentation Flags, Fragment Offset	Dihapus dalam IPv6. Informasi fragmentasi tidak dimasukkan lagi dalam <i>header IPv6</i> , Hal ini diperankan oleh <i>Header Extension Fragment</i> .
Time to Live	Dalam IPv6, digantikan oleh <i>Field Hop Limit</i> .
Protocol	Dalam IPv6, digantikan oleh <i>Field Next Header</i> .
Header Checksum	Dihapus dalam IPv6. Deteksi <i>error</i> (level-bit) paket IPv6 dibentuk oleh <i>link layer</i> .
Source address	<i>Field</i> ini berperan sama yaitu menetapkan <i>IP address host</i> asal, <i>IPv6 address</i> memiliki panjang 128 bit.
Destination Address	<i>Field</i> ini berperan sama yaitu menetapkan <i>IP address host</i> tujuan, <i>IPv6 address</i> memiliki panjang 128 bit.
Options	Dihapus dalam IPv6. Opsi-opsi dalam IPv4 diperankan oleh <i>header-header extension IPv6</i>
	<i>Flow Label</i> adalah satu <i>field</i> baru pada <i>header IPv6</i> yang tidak ditemukan dalam <i>header IPv4</i> .

### 2.1.5. Fitur-Fitur IPv6 yang Mendukung *Mobility*<sup>[7]</sup>

#### 1. *Neighbor Discovery (ND)*

*Node* (*host* dan *router*) menggunakan *ND* untuk mencari alamat-alamat *link layer* (misalkan alamat *Medium Access Control (MAC)* pada *ethernet*) untuk mengetahui *node-node* tetangga yang berada pada *link* yang sama. Jika alamat-alamat *link layer* yang ditemukan sudah tidak berlaku lagi maka alamat-alamat tersebut yang ada pada *cache* akan segera dihapus. Setiap *host* akan menggunakan *ND* untuk mencari *router-router* tetangganya yang bersedia untuk melewatkan paket-paket dari *host* itu sendiri. Setiap *node* akan menggunakan *ND* untuk mendeteksi perubahan pada alamat *link layer*. Ketika jalur ke *router* gagal/rusak, *host* akan secara aktif mencari jalur alternatif penggantinya.

Alamat *multicast* untuk semua *node* adalah “FF02::1”, yang merupakan jangkauan alamat *link-link* untuk dapat mencapai semua *node*. Sedangkan alamat *multicast* untuk semua *router* adalah “FF02::2”, yang merupakan jangkauan

alamat *link* lokal untuk mencapai semua *router*. *Neighbor Discovery* dijelaskan secara formal dalam dokumentasi *RFC 2461*.

Protokol ini dapat memecahkan permasalahan yang berhubungan dengan interaksi antar *node-node* yang terhubung dalam *link* yang sama. Mekanisme yang digunakan untuk memecahkan permasalahan tersebut berupa:

1. *Router Discovery*, Bagaimana *host-host* mencari *router* yang terkoneksi pada *link* yang sama.
2. *Prefix Discovery*, Bagaimana *host-host* menemukan alamat *prefix* yang mengidentifikasi *link* tempat *host-host* tersebut saling terinterkoneksi (*node-node* menggunakan *prefix* untuk membedakan apakah *node* yang akan dituju tersebut berada pada *link* yang sama dengan *node* asal atau *node* yang akan dituju tersebut hanya dapat dijangkau melalui *router*).
3. *Parameter Discovery*, Bagaimana *node* mempelajari parameter-parameter pada *link layer* seperti *link Maximum Transmission Unit* (MTU) atau parameter-parameter *internet* seperti jumlah batasan hop yang akan ditempatkan pada paket yang akan dikirim.
4. *Address Autoconfiguration*, Bagaimana *node-node* secara otomatis mengkonfigurasi alamat *IPv6* untuk *interface*-nya.
5. *Address Resolution*, Bagaimana *node-node* mencari alamat *link layer* dari *node* yang akan dituju yang masih berada pada *link* yang sama (misalnya *node* tetangga) hanya dengan diberikan alamat *IPv6* *node* tujuannya saja.
6. *Next-hop Determination*, Algoritma yang digunakan untuk memetakan alamat *IPv6* dari *node* tujuan ke dalam alamat *IPv6* *node* tetangganya. Trafik untuk *node* tujuan tersebut akan dikirimkan ke *node* tetangganya tersebut. *Next-hop* ini dapat berupa *router* atau *host* tujuan itu sendiri. Hal ini tergantung dari, ke mana trafik itu akan dikirim. Jika tujuannya masih berada dalam satu *link* yang sama, maka *next hop* adalah *node* tujuan itu sendiri, dan jika tujuannya sudah berbeda *link/prefix* maka *next-hop* tersebut adalah *router*.
7. *Neighbor Unreachability Detection* (NUD), Bagaimana *node* mempelajari bahwa salah satu dari tetangganya sudah tidak aktif lagi. Untuk *node*

tetangga yang digunakan sebagai *router*, *node* tersebut dapat mencoba rute alternatif yang lain.

8. *Duplicate Address Detection* (DAD), Bagaimana *node* mempelajari bahwa alamat yang ingin digunakan sedang tidak digunakan oleh *node* yang lain.
9. *Redirect*, Bagaimana *router* memberitahu *host* tentang *node* pertama mana yang baik sebagai *next-hop* untuk mencapai tujuan tertentu.

Pesan-pesan *Neighbor Discovery* tersebut terdiri dari :

- a. *Router Solicitation* (RS): Pesan RS dikirim oleh *host-host IPv6* untuk menemukan *router-router IPv6* yang tersedia di sepanjang *link*. Sebuah *host* mengirimkan pesan RS agar *router-router IPv6* merespon secepatnya. Hal ini dilakukan tanpa harus menunggu dulu pesan *Router Advertisement* dari *router* yang dikirimkan per periodik.
- b. *Router Advertisement* (RA) : *router* mengumumkan pesan tentang keberadaan mereka yang berisi informasi tentang berbagai macam *link* dan parameter internet yang dikirimkan secara periodik. Pesan ini dikirim dalam rangka untuk merespon pesan RS dari *host* yang dikirim saat *startup* sistem. RA ini dikirim kepada *host-host* yang berada di ser *router*. RA berisi *prefix-prefix* yang digunakan untuk pengenalan/pencarian *link*, konfigurasi alamat *IPv6*, nilai perkiraan, batasan hop dan sebagainya.
- c. *Neighbor Solicitation* (NS) dikirimkan oleh *node* untuk mencari alamat *link layer* dari *node-node* tetangganya. Selain itu, pesan tersebut digunakan untuk memeriksa apakah tetangganya tersebut masih dapat dijangkau dengan alamat *link layer* yang berada dalam memori *cache*-nya atau tidak. NS juga digunakan untuk mendeteksi alamat yang ganda.
- d. *Neighbor Advertisement* (NA) adalah sebuah respon dari adanya pesan NS. *Node* boleh juga mengirimkan NA tanpa didahului oleh NS. Hal ini digunakan untuk mengumumkan perubahan alamat *link layer* pada tetangganya tersebut.
- e. *Redirect* digunakan oleh *router-router* untuk menginformasikan *host-host* tentang hop pertama yang paling baik untuk sebuah tujuan tertentu.

## 2. IPv6 Address Autoconfiguration<sup>[7]</sup>

*Address Autoconfiguration IPv6* dijelaskan secara formal dalam dokumentasi *RFC 2462*, diantaranya sebagai berikut:

### a. *Stateless Autoconfiguration*

*Node* yang pertama kali tersambung ke jaringan akan secara otomatis mengkonfigurasi alamat *IPv6 site-local* dan *global* tanpa memerlukan konfigurasi secara manual atau bantuan dari server seperti server *Dynamic Host Configuration Protocol version 6 (DHCPv6)*. Dengan *IPv6*, *router* akan mengirimkan pesan *RA* yang berisi *prefix global* dan *site-local*.

Pesan *RA* ini dikirimkan oleh *router* secara periodik ataupun dapat dikirimkan sewaktu-waktu apabila ada *host* yang mengirimkan pesan *RS* pada saat *startup* sistem. Alamat *prefix IPv6* yang digunakan untuk *Stateless Autoconfiguration* dari *interface ethernet* mempunyai panjang 64 bit.

### b. *Statefull Autoconfiguration*

Alamat *IPv6* dan opsi-opsi konfigurasi lainnya diperoleh dari *DHCPv6*.

Sebuah *host* akan menggunakan *Statefull Autoconfiguration* saat ia menerima pesan *RA* tanpa opsi-opsi *prefix*, dan *Flag Managed Address Configuration* atau *Flag Other Stateful Configuration* bernilai 1. Sebuah *host* juga akan menggunakan konfigurasi *Address Statefull* saat di sana tidak ada *router* yang ditemukan dalam *link* lokal.

## 2.2. IEEE 802.11

### 2.2.1. Overview IEEE 802.11

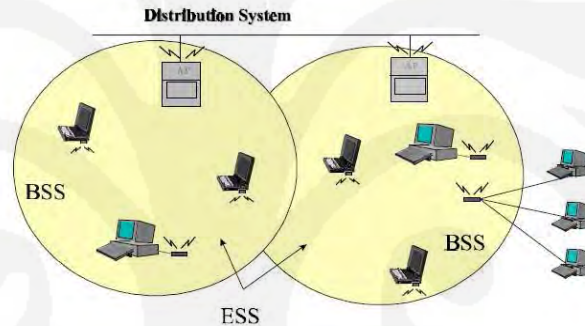
*Wireless Local Area Network (WLAN)* adalah sistem komunikasi data yang menggunakan teknologi frekuensi radio yang dapat diimplementasikan sebagai alternatif pengganti untuk jaringan kabel. Teknologi ini juga dapat mendukung berbagai aplikasi seperti pertukaran file, *audio/video conferencing*, *internet* dan lain-lain. *WLAN* menggunakan media udara untuk mengirim dan menerima data, sehingga hal ini dapat meminimalisasi kebutuhan akan sambungan kabel. Dengan begitu, *WLAN* telah dapat mengkombinasikan antara konektivitas data dengan mobilitas *user*.

### 2.2.2. Arsitektur Jaringan WLAN<sup>[5]</sup>

Bila Anda bertemu dengan jaringan *WLAN* maka Anda akan bertemu dengan *Service Set Identifier (SSID)*. *SSID* bertujuan untuk menamai sebuah jaringan *wireless* yang dipancarkan oleh *Access Point (AP)*. Untuk dapat terhubung ke suatu *AP*, maka komputer harus dikonfigurasi dengan menggunakan *SSID* yang dikeluarkan oleh *AP* tersebut.

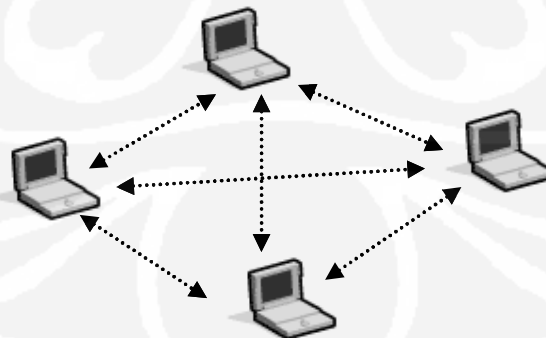
Terdapat 2 jenis mode operasi *WLAN* yaitu:

- *Infrastructure Mode* dapat dilihat pada **Gambar 2.3**, terdiri dari :
  - a) *Basic Service Set (BSS)*, hanya terdapat satu *AP*.
  - b) *Extended Service Set (ESS)*, dua *BSS* atau lebih yang membentuk suatu *subnet*.



**Gambar 2.3** Infrastructure Mode 802.11 WLAN

- *Ad-hoc Mode* dapat dilihat pada **Gambar 2.4**, terdiri dari beberapa *wireless station* yang berkomunikasi secara langsung (*peer-to-peer*) tanpa menggunakan *AP*.



**Gambar 2.4** Ad-Hoc Mode 802.11 WLAN

### 2.2.3. Standar Wireless Fidelity (Wi-Fi)

Standar *Wi-Fi* dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut ini:

Wi-Fi Standards				
	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
Year Standardized	1999	1999	2003	Projected 2006
Frequency	2.4 GHz	5 GHz	2.4GHz	2.4 GHz
Wireless Speeds	11Mbps	54Mbps	54Mbps	250Mbps+
Real World Speeds	4-6 Mbps	15-22Mbps	15-22Mbps	At Least 100Mbps
Indoor Range	30-50 Meters	30-50 Meters	30-50 Meters	150 Meters+
Interoperable Standards	802.11g	N/A	802.11b	802.11b/g
Advantages	Interoperable With 802.11g Inexpensive	Reduced Wi-Fi Interference More Non-Overlapping Channels	Interoperable With 802.11b High Speed Wireless Data Communication	Incremental Increase In Speed and Coverage
Ideal Solution For	Home Users Connecting To The Internet Wirelessly	Home/Office Users Experiencing Interference With Existing 802.11b/g Wireless Networks	Home/Office Users Needing Faster Local Network Access For Multimedia Applications	N/A
HotSpots Available	Yes	No	Yes	N/A

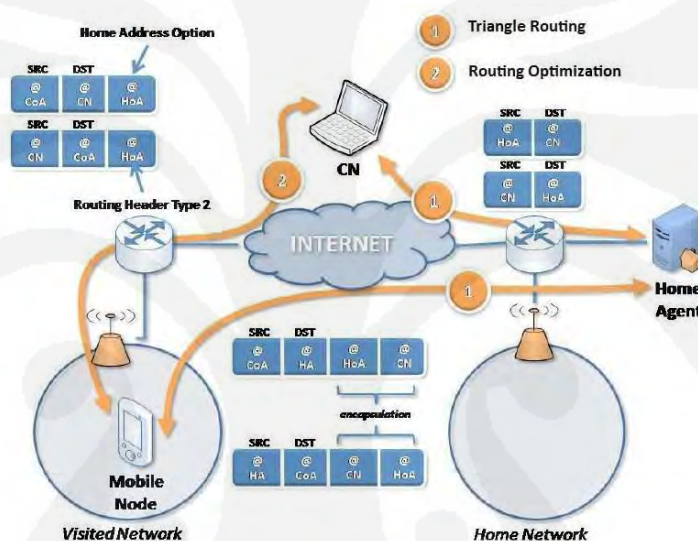
**Gambar 2.5** Standar Wi-Fi yang Telah Ditetapkan oleh IEEE

### 2.3. Mobile IPv6 (MIPv6) <sup>[2]</sup>

*MIPv6* telah mendukung node *IPv6* untuk *mobile* atau berpindah dari suatu lokasi ke lokasi lain pada jaringan *IPv6* yang berbeda dengan tetap memelihara proses berlangsungnya hubungan komunikasi. Ketika *node IPv6* berpindah dari suatu lokasi, *node IPv6* akan mengubah koneksi tersebut baik koneksi *data link* dan *network link*. Ketika proses perpindahan terjadi, *node IPv6* harus mengubah alamat *IPv6* yang dimilikinya untuk menjaga *reachability*. Mekanisme untuk proses perubahan alamat ketika *node IPv6* berpindah dari suatu link dapat dilakukan dengan mekanisme *Statefull* atau *Stateless Autoconfiguration* untuk *IPv6*.

Keuntungan pada *MIPv6* adalah ketika *Mobile Node (MN)* berpindah lokasi dan mengubah alamat, proses komunikasi masih dapat berlangsung. Pemeliharaan koneksi pada *MN* tidak dilakukan dengan mengubah *transport layer* misalnya *User Datagram Protocol (UDP)* atau *Transport Control Protocol (TCP)*. Pemeliharaan ini dilakukan dengan mengubah alamat pada *network layer*. Protokol lapisan transport tidak mengetahui kalau alamat *MN* telah berubah. Koneksi yang aktif tersebut masih dapat berlangsung karena koneksi masih menggunakan alamat yang tetap (*Home Address (HoA)*) dari *MN*. Ketika *MN* berpindah lokasi akan mendapatkan alamat *Care-of Address (CoA)*.

Beberapa masalah yang timbul pada *Mobile IPv4* (MIPv4) sekarang dapat diatasi dengan *MIPv6*. *Triangle Routing* yang merupakan masalah utama pada *MIPv4* dapat diatasi dengan *Route Optimization* pada *MIPv6*. *Triangle Routing* terjadi ketika *MN* berpindah dari *Home Agent* (HA), maka semua paket yang dikirimkan dari *Correspondent Node* (CN) untuk *MN* akan dikirimkan terlebih dahulu ke *HA* dan kemudian baru diteruskan ke lokasi *MN* berada. *Triangle Routing* pada *MIPv4* menyebabkan terjadinya *delay handover* yang besar. *Triangle Routing* and *Routing Optimization* dapat dilihat pada **Gambar 2.6** berikut ini:



**Gambar 2.6 Triangle Routing and Routing Optimization**

#### 2.4. Fast Handover for Mobile IPv6 (FMIPv6)<sup>[3]</sup>

Protokol *Fast Handover* merupakan perluasan teknologi *MIPv6* dimana *Access Router* (AR) mampu memberikan layanan pada *MN* untuk mengantisipasi terjadinya *Layer 3* (L3) *handover*. *L3 handover* menyebabkan terjadinya perubahan *network layer* pada *MN*. Proses *L3 handover* terjadi setelah proses *Layer 2* (L2) *handover* selesai. Antisipasi perpindahan pada lapisan *data link* berdasarkan informasi *L2 Trigger*. *L2 Trigger* merupakan informasi pada lapisan *data link* yang terdiri dari informasi koneksi *L2 MN* dan identifikasi perbedaan alamat pada lapisan *data link*. Tujuan utama dari *L2 trigger* adalah menginformasikan informasi-informasi sebagai berikut:



- *Link UP* : indikasi bahwa *MN* telah menyelesaikan proses koneksi dengan titik akses.
- *Link Down* : indikasi bahwa *MN* kehilangan koneksi dengan titik akses.
- *L2 handover start* : indikasi bahwa *MN* memulai proses L2 handover untuk berpindah ke titik akses yang baru.

Protokol *FMIPv6* bertujuan untuk memungkinkan sebuah *MN* untuk mengkonfigurasi *CoA* yang baru, sebelum *MN* tersebut berpindah dan terkoneksi ke jaringan yang baru. Selain itu, protokol *FMIPv6* mampu mengeliminasi *delay* yang terjadi ketika terjadi prosedur *Binding Update* (*BU*) dari *MN* ke *HA* dan *CN*. Jika dibandingkan dengan protokol *MIPv6* biasa, protokol *FMIPv6* dapat lebih efisien dalam 2 hal, yaitu:

1. Mampu mengeliminasi *delay* konfigurasi *IPv6* yang disebabkan oleh :
  - a. *Router Discovery*
  - b. *Address Configuration*
  - c. *Duplicate Address Detection* (*DAD*)
2. Menghilangkan *delay* yang diakibatkan oleh *MN* ketika melakukan prosedur *BU* dengan *HA* dan *CN* yang bersangkutan.

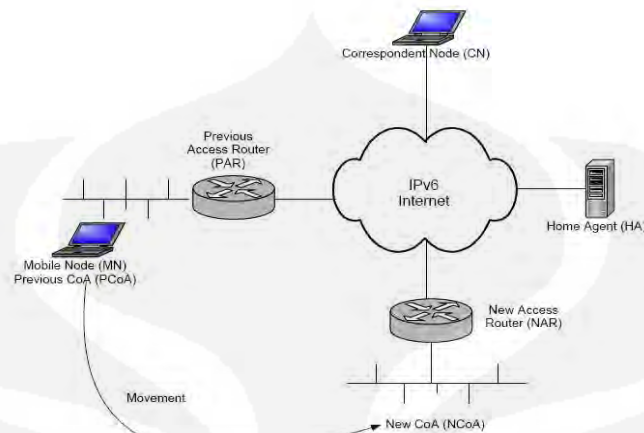
Dokumentasi *FMIPv6* secara lengkap dapat dilihat di *RFC* 4068.

Berdasarkan *RFC* 4068, *FMIPv6* memiliki beberapa terminologi baru, yaitu:

- a. *Access Router* (*AR*)  
*Default router* dari *MN*, sebagai contoh adalah *router* dimana *MN* terkoneksi. *AR* akan terlibat dalam penanganan trafik dari *MN* saat terjadi perpindahan.
- b. *Previous Access Router* (*PAR*)  
*PAR* adalah *router* dimana *MN* terkoneksi sebelum melakukan perpindahan.
- c. *New Access Router* (*NAR*)  
*NAR* adalah *router* dimana *MN* terkoneksi setelah melakukan perpindahan.

- d. *Previous Care of Address (PCoA)*.  
*CoA* yang dimiliki oleh *MN* sebelum pindah. *PCoA* diperoleh dari *PAR*.
- e. *New CoA (NCoA)*.  
*CoA* yang dimiliki *MN* setelah dia berpindah ke jaringan yang baru. *NCoA* diperoleh dari *NAR*.
- f. *Handover*  
Proses perpindahan *MN* antar jaringan yang berbeda.
- g. *Router Solicitation for Proxy (RtSolPr)*  
Pesan ini dikirimkan oleh *MN* untuk meminta informasi *handover* dari *PAR*.
- h. *Proxy Router Advertisement (PrRtAdv)*  
Pesan ini dikirimkan oleh *PAR* untuk menginformasikan *link neighbouring* kepada *MN*.
- i. *Fast Binding Update (FBU)*  
Pesan ini dikirim oleh *MN* untuk melakukan *BU* dengan *NCoA* yang didapat dari pesan *PrRtAdv*.
- j. *Fast Binding Acknowledgment (FBack)*  
Pesan ini dikirim oleh *PAR* untuk merespon *FBU*.
- k. *Fast Neighbor Advertisement (FNA)*  
Dikirim oleh *MN* untuk mengumumkan keberadaan *link*-nya ke *NAR*.
- l. *Handover Initiate (HI)*  
Pesan ini dikirimkan oleh *PAR* ke *NAR* untuk menginisiasi *handover* yang terjadi pada *MN*.
- m. *Handover Acknowledgement (HAck)*  
Pesan ini dikirim oleh *NAR* ke *PAR* untuk merespon *HI*.

Overview dari arsitektur *FMIPv6* dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



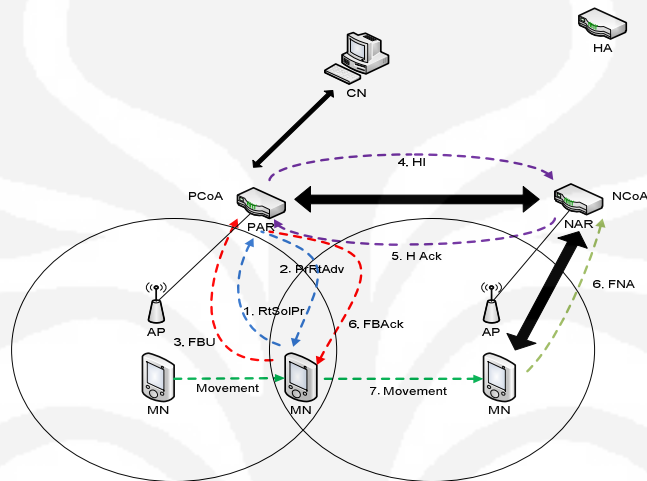
**Gambar 2.7** Arsitektur *FMIPv6*

#### 2.4.1. Proses Perpindahan *FMIPv6*

**Gambar 2.8** memperlihatkan *overview* dari prosedur *handover*. Dalam hal ini *MN* yang memutuskan untuk berpindah link. *MN* akan mengirimkan pesan *RtSolPr* ke *AR*-nya yang sekarang dalam hal ini *PAR*, untuk mendapatkan informasi jaringan tetangganya. Untuk jaringan 802.11, pesan *RtSolPr* ini akan memuat list dari *AP* yang dapat dideteksi oleh *MN*. *PAR* kemudian akan mereply dengan pesan *PrRtAdv* yang berisi alamat *link layer* dari setiap *AP* dan alamat *prefix IPv6* yang dapat digunakan oleh *MN* untuk mengautokonfigurasi *CoA*-nya.

Pada saat *MN* menerima *PrRtAdv*, *MN* dapat memutuskan (misalnya berdasarkan informasi kekuatan sinyal dari 802.11) untuk mengasosiasikan dirinya ke *AP* yang mana. *MN* kemudian akan mengirimkan *FBU* ke *PAR* yang mengindikasikan *AP* mana yang akan diambil oleh *MN* untuk berasosiasi dan juga ke *NAR* yang mana *MN* akan terkoneksi. Pesan *HI* dan *HAck* digunakan untuk memverifikasi data konfigurasi *IPv6* yang benar. Ketika menerima *HAck*, *PAR* kemudian membangun *tunnel* antara *PCoA* dengan *NCoA* dan akan *forward* setiap paket yang terhubung dari *PAR* ke *NAR*. *NAR* dapat *buffer* paket ini sampai *MN* tiba pada *link* barunya dan kemudian baru mengirimkannya ke *MN*. *MN* mengumumkan keberadaannya pada *link* yang baru dengan mengirimkan pesan *FNA* ke *NAR*. Dengan cara ini, setiap paket yang biasanya hilang ketika terjadi perpindahan akan di-*buffer* oleh *NAR* dan akan dikirimkan ke *MN* ketika *MN* sudah terhubung ke *link* barunya. Selain itu, komunikasi antara *CN* dapat

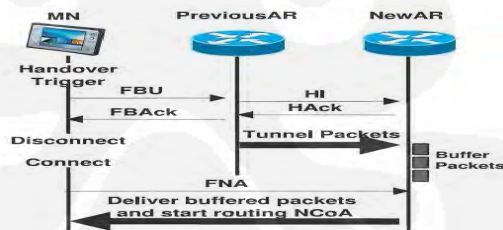
terus dilakukan melalui *tunnel* antara *PAR* dengan *NAR*. Hal ini mampu mengurangi efek *latency* dan *packet loss* yang biasanya terjadi ketika melakukan prosedur *BU* pada *MIPv6* biasa. Efek *latency* dan *packet loss* pada trafik *realtime* akan tetap ada, akan tetapi mampu dikurangi pada saat terjadi perpindahan yang sebenarnya, misal ketika terputus dari *PAR* dan terhubung ke *NAR*.



Gambar 2.8 Prosedur Handover FMIPv6

#### 2.4.2. Handover pada FMIPv6

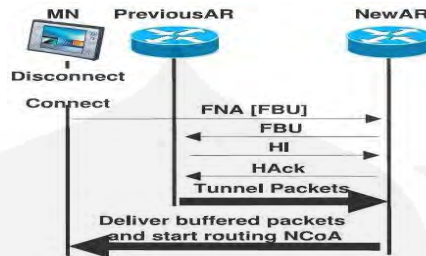
1. *Predefective Handover* dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut ini:



Gambar 2.9 Prosedur Predictive Handover

(Sumber dari RFC 4068)

2. *Reactive Handover* dapat dilihat pada **Gambar 2.10** berikut ini:



**Gambar 2.10** Prosedur Reactive Handover

(Sumber dari RFC 4068)

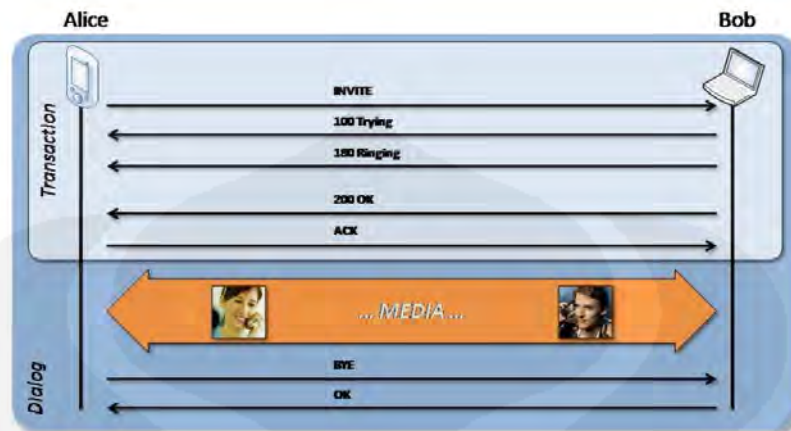
## 2.5. Voice Over Internet Protokol (VoIP)

### 2.5.1. Overview VoIP<sup>[4]</sup>

*VoIP* merupakan salah satu layanan *multimedia* yang bersifat *real-time* dan interaktif. Secara sederhana, *VoIP* merupakan suatu metode transmisi sinyal suara dengan mengubahnya ke dalam bentuk digital dan dikelompokkan menjadi paket-paket data yang dikirim dengan menggunakan *platform Internet Protocol (IP)*. *VoIP* bersifat *delay-intolerant* dan *loss-tolerant*.

Dalam skripsi ini akan dilakukan percobaan dengan jenis layanan berupa *VoIP* yang dijalankan diatas jaringan *FMIPv6* pada *WLAN*. *WLAN* merupakan salah satu teknologi yang berbasis *packet switch*. Dimana *WLAN* dapat menggunakan protokol *IP* untuk berkomunikasi, sehingga dengan teknologi ini dapat dilakukan panggilan telepon melalui *IP-based data network*.

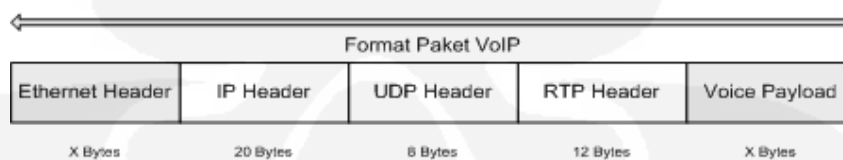
Standar komunikasi *VoIP* yang umum digunakan pada saat ini adalah *H.323* yang dikeluarkan oleh *International Telecommunications Union (ITU)* pada bulan Mei 1996 dan *Session Initiation Protocol (SIP)* yang dikeluarkan oleh *Internet Engineering Task Force (IETF)* pada bulan Maret tahun 1999 melalui *RFC 2543* dan diperbaharui kembali pada bulan Juni 2002 dengan *RFC 3261* oleh *Multiparty Multimedia Session Control (MMUSIC)*, salah satu kelompok kerja *IETF*. Prosedur dalam melakukan panggilan *SIP* dapat dilihat pada **Gambar 2.11** berikut ini:



Gambar 2.11 Prosedur Dalam Melakukan Panggilan SIP

Tiap paket *VoIP* terdiri atas dua bagian, yakni *header* dan *payload* (beban). *Header* terdiri atas *IP header*, *Real Time Transport Protocol (RTP) header*, *User Datagram Protocol (UDP) header*, dan *Ethernet header*. *IP header* yang dimiliki *IPv6* sebesar *40 bytes*.

*IP header* bertugas menyimpan informasi *routing* untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Pada setiap *header IP* disertakan tipe layanan atau *Type of Service (ToS)* yang memungkinkan paket tertentu seperti paket suara diperlakukan berbeda dengan paket yang *non real time*. Format paket *VoIP IPv4* dapat dilihat pada **Gambar 2.12** berikut ini:



Gambar 2.12 Format Paket VoIP IPv4

### 2.5.2. Real Time Transport Protocol (RTP)

*RTP* merupakan standar format paket untuk mengirimkan file *audio* dan *video* pada internet. *RTP* dikembangkan oleh *Audio-Video Transport Working Group* pada *IETF* dan pertama kali keluar pada tahun 1996 sebagai *RFC 1889* dan diperbaharui lagi pada tahun 2003 sebagai *RFC 3550*. *RTP* berfungsi untuk transmisi *real-time* seperti *audio*, *video*, multimedia secara *end-to-end*. *RTP*

mendukung transmisi *unicast*, *broadcast* dan *multicast*. *RTP* hanyalah sebagai *protocol transport* dan hal ini tidak menjamin *QoS* untuk layanannya. Biasanya *RTP* memiliki port tertentu untuk melakukan pengiriman *payload* data. Walaupun tidak ada standar yang menyatakan secara pasti, *RTP* biasanya dikenali pada port 16384-32767.

Menurut *RFC 1889*, layanan *RTP* termasuk:

- *Payload-type Identification* – Indikasi yang menyatakan jenis *content* / isi yang dibawa.
- Nomor sekuensial – Nomor Sekuensial PDU (*Protocol Data Unit*).
- *Time stamp* – Waktu yang digunakan *content* yang dibawa oleh PDU
- *Delivery monitoring*.

### 2.5.3. CODEC

- **CODEC G.711<sup>[4]</sup>**

*Codec* G.711 adalah standar ITU-T untuk audio companding. *Codec* ini biasa digunakan untuk sistem telepon sejak tahun 1972. *Codec* G.711 menggunakan PCM (*Pulse Code Modulation*) untuk mensampling sinyal suara hingga 8000 sample/detik. Suara merupakan sinyal analog sehingga bila akan ditransmisikan melalui jaringan digital, sinyal analog harus dikonversikan menjadi sinyal digital dengan menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*). Pada PCM yang merupakan prinsip kerja *Codec* G.711, terdapat tiga langkah pengkonversian yakni sampling, kuantisasi dan coding.

Terdapat dua tipe algoritma yang didefinisikan dalam standar *Codec* G.711 yakni algoritma  $\mu$ -Law yang digunakan di Amerika Selatan dan Jepang, serta algoritma A-Law yang digunakan di Eropa dan sebagian besar wilayah Asia. *Codec* G.711  $\mu$ -Law menyediakan resolusi yang tinggi untuk range sinyal yang besar, sedangkan *codec* G.711 A-Law menyediakan level kuantisasi yang lebih untuk range sinyal kecil. *Codec* G.711 membagi sinyal suara ke dalam 20 ms blok suara atau dikenal dengan *voice payload size* sebesar 160 bytes dengan kemampuan packet per size sebesar 50 pps.

- **CODEC GSM**<sup>[4]</sup>

*Global system for mobile communication* merupakan sebuah free license codec yang dikeluarkan ETSI. Pada awalnya *codec* GSM dibuat untuk komunikasi wireless, namun seiring dengan perkembangan VoIP, *codec* GSM digunakan dalam aplikasi VoIP. Prinsip kerja dari *codec* GSM adalah menggunakan *regular and transmission pulse excitation, long term prediction* (RPE-LTP) yakni dengan membagi sinyal suara ke dalam 20 ms blok suara atau dikenal dengan *voice payload size* sebesar 33 bytes dengan kemampuan packet per size sebesar 50 pps yang kemudian akan dilewatkan pada *codec* GSM dengan *bit rate* 13 kbps.



## BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

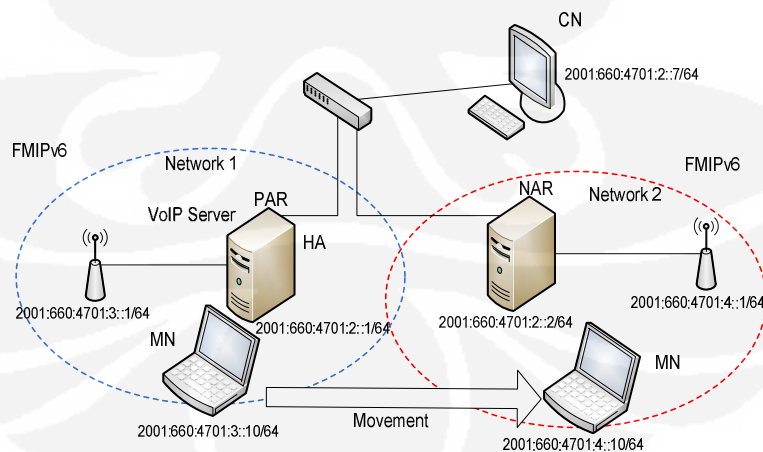
Untuk menganalisa kualitas *codec* pada layanan VoIP dengan menggunakan sistem *FMIPv6* pada skripsi ini akan dilakukan implementasi dan pengukuran beberapa parameter. Pada skripsi ini parameter-parameter yang diukur meliputi *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*.

### 3.1. Perancangan Arsitektur Sistem *FMIPv6*

Pada sistem *FMIPv6* terdapat beberapa komponen penyusun, yaitu:

- a. *Mobile Node* (MN)
- b. *Home Agent* (HA)
- c. *Previous Access Router* (PAR) dan *New Access Router* (NAR)
- d. *Correspondent Node* (CN)
- e. *Server*

Dalam implementasi sistem *FMIPv6* ini, dibuat dua buah jaringan *IPv6* yang berbeda yaitu Network 1 dan Network 2 dengan konfigurasi seperti pada **Gambar 3.1** sebagai berikut :



**Gambar 3.1 Rancangan Implementasi Sistem *FMIPv6***

Implementasi ini dilakukan di dalam satu ruangan E 207 Laboratorium Teknik Switching-IT Telkom Bandung. Pada skripsi ini sistem *FMIPv6* ditambahkan dengan server *VoIP* yang juga merupakan *PAR* yang berbasis *IPv6*. Aplikasi *VoIP* dengan variasi *codec* yang digunakan adalah sebagai objek untuk pengambilan data, pengujian, dan analisa sistem. Dalam skripsi ini *HA* berfungsi juga sebagai *server VoIP*. Dalam melakukan percobaan *FMIPv6*, *MN* akan melakukan *handover* secara otomatis antar *Access Router* (contohnya: *PAR* → *NAR*) berdasarkan kekuatan sinyal *Access Point* (AP) yang diterimanya.

### **3.2. Implementasi dan Skenario Sistem *FMIPv6***

#### **3.2.1. Skenario Sistem *FMIPv6***

Pada skripsi ini, trafik suara dibangkitkan dengan cara *MN* melakukan panggilan ke *CN*. Skripsi ini menggunakan pengalamatan *IPv6* statis untuk *node HA*, *PAR* dan *NAR* dimana ketiga elemen tersebut berfungsi sebagai *server*. Namun pengalamatan pada *MN* dan *CN* digunakan alamat dinamis dimana kedua client tersebut akan diberi IP tertentu/sementara oleh *DHCP server* untuk saling terhubung satu sama lain. Tujuan ditetapkan skenario pengalamatan server menggunakan alamat statis dikarenakan untuk memudahkan si client mengakses server, dan untuk penggunaan pengalamatan dinamis pada sisi client adalah untuk fleksibilitas penambahan jumlah maupun mobilitas si client. Pengukuran dilakukan pada kondisi jaringan tanpa *background traffic* dan dengan *background traffic* sebesar 5 Mbps dan 10 Mbps. Dalam hal ini *HA* sebagai *server* dari *background traffic* dan *MN* sebagai *client* dari *background traffic*. Pengamatan difokuskan pada sisi *MN*, ketika hubungan komunikasi antara *HA* dengan *MN* berlangsung. Data-data yang masuk dan keluar dari *MN* akan di-*capture* dengan Wireshark-0.99.6 sebagai *Network Analyzer*. Pengambilan data dilakukan dalam waktu 1 menit selama 10 kali percobaan untuk setiap *codec* yang dimaksud yaitu G.711 dan GSM. Pengambilan ini dilakukan ketika *MN* dalam keadaan normal (tanpa pembangun trafik) dan kondisi kedua yaitu saat *MN* dibanjiri *background traffic* dengan masing-masing kondisi pada saat *MN* berada di *PAR*, *NAR* dan sewaktu *MN* mengalami *handover*. Data hasil pengukuran secara lengkap data

dilihat pada lampiran C halaman 59. Kecepatan gerak *MN* diamsusikan seperti kecepatan orang yang berjalan atau 1 m/s. Dalam hal ini protokol yang berjalan pada masing-masing *node* adalah *MIPv6* yang ditambahkan dengan kemampuan untuk melakukan *fast handover*. Hal ini sering disebut *FMIPv6*.

### 3.2.2. Implementasi *Home Agent*

*HA* berfungsi sebagai tempat terdaftarnya alamat tetap (*Home Address*) dari *MN*. Perangkat keras yang digunakan untuk *HA* terdiri dari:

1. Satu buah komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a. *CPU* : Intel Core2Duo 2,2 GHz
  - b. *Main Memory* (RAM) : 4 GB
  - c. *Hard Disc* : 80 GB
  - d. Dua buah *Ethernet Card*: Realtek RTL8139 Family *PCI Fast Ethernet*

Perangkat lunak yang digunakan untuk *HA* agar mendukung sistem *FMIPv6* adalah sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

- a. Sistem Operasi Linux Ubuntu 9.10 kernel 2.6.31  
Sistem Operasi yang telah mendukung *mobility IPv6*
- b. *Mip*v6-daemon-umip-0.4.tar.gz dan *fmip*v6-umip-0.4.patch  
*Software* yang digunakan sebagai *MIPv6* yang berfungsi sebagai *HA*
- c. *Radvd*-1.1  
*Router Advertisement* yang digunakan pada jaringan *FMIPv6*
- d. *Quagga*-0.98.6  
*Quagga* digunakan sebagai *daemon* untuk routing *IPv6* yang digunakan pada jaringan *FMIPv6*
- e. *SER* 0.9.7-1  
Merupakan *software* yang digunakan untuk server *VoIP* berbasis *IPv6*
- f. *Mysql Server* 5  
Digunakan untuk menyimpan data-data *user* dari *VoIP*
- g. *Bind9*

Digunakan sebagai server *Domain Name Server version 6* (DNSv6)

h. *Wireshark-0.99.6*

Merupakan *software* yang digunakan untuk meng-*capture* data yang keluar masuk pada *HA*.

### 3.2.3. Implementasi *PAR* dan *NAR*

Pada *PAR* dan *NAR* telah digunakan *software* yang dapat mendukung protokol *fast handover*.

Perangkat keras yang digunakan untuk *PAR* adalah sama seperti perangkat keras yang digunakan pada *HA* karena *PAR* dan *HA* dalam skenario implementasi digabungkan satu sama lain.

Namun perangkat keras *NAR* adalah terpisah dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a. *CPU* : Intel Pentium 4 Celeron 2.4 GHz
  - b. *Main Memory* (RAM) : 1 GB
  - c. *Hard Disc* : 80 GB
  - d. Dua buah *Ethernet Card* : Realtek RTL8139 Family *PCI Fast Ethernet*

2. Dua buah *Access Point* yang terdiri dari:

Satu buah AP TP-LINK TD-W8101G dan Satu buah AP BLUE-LINK BL-R33N pada *NAR*.

Perangkat lunak yang digunakan untuk *PAR* dan *NAR* agar mendukung sistem *FMIPv6* adalah sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

- a. Sistem Operasi Ubuntu 9.10 kernel 2.6.31
- b. *Fmipv6-ar v1.0-rc1*  
*Software* ini berfungsi sebagai *Acces Router daemon* yang mendukung *fast handover*
- c. *Radvd-1.1*  
*Router Advertisement* yang digunakan pada jaringan *FMIPv6*
- d. *Quagga-0.98.6*

Quagga digunakan sebagai *daemon* untuk peroutingan *IPv6* yang digunakan pada jaringan *FMIPv6*

e. *Wireshark-0.99.6*

Merupakan *software* yang digunakan untuk mengcapture data yang keluar masuk pada *PAR* dan *NAR*.

### 3.2.4. Implementasi *Mobile Node*

*MN* merupakan komputer yang bersifat *mobile* dari daerah satu ke daerah yang lain yang berbeda *network*. Dalam skripsi ini, digunakan satu buah laptop sebagai *MN*. Laptop yang digunakan adalah Acer Aspire 4520 dengan spesifikasi perangkat keras sebagai berikut:

- a. *CPU* : AMD Athlon™ 64 X2 Dual-Core Processor TK-57 (512KB L2 cache, 1.9GHz)
- b. *Main Memory* (RAM) : 1 GB DDR2
- c. *Hard Disc* : 80 GB
- d. *Wireless Adapter* : Atheros AR5007EG Wireless Network Adapter

Perangkat lunak yang digunakan untuk *MN* agar mendukung *FMIPv6* adalah sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

- a. Sistem Operasi Linux Ubuntu 9.10 kernel 2.6.31
- b. *Fmipv6-mn v1.0-rc1*  
Sebagai *software* yang mendukung protokol *FMIPv6*
- c. *Mipv6-daemon-umip-0.4.tar.gz* dan *fmipv6-umip-0.4.patch*  
Software yang digunakan sebagai *MIPv6* yang berfungsi sebagai *MN*
- d. *Wireshark-0.99.6*  
Merupakan *software* yang digunakan untuk mengcapture data yang keluar masuk pada *MN*
- e. *SIP Communicator\_1.0-alpha3-nightly.build.1620\_i386*  
Sebagai *softphone* yang digunakan untuk melakukan panggilan *VoIP*
- f. *Madwifi-0.9.4.tar.gz*  
Driver wireless adapter

g. Iperf 2.4

Merupakan *software* yang digunakan untuk *background traffic*

### 3.2.5. Implementasi *Correspondent Node*

*CN* bertindak sebagai lawan bicara dari *MN* untuk percakapan *VoIP*. *CN* dalam keadaan yang diam yang berarti tidak melakukan pergerakan maupun perpindahan.

Perangkat keras yang digunakan untuk *CN* terdiri dari satu buah Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. *CPU* : Intel Pentium Dual Core 1.8 GHz
- b. *Main Memory* (RAM) : 4 GB
- c. *Hard Disc* : 120 GB
- d. *Ethernet Card* : Realtek RTL8139 Family PCI Fast Ethernet

Perangkat lunak yang digunakan dalam implementasi skripsi ini adalah sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

- a. OS Linux Ubuntu 9.10 kernel 2.6.31
- b. SIP Communicator\_1.0-alpha3-nightly.build.1620\_i386

Sebagai *softphone* yang digunakan untuk melakukan panggilan *VoIP*

- c. *Wireshark-0.99.6*

Merupakan *software* yang digunakan untuk meng-*capture* data yang keluar masuk pada *CN*

- d. Iperf 2.4

Merupakan *software* yang digunakan untuk *background traffic*

Peralatan lain yang digunakan dalam implementasi ini berupa:

- a. Switch D-LINK 16 port
- b. Kabel UTP Cat. 5
- c. Headphone dan Microphone

Untuk Konfigurasi Log dari tiap-tiap perangkat seperti HA, PAR, NAR, MN, dan CN dapat dilihat pada lampiran A.

## BAB IV ANALISA IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

### 4.1. Pengujian Sistem FMIPv6

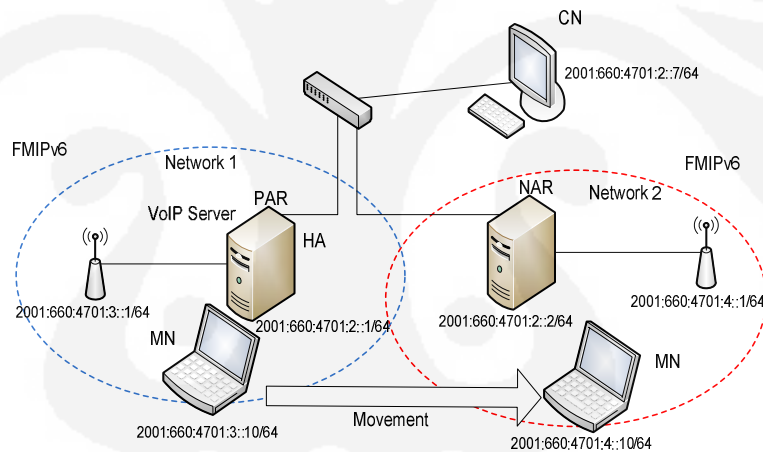
Skenario yang diimplementasikan dalam penelitian ini telah dijelaskan pada BAB III sebelumnya. Pada setiap skenario yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh data *delay handover* dan analisa *QoS* dari layanan *VoIP*. Waktu yang digunakan untuk melakukan *handover* merupakan permasalahan utama dalam *Mobile IP*. *VoIP* merupakan layanan multimedia yang bersifat sensitif terhadap *delay*. Untuk itu sebelum menganalisa kualitas *VoIP* lebih jauh, terlebih dahulu dilakukan pengujian protokol *FMIPv6* dalam hal seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perpindahan (*delay handover*). Jika dalam perhitungan *delay handover* menghasilkan suatu nilai *delay* yang masih dapat diterima untuk layanan *VoIP* berdasarkan rekomendasi ITU-T G.114, maka analisa akan dilanjutkan lagi untuk *QoS* dari *VoIP* tersebut yang meliputi *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. ITU-T G.114 merekomendasikan standar *delay*, bahwa ada 3 *band* yang ditunjukkan oleh **Tabel 4.1** sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Rekomendasi ITU-T G.114 untuk Delay

Rentang dalam Satuan Milisekon	Deskripsi
0 – 150 ms	Dapat diterima untuk seluruh aplikasi pengguna
150 – 400 ms	Diterima dengan ketentuan bahwa administrator sadar waktu transmisi dan itu berdampak pada kualitas transmisi aplikasi pengguna

> 400 ms	Tidak dapat diterima untuk tujuan perancangan jaringan secara umum, diakui bahwa dalam beberapa kasus pengecualian batas ini akan terlampaui.
----------	---

Untuk memperoleh data perhitungan *delay handover* dan parameter *QoS*, digunakan *software* Wireshark-0.99.6 yang diinstall di sisi *MN*. Wireshark digunakan untuk meng-*capture* protokol-protokol dan paket-paket yang ada pada jaringan yang tertangkap oleh *MN*. Hasil *capture* dari pengukuran diolah untuk mendapatkan nilai dari *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. Parameter-parameter tersebut langsung dapat dihitung hasilnya dengan menggunakan Wireshark. Untuk mempermudah pemahaman tentang skenario implementasi yang dilakukan maka dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut ini:



**Gambar 4.1** Pengujian Sistem FMIPv6 yang Diimplementasikan

Gambar 4.1 tersebut menunjukkan implementasi yang dilakukan dalam skripsi ini, dimana trafik yang dilewatkan pada jaringan adalah trafik suara. Trafik suara dibangkitkan dengan cara melakukan panggilan *VoIP* dari sisi *MN* ke *CN* menggunakan *SIP Communicator*. Untuk penggunaan *background traffic* yang diberikan pada sistem, ditentukan dengan menggunakan *iperf* dari *MN* ke *HA*.



## 4.2. Pengukuran dan Analisis Performansi Voice call

### 4.2.1. Pengukuran Delay

#### ➤ Tujuan Pengukuran

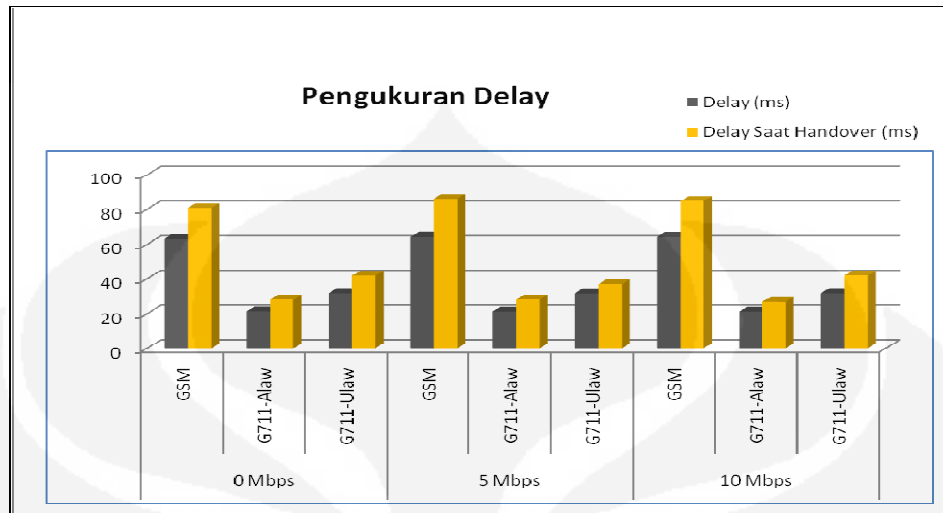
Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi *delay* pada sistem *end to end* hubungan antar *user*. *Delay* atau *latency* adalah waktu yang diperlukan oleh suatu paket data dari *source node* hingga mencapai *destination*. Pada skripsi ini akan dibandingkan antara *voice call* dengan menggunakan teknik kompresi G.711-Alaw, G.711-Ulaw dan GSM.

#### ➤ Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran *delay FMIPv6* saat dilewatkan trafik suara dengan berbagai variasi *background traffic* yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 4.2**, sedangkan untuk grafiknya dapat dilihat pada **Gambar 4.2**, sedangkan data pengukuran dapat dilihat pada lampiran C.

**Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Delay FMIPv6**

No	Skenario	Background Traffic	Delay saat di PAR & NAR (ms)	Delay Saat Handover (ms)
1	GSM	0 Mbps	63.19451555	80.76034623
2	G711-Alaw		21.2988059	28.11795509
3	G711-Ulaw		32.02242009	41.8405698
4	GSM	5 Mbps	64.22528887	86.33447113
5	G711-Alaw		21.23893634	28.10607061
6	G711-Ulaw		31.88480144	36.9872911
7	GSM	10 Mbps	64.21200984	84.90998113
8	G711-Alaw		21.20970928	26.73754413
9	G711-Ulaw		31.95082873	41.92377741



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Delay FMIPv6

#### 4.2.1.1. Analisa Pengukuran Delay FMIPv6

##### ➤ Analisis Hasil Pengukuran

1. Delay yang terukur berdasarkan hasil capture wireshark terhadap penggunaan background traffic dalam implementasi ini hanya memberikan pengaruh yang kecil terhadap kenaikan nilai delay dari paket VoIP.
2. Nilai delay terbaik saat menggunakan codec G711-Alaw dimana nilai nya paling kecil yaitu sekitar 21 ms dimana 1/3 lebih kecil dari codec GSM dan 1/2 lebih kecil dari codec G711-Ulaw.
3. Nilai Delay saat handover mengalami kenaikan yang cukup signifikan yaitu rata-rata sebesar 30% untuk setiap skenario baik tanpa menggunakan background trafik maupun dengan penggunaan background trafik untuk setiap codec yang digunakan.
4. Merujuk pada rekomendasi G.114 pada jaringan aplikasi video call, delay termasuk pada range terbaik 0-150 ms dan dapat diterima untuk semua pengguna aplikasi.

#### 4.2.2. Pengukuran Jitter

##### ➤ Tujuan Pengukuran

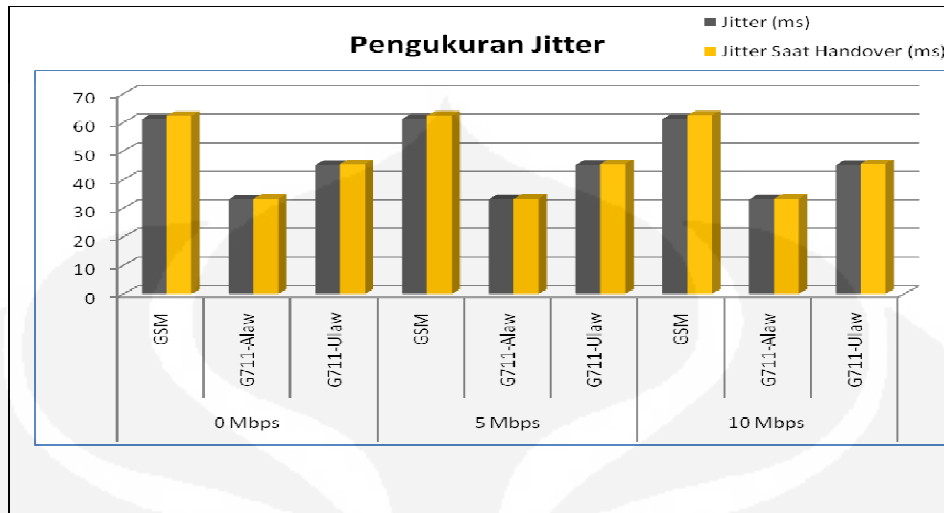
*Jitter* merupakan variasi kedatangan paket akibat lintasan tempuh data yang berbeda dilihat dari sisi penerima. *Jitter* merupakan masalah yang masih ada dan terus ada dalam jaringan data berbasis paket. Jika frame di transmisikan lewat jaringan *IP*, tiap frame akan mengalami *delay* yang berbeda. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya interval waktu antar paket yang dikirimkan dari *source node* ke *destination terminal*. Jika *frame* di transmisikan lewat jaringan *IP*, tiap *frame* akan mengalami *delay* yang berbeda-beda.

##### ➤ Hasil Pengukuran

Jitter dapat disebabkan oleh lintasan tempuh dari paket yang berbeda-beda atau bisa juga disebabkan karena collision pada jaringan, sehingga menyebabkan paket memiliki waktu tempuh yang berbeda. Berikut adalah hasil pengukuran jitter berdasarkan kondisi trafik jaringan dengan berbagai variasi pengaruh backround traffic dan penggunaan codec voice (GSM dan G.711) dapat dilihat pada **Tabel 4.3**, sedangkan untuk grafiknya dapat dilihat pada **Gambar 4.3**, dan data pengukuran dapat dilihat pada lampiran C.

**Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Jitter (ms)**

No	Skenario	Background Traffic	Jitter saat di PAR & NAR (ms)	Jitter Saat Handover (ms)
1	GSM	0 Mbps	61.1601641	62.29219546
2	G711-Alaw		33.13322274	33.36771745
3	G711-Ulaw		45.05746246	45.44350997
4	GSM	5 Mbps	61.24659948	62.33875967
5	G711-Alaw		33.19532752	33.35317093
6	G711-Ulaw		45.11193788	45.4476499
7	GSM	10 Mbps	61.21762282	62.42898742
8	G711-Alaw		33.16689015	33.35068717
9	G711-Ulaw		45.04810117	45.46124252



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Jitter

#### 4.2.2.1. Analisa Pengukuran Jitter FMIPv6

1. *Jitter* dari *VoIP*, saat *MN* berada di *HA*, *NAR* dan saat *handover* dengan variasi kondisi *background traffic* tidak memiliki perbedaan yang signifikan.
2. Penggunaan *background traffic* dalam implementasi ini hanya memberikan pengaruh yang kecil terhadap kenaikan nilai *jitter* dari paket *VoIP*. Penggunaan *background traffic* yang besar memungkinkan menjadi penyebab terjadinya kondisi jaringan yang padat. Jalan yang dilalui oleh paket-paket *VoIP* akan semakin ramai dan padat dengan adanya *background traffic*. Hal ini menyebabkan kemacetan jalan dan antrian yang panjang pada jaringan. Waktu tempuh yang dibutuhkan paket untuk sampai tujuan akan bertambah lama dengan adanya kemacetan dan antrian tersebut. Hal ini pada akhirnya akan berpengaruh pada waktu kedatangan antar paket. Variasi waktu kedatangan antar paket inilah yang akan berpengaruh pada besarnya nilai *jitter*.
3. Dari data hasil pengukuran nilai *jitter* terbaik adalah saat menggunakan *codec* G.711-Alaw yaitu sebesar 33.133 ms dan nilai terburuk saat menggunakan *codec* GSM yaitu sebesar 61.247 ms.
4. Selama terjadi *handover FMIPv6* dengan keadaan *background traffic* yang sama, nilai dari *jitter* tidak mengalami perubahan yang signifikan

terhadap keadaan awal *MN* berada yaitu hanya sebesar 1% lebih besar saat kondisi *handover*. Hal ini karena untuk melakukan perpindahan jaringan dari jaringan yang lama ke jaringan yang baru dibutuhkan selang waktu tertentu, dan menyebabkan paket yang sedang dikirimkan akan terhenti untuk beberapa saat sehingga paket tersebut akan terlambat datang. Kondisi ini menyebabkan variasi waktu kedatangan antar paket akan semakin besar. Contohnya variasi waktu kedatangan antar paket yang terjadi dari paket yang datang sebelum *handover* dengan paket yang datang selama *handover*. Komunikasi akan berlanjut lagi setelah *MN* terhubung pada link barunya. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *handover* maka akan semakin besar pula nilai *jitter* yang dihasilkan.

Merujuk pada rekomendasi yang dikeluarkan oleh ITU , bahwa *jitter* untuk komunikasi *real-time* seperti *VoIP* tidak boleh melebihi 30 ms. Sedangkan hasil dari pengukuran ini didapatkan nilai *jitter* dari aplikasi *VoIP* pada jaringan *FMIPv6* bernilai 33 ms - 62 ms. Hasil dari percobaan ini menyatakan nilai *jitter* dari *VoIP* belum memenuhi standar kualitas layanan. Hal ini dimungkinkan karena pengaruh dari kondisi jaringan yang berbasis *wireless* yang bersifat tidak stabil. *Wireless speed* dan kekuatan sinyal dari *AP* dapat berubah setiap saat. Selain itu dengan adanya *mobility header* pada *IPv6*, besar ukuran paket *VoIP* akan bertambah besar. Hal ini menyebabkan waktu pengolahan paket *VoIP* di router semakin lama yang pada akhirnya akan berpengaruh pada nilai *jitter* yang dihasilkan.

### 4.2.3. Pengukuran *Throughput*

#### ➤ Tujuan Pengukuran

*Throughput* adalah jumlah data per satuan waktu yang dikirim untuk suatu terminal tertentu di dalam sebuah jaringan, dari suatu titik jaringan, atau dari suatu titik ke titik jaringan yang lain. *Throughput* maksimal dari suatu titik atau jaringan komunikasi menunjukkan kapasitasnya.

Secara matematis *throughput* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{throughput} = \frac{\text{jumlah bit success delivered}}{\text{total waktu pengiriman}}$$

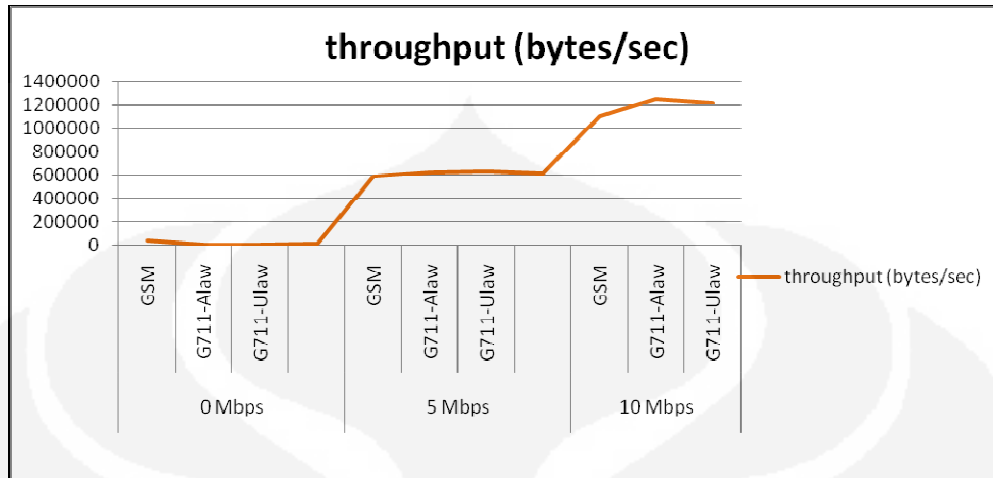
Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya *throughput* dengan pengaruh *background traffic*.

#### ➤ Hasil Pengukuran

Berikut adalah hasil pengukuran *throughput* berdasarkan kondisi trafik jaringan dengan berbagai variasi pengaruh *background traffic* dan penggunaan codec voice (GSM dan G.711) dapat dilihat pada **Tabel 4.4**, sedangkan untuk grafiknya dapat dilihat pada **Gambar 4.4**, sedangkan data pengukuran dapat dilihat pada lampiran C.

**Tabel 4.4 Hasil Pengukuran *Throughput* (bps)**

No.	Skenario	Background Traffic	Lamanya Pengamatan (s)	Total Bytes	Bytes yang sukses dikirim	Throughput (bytes/sec)
1	GSM	0 Mbps	63.626	2855720.8	2707537.448	44402.5798
2	G711-Alaw		63.7598	762285.3	714833.0401	11952.7395
3	G711-Ulaw		63.494	667356.5	624131.8195	10506.8028
4	GSM	5 Mbps	66.62	39536083.4	36891119.42	592682.3704
5	G711-Alaw		66.1567	41597322	39109802.14	631720.7863
6	G711-Ulaw		68.371	39728541.2	37324169.89	638890.7938
7	GSM	10 Mbps	61.3599	68459213.3	63910098.58	1112943.636
8	G711-Alaw		60.9302	76607584.4	72101526.29	1257305.854
9	G711-Ulaw		61.245	74752039.4	70071066.69	1221143.723



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Throughput

#### 4.2.3.1. Analisa Pengukuran Throughput

1. *Throughput* dari *VoIP*, dalam implementasi jaringan diatas menunjukkan hasil yang sangat baik dimana bila dibandingkan dengan packet loss yang rata-rata bernilai 6% maka artinya rata-rata 94% bytes dikirim dengan sukses dari tempat asal ke tempat tujuan. Dari nilai persentase bytes yang sukses dikirim tersebut kemudian dibagi oleh waktu pengamatan untuk tiap penggunaan codec dan variasi backroud traffic dan nilai dari *throughput* yang dihasilkan adalah stabil. Artinya komunikasi dapat terus berlangsung dengan kualitas *VoIP* yang baik.
2. *Background traffic* yang digunakan dalam implementasi ini hanya berpengaruh kecil terhadap penurunan nilai *throughput* dari paket *VoIP*. Penurunan nilai tersebut hanya berkisar antara 1750 bps – 3500 bps atau sekitar kurang dari 0.3% penurunan nilai *throughput*.
3. *Background traffic* yang diberikan pada jaringan, dapat menyebabkan terjadinya kehilangan paket selama proses pengiriman data berlangsung. Semakin besar trafik yang ada dalam jaringan maka peluang paket yang hilang juga akan semakin besar. Hal ini akan berpengaruh terhadap besarnya kesuksesan paket yang berhasil dikirim. Semakin kecil jumlah paket yang berhasil dikirim maka nilai *throughput* akan semakin turun.

#### 4.2.4. Tujuan Pengukuran *Packet Loss*

##### ➤ Tujuan Pengukuran

*Packet loss* adalah jumlah paket yang hilang saat terjadinya hubungan komunikasi antara *MN* dan *CN*. *Packet loss* sering terjadi pada penggunaan protokol *UDP* untuk komunikasi *realtime*. Pada pengiriman paket dengan menggunakan protokol *UDP*, paket tidak akan dikirim kembali jika terjadi kegagalan pengiriman. Masalah akan timbul jika *packet loss* yang terjadi sangat besar sehingga melebihi batas nilai tolerant. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya *packet loss*, dengan pengaruh *background traffic*.

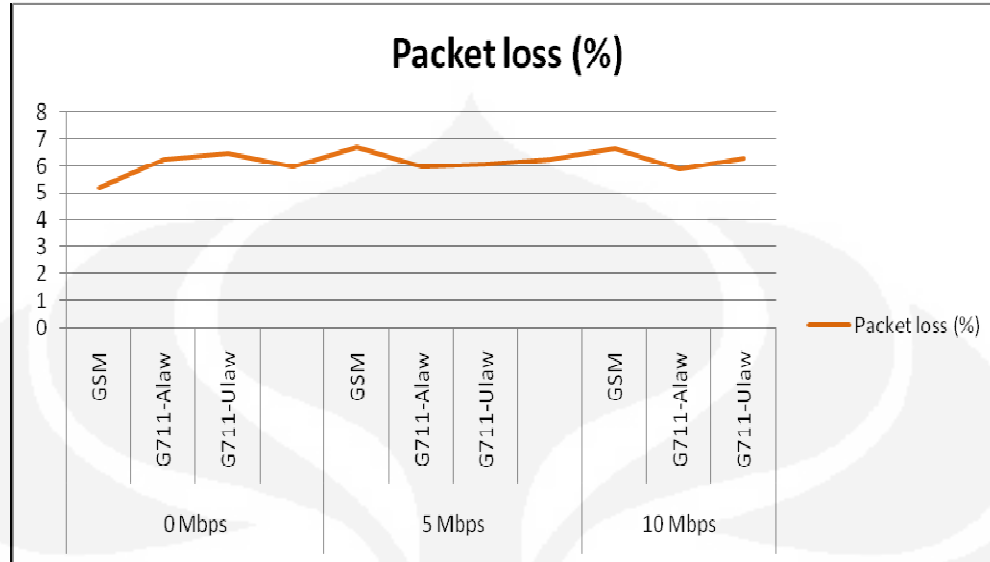
##### 4.2.4.1. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Hasil pengukuran *packet loss* dari *VoIP* dengan pengaruh *background traffic* dapat dilihat pada **Tabel 4.5**, sedangkan untuk grafiknya dapat dilihat pada **Gambar 4.5**, sedangkan data pengukuran dapat dilihat pada lampiran C.

**Tabel 4.5 Hasil Pengukuran *Packet Loss* (%)**

No.	Skenario	Backround Traffic	Lamanya Pengamatan (s)	bytes	Packet Loss (%)
1	GSM	0 Mbps	63.626	2855720.8	5.189
2	G711-Alaw		63.7598	762285.3	6.225
3	G711-Ulaw		63.494	667356.5	6.477
4	GSM	5 Mbps	66.62	39536083.4	6.69
5	G711-Alaw		66.1567	41597322	5.98
6	G711-Ulaw		68.371	39728541.2	6.052
7	GSM	10 Mbps	61.3599	68459213.3	6.645
8	G711-Alaw		60.9302	76607584.4	5.882
9	G711-Ulaw		61.245	74752039.4	6.262





Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengukuran Packet Loss

#### 4.2.4.1 Analisa Pengukuran Packet Loss

1. *Packet loss* dari *VoIP*, dalam implementasi jaringan diatas menunjukkan hasil yang baik yang rata-rata bernilai 6%, merujuk pada rekomendasi yang dikeluarkan oleh ITU<sup>[9]</sup>, bahwa *packet loss* pada *voice* yang masih dapat ditoleransi adalah 10 %. Untuk tiap penggunaan codec dan variasi *background traffic* dapat dilihat bahwa nilai dari *packet loss* yang dihasilkan adalah stabil. Artinya komunikasi dapat terus berlangsung dengan kualitas *VoIP* yang baik.
2. *Background traffic* yang digunakan dalam implementasi ini hanya berpengaruh kecil terhadap peningkatan nilai *packet loss* dari paket *VoIP*. Peningkatan nilai tersebut hanya berkisar antara 0.28% – 0.3% . Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa *packet loss* masih memenuhi standar.
3. Penggunaan *background traffic* yang besar dapat menyebabkan kondisi jaringan semakin padat. Hal ini menyebabkan terjadinya kehilangan paket selama proses pengiriman data berlangsung. Jika jumlah paket yang hilang semakin besar (melebihi batas nilai toleran), maka hal ini akan menyebabkan kualitas dari layanan semakin menurun.

### 4.3 Estimasi Parameter Hasil Pengukuran ke MOS (Mean Opinion Score)

#### 4.3.1 Estimasi MOS Berdasarkan Pengujian Jaringan

Untuk menentukan nilai akhir MOS, maka terlebih dahulu harus dilakukan penentuan parameter dalam *E-Model*. *E-Model* didefinisikan dalam standar ITU *recommendation G.107*. Dengan *E-Model* bisa dilakukan perhitungan kualitas layanan dalam jaringan *packet switch*. Nilai akhir dari estimasi *E-Model* disebut dengan “*R factor*”. *R factor* didefinisikan sebagai faktor kualitas transmisi dari beberapa parameter yang mempengaruhi kualitas layanan suara di dalam jaringan.

Persamaan untuk *R-factor* dituliskan pada persamaan berikut :

$$R = 94,2 - I_d - I_{ef} \quad (\text{Persamaan 4.1 Perhitungan R Faktor})$$

Dimana:

R = Faktor kualitas transmisi

$I_d$  = Faktor penurunan kualitas suara yang disebabkan oleh pengaruh one-way delay

$I_{ef}$  = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan paket loss yang terjadi dan nilainya tergantung pada metode kompresi yang digunakan.

#### ➤ Perhitungan nilai $I_d$

Nilai  $I_d$  berkaitan erat dengan nilai *delay* yang terjadi, untuk melakukan perhitungan nilai  $I_d$  digunakan persamaan berikut :

$$I_d = 0.024 d + 0.11(d - 177.3) H_{(d - 177.3)} \quad (\text{Persamaan 4.2 Perhitungan Nilai } I_d)$$

Dimana:

d = one-way delay (milli second)

H = fungsi tangga; dengan ketentuan

$H(x) = 0$ , jika  $x < 0$ , lainnya

$H(x) = 1$ , untuk  $x \geq 0$

Berdasarkan persamaan tersebut maka nilai hasil perhitungan  $I_d$  adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Perhitungan nilai  $I_d$  (faktor kerusakan disebabkan *delay*)

No	Skenario	Background Traffic	Delay (ms)	Nilai Fungsi H	$I_d$ (0.024d)
1	GSM	0 Mbps	80.76034623	0	1.938248309
2	G711-Alaw		28.11795509	0	0.674830922
3	G711-Ulaw		41.8405698	0	1.004173675
4	GSM	5 Mbps	86.33447113	0	2.072027307
5	G711-Alaw		28.10607061	0	0.674545695
6	G711-Ulaw		36.9872911	0	0.887694986
7	GSM	10 Mbps	84.90998113	0	2.037839547
8	G711-Alaw		26.73754413	0	0.641701059
9	G711-Ulaw		41.92377741	0	1.006170658

➤ **Perhitungan nilai  $I_{ef}$**

Nilai  $I_{ef}$  sangat erat kaitannya dengan *packet loss*, hal tersebut dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$I_{ef} = 7 + 30 \ln(1 + 15e) \quad (\text{Persamaan 4.3 Perhitungan Nilai } I_{ef})$$

Dimana:

$e$  = persentasi besarnya paket loss yang terjadi (dalam bentuk desimal)

Dengan  $e$  adalah nilai desimal dari *packet loss*. Dalam teknologi VoIP nilai *packet loss* harusnya serendah mungkin, karena yang dikirim merupakan paket suara yang dalam proses pengirimannya tidak ada proses retransmisi. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka nilai  $I_{ef}$  dapat di lihat pada grafik di bawah ini :

**Tabel 4.7** Hasil perhitungan nilai  $I_{ef}$  (*Equipment Impairment Factor*)

No	Skenario	Background Traffic	Packet Loss (%)	$I_{ef}$
1	GSM	0 Mbps	0.05189	13.92025353
2	G711-Alaw		0.06225	15.12942642
3	G711-Ulaw		0.06477	15.41632474
4	GSM	5 Mbps	0.0669	15.6567007
5	G711-Alaw		0.0598	14.84784213
6	G711-Ulaw		0.06052	14.93086801
7	GSM	10 Mbps	0.06645	15.60607727
8	G711-Alaw		0.05882	14.73446419
9	G711-Ulaw		0.06262	15.17172262

➤ **Perhitungan nilai  $R$  Factor**

Dengan memasukan nilai hasil pengukuran dari  $I_d$  dan  $I_{ef}$  pada persamaan di atas, maka nilai  $R$  factor didapatkan sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Hasil perhitungan nilai  $R$  Factor

No	Skenario	Background Traffic	$I_d$	$I_{ef}$	R Factor
1	GSM	0 Mbps	1.938248309	13.92025353	78.34149816
2	G711-Alaw		0.674830922	15.12942642	78.39574266
3	G711-Ulaw		1.004173675	15.41632474	77.77950158
4	GSM	5 Mbps	2.072027307	15.6567007	76.471272
5	G711-Alaw		0.674545695	14.84784213	78.67761217
6	G711-Ulaw		0.887694986	14.93086801	78.381437
7	GSM	10 Mbps	2.037839547	15.60607727	76.55608319
8	G711-Alaw		0.641701059	14.73446419	78.82383476
9	G711-Ulaw		1.006170658	15.17172262	78.02210673

➤ **Konversi nilai  $R$  Factor ke dalam MOS (ITU – P.800)**

Karena nilai  $R$  factor berada pada interval  $1 < R < 100$  maka persamaan yang digunakan untuk konversi nilai  $R$  factor ke dalam MOS adalah

$$\text{MOS} = 1 + 0.035 R + 7 \times 10^{-6} R(R-60)(100-R)$$

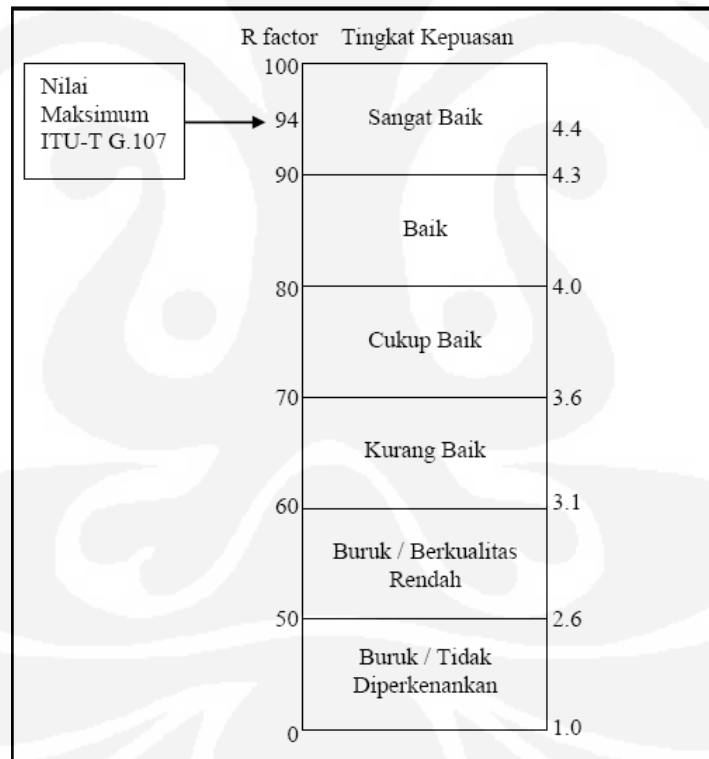
(Persamaan 4.4 Konversi R Faktor ke dalam MOS)

Dengan memasukan semua nilai  $R$  factor hasil perhitungan sebelumnya didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 4.9** Konversi nilai *R Factor* ke dalam nilai MOS

No	Skenario	Backgroud Traffic	R Factor	MOS
1	GSM	0 Mbps	78.34149816	3.959800212
2	G711-Alaw		78.39574266	3.961946735
3	G711-Ulaw		77.77950158	3.937380655
4	GSM	5 Mbps	76.471272	3.883948582
5	G711-Alaw		78.67761217	3.97305065
6	G711-Ulaw		78.381437	3.961380942
7	GSM	10 Mbps	76.55608319	3.887463957
8	G711-Alaw		78.82383476	3.978777659
9	G711-Ulaw		78.02210673	3.947099043
Rata-rata			77.93878758	3.943427604

Hubungan antara nilai R dengan nilai MOS ditunjukkan pada Gambar 4.6.

**Gambar 4.6** Hubungan Nilai R dengan Nilai MOS

Dapat dilihat rata-rata nilai MOS yang didapatkan berada di sekitar nilai 3.94. Jika dirujukan dengan referensi pada Tabel Rekomendasi ITU-T P.800 untuk nilai kualitas berdasarkan MOS, maka dapat ditarik suatu pernyataan bahwa implementasi voip menggunakan codec G.711 dan GSM dengan menggunakan metode fast handover pada mobile ipv6 (FMIPv6) menghasilkan kinerja yang cukup baik.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil implementasi dan analisa skripsi ini serta pengambilan data yang dilakukan pada jaringan Mobile IP Versi 6 yang ditambahkan protokol FMIPv6 untuk mendukung layanan VoIP dengan variasi penggunaan codec GSM, G.711-Alaw dan G.711-Ulaw, dan menggunakan satu buah Mobile Node dengan dukungan sistem operasi Linux, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Nilai *delay* terbaik saat menggunakan codec G711-Alaw dimana nilai nya paling kecil yaitu sebesar 21 ms dimana  $\frac{1}{3}$  lebih kecil dari *codec* GSM dan  $\frac{1}{2}$  lebih kecil dari codec G711-Ulaw.
2. Dari data hasil pengukuran nilai *jitter* terbaik adalah saat menggunakan *codec* G.711-Alaw yaitu sebesar 33.133 ms dan nilai terburuk saat menggunakan *codec* GSM yaitu sebesar 61.247 ms.
3. *Throughput* dari VoIP, dalam implementasi jaringan diatas menunjukkan hasil yang sangat baik dimana bila dibandingkan dengan *packet loss* yang rata-rata bernilai 6% maka artinya rata-rata 94% bytes dikirim dengan sukses dari tempat asal ke tempat tujuan.
4. *Packet loss* dari VoIP, dalam implementasi jaringan diatas menunjukkan hasil yang sangat baik yang rata-rata bernilai 6%, merujuk pada rekomendasi yang dikeluarkan oleh ITU, bahwa *packet loss* yang masih dapat ditoleransi adalah 10 %.
5. Nilai MOS yang didapatkan berada di sekitar nilai 3.94. Jika dirujukan dengan referensi pada Tabel Rekomendasi ITU-T P.800 untuk nilai kualitas berdasarkan MOS, maka dapat ditarik suatu pernyataan bahwa implementasi voip menggunakan codec g711 dan GSM dengan menggunakan metode fast handover pada mobile ipv6 (fmipv6) menghasilkan kinerja yang cukup baik.
6. Pemilihan codec sangat berpengaruh pada penggunaan bandwidth jaringan nantinya. Makin baik codec melakukan sampling, makin efisien juga jalur yang digunakan. Kualitas akhir suara juga harus diperhatikan agar tidak

sekedar cepat; codec juga harus menghasilkan sinyal audio yang baik. Dari hasil analisa diatas menunjukkan bahwa penggunaan codec terbaik adalah codec G.711-Alaw.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heri Purwanto, “Implementasi Metode Fast Handover Mobile Ipv6 (Fmipv6) Pada Jaringan Mobile Ipv6 Untuk Mendukung Layanan Voip”, IT Telkom, 2009.
- [2] Suci Setia Astuti, “Implementasi Dan Analisa Mobile IPv6 Pada Sistem Operasi Linux”, STT Telkom, 2005.
- [3] <http://www.fmipv6.org>.
- [4] <http://www.en.voipforo.com>
- [5] E. Ivov and T. Noel, “An Experimental Performance Evaluation of the IETF FMIPv6 Protocol over IEEE 802.11 WLAN”, In Proceedings of the IEEE Conference on Wireless Communications and Networking (WCNC’06), Las Vegas, USA, April 2006.
- [6] P. Ferguson, and G. Huston, “*Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks*,” John Wiley & Sons, Canada, 1998.
- [7] M. A. Miller, P.E, “*Implementing IPv6*,” 2<sup>nd</sup> Edition, M & T Books, New York, 1999.
- [8] Fikri Ahmad Setiawan, “Aplikasi Layanan Voice over Internet Protokol (VoIP) berbasis Session Initiation Protocol (SIP) pada kantor Kepolisian Daerah (POLDA) Jawa”, IT Telkom, 2008.
- [9] Saxena, Sanjay Jasola and Ramesh C. Sharma, “*Impact of VoIP and QoS on Open and Distance Learning*,” TOJDE, India, 2006.

## LAMPIRAN A

### LOG HA/PAR :

```
root@swc-desktop:/home/swc# fmipv6-ar -c /usr/local/etc/fmipv6-ar-ha.conf
20:55:47.693069|main.244: fmipv6-ar v1.0-rc1 started
*****
Current Candidate Access Router Information. (List Size=1)
*****
*****
New AP's Link Layer Address   : 00:27:19:D0:ED:BB
New AP's Link Layer Address Code : 0
New Router's Link Layer Address : 00:04:E2:0F:A6:92
New Router's IP Address       : 2001:660:4701:3::1/64
New Router Prefix Information  : 2001:660:4701:3::/64
NCoA (MN only)               : ::
PCoA (MN only)                : ::
PAR (MN only)                 : ::
*****
*****
Interface list
*****
*****
Interface (index)             : eth0 (5)
Interface's prefix            : 2001:660:4701:3::/64
*****
20:55:47.695318|fmipv6_xfrm_pol_add.583: Adding Home Address handling
20:55:47.696413|fmipv6_ar_mh_listen.241: Starting fmipv6_ar_mh_listen
20:55:47.696777|fmipv6_ar_icmp6_listen.173: Starting fmipv6_ar_icmp6_listen
```

**LOG Server VOIP :**

```
root@swc-desktop:/home/swc# /etc/init.d/ser restart
```

```
+-----+-----+-----+-----+
| username | email_address | callid |
+-----+-----+-----+
| 1000 | 1000@sipv6.net | 932abdf53265d329fb24a6138816ad32@0.0.0.0 |
| 2000 | 2000@sipv6.net | b5573dbf0b5256d89bf310e8a27c584d@0.0.0.0 |
+-----+-----+-----+-----+

```

Note: Due to usage of cache, server's list may differ from DB list.

```
root@swc-desktop:/home/swc# /etc/init.d/serctl ul show
```

Dumping all contacts may take long: are you sure you want to proceed? [Y|N] Y

```
===Domain list===
```

```
---Domain---
```

```
name : 'location'
```

```
size : 8192
```

```
table: 0xb5c0eec8
```

```
d_ll {
```

```
  n : 2
```

```
  first: 0xb5c2eed0
```

```
  last : 0xb5c2f010
```

```
}
```

```
...Record(0xb5c2eed0)...
```

```
domain: 'location'
```

```
aor : '2000'
```

```
~~~Contact(0xb5c2ef10)~~~
```

```
domain : 'location'
```

```
aor : '2000'
```

```
Contact : 'sip:2000@[2001:660:4701:2:0:0:7]:5060;transport=udp'
```

```
Expires : 3593
```

```
q :
```

```
Call-ID : 'a2d2b9d7ce26e03ed02e8b7ca313f1f2@0.0.0.0'
```

```
CSeq : 570
```

```
User-Agent: 'SIP Communicator 1.0-alpha3-nightly.build.1620_i386'  
received : "  
State : CS_DIRTY  
Flags : 0  
next : (nil)  
prev : (nil)  
~~~/Contact~~~  
.../Record...  
...Record(0xb5c2f010)...  
domain: 'location'  
aor : '1000'  
~~~Contact(0xb5c30938)~~~  
domain : 'location'  
aor : '1000'  
Contact : 'sip:1000@[2001:660:4701:3:0:0:10]:5060;transport=udp'  
Expires : 3591  
q :  
Call-ID : '92cb7085c8e9aebacbf2822d76d54f31@0.0.0.0'  
CSeq : 582  
User-Agent: 'SIP Communicator 1.0-alpha3-nightly.build.1620_i386'  
received : "  
State : CS_DIRTY  
Flags : 0  
next : (nil)  
prev : (nil)  
~~~/Contact~~~  
.../Record...  
---/Domain---  
---Domain---  
name : 'aliases'  
size : 8192  
table: 0xb5beee70
```

```
d_ll {  
  n : 0  
  first: (nil)  
  last : (nil)  
}  
---/Domain---  
===/Domain list===
```

**LOG NAR:**

```
root@swc-desktop:/home/swc# fmipv6-ar
```

```
17:34:14.964964|main.244: fmipv6-ar v1.0-rc1 started
```

```
*****
```

```
Current Candidate Access Router Information. (List Size=1)
```

```
*****
```

```
*****
```

```
New AP's Link Layer Address : 00:11:50:57:61:CB
```

```
New AP's Link Layer Address Code : 0
```

```
New Router's Link Layer Address : 00:A1:B0:20:2B:A0
```

```
New Router's IP Address : 2001:660:4701:4::1/64
```

```
New Router Prefix Information : 2001:660:4701:4::/64
```

```
NCoA (MN only) : ::
```

```
PCoA (MN only) : ::
```

```
PAR (MN only) : ::
```

```
*****
```

```
*****
```

```
Interface list
```

```
*****
```

```
*****
```

```
Interface (index) : eth0 (4)
```

```
Interface's prefix : 2001:660:4701:4::/64
```

```
*****
```

```
17:34:14.966711|fmipv6_xfrm_pol_add.583: Adding Home Address handling
```

```
17:34:14.967597|fmipv6_ar_icmp6_listen.173: Starting fmipv6_ar_icmp6_listen
```

```
17:34:14.972271|fmipv6_ar_mh_listen.241: Starting fmipv6_ar_mh_listen
```

**LOG MN:**

```

root@mn-laptop:/home/mn# fmipv6-mn -c /usr/local/etc/fmipv6-mn.conf
17:47:11.457556|main.243: fmipv6-mn v1.0-rc1 started
17:47:11.457795|fmip6_mn_main.1755: FMIPv6 MN Main.
17:47:11.460739|homng_init.759: Starting HOMNG_INIT!
17:47:11.461036|fmip6_mn_mh_listen.201: Starting mn_mh_listen!
17:47:41.060572|fmip6_mn_iw_event_listen.1795: Interface 8 is down
17:47:41.060814|fmip6_mn_iw_event_listen.1913: (Unknown Wireless event
0x0000)
17:47:42.990688|fmip6_mn_iw_event_listen.1791: Interface 8 is up
17:47:42.990843|fmip6_mn_iw_event_listen.1913: (Unknown Wireless event
0x0000)
17:47:46.877011|fmip6_mn_movement_event.1540: Received movement event
type=9 coa=2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7 if=ath0 (8)
17:47:46.877202|fmip6_mn_start_car_discovery.1401: Will scan on iface ath0 (8)
17:47:46.877244|fmip6_ap_list_remove_aps_for_iface.167: Free-ing ap list
17:47:46.877366|request_scan.637: Scan request successfully sent!
17:47:46.877422|fmip6_mn_iw_scan.1173: Waiting for the scan to complete ...
17:47:48.804409|fmip6_mn_start_car_discovery.1414: Wireless scan returned 13
APs
17:47:48.804622|car_disc_send_rtsolpr.576: AP list size(12) - sending contents in
an RtSolPr
17:47:48.804686|car_disc_send_rtsolpr.609: Sending RtSolPr with iov_ind=14,
src=2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7,
17:47:48.804737|car_disc_send_rtsolpr.610: dst=ff02::2
17:47:48.866479|fmip6_mn_icmp6_listen.1666: Received an experimental
mobility message:
len: 104
type: 3
from: fe80::204:e2ff:fe0f:a692
17:47:48.866630|fmip6_mn_icmp6_listen.1669:to:
2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7

```

iif: 8

17:47:48.866673|fmip6\_transaction\_cancel.463: Removed tran with id=18103

17:47:48.866707|car\_disc\_process\_prrtadv.682: Received a PrRtAdv

17:47:48.866740|fmip6\_car\_list\_free\_list.300: Will be freeing list with size 0

17:47:48.866880|car\_disc\_extract\_car\_descriptor.237: Parsed PrRtAdv.nar\_ip =  
2001:660:4701:3::1

17:47:48.866921|extract\_car\_list.495: Finished extracting [AP-ID, AR-Info]  
tuples.



## LAMPIRAN B

### LOG saat Handover MN dari PAR ke NAR :

Sun Nov 21 03:01:06 mh\_bu\_parse: Binding Update Received  
Sun Nov 21 03:01:06 mh\_bu\_parse: Binding Update Received  
Sun Nov 21 03:01:06 mh\_bu\_parse: Binding Update Received  
Sun Nov 21 03:01:07 ndisc\_do\_dad: Dad success  
Sun Nov 21 03:01:07 \_\_tunnel\_add: created tunnel ip6tnl1 (16) from  
2001:660:4701:3:0:0:0:1 to  
2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7 user count 1  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ifindex 16  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: hoa 2001:660:4701:3:0:0:0:10  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ha 2001:660:4701:3:0:0:0:1  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ipsec ESP  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ifindex 16  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: hoa 2001:660:4701:3:0:0:0:10  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ha 2001:660:4701:3:0:0:0:1  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ocoa 2001:660:4701:3:0:0:0:10  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ncoa 2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7  
Sun Nov 21 03:01:07 dump\_migrate: ipsec ESP  
Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send\_ba: status 0  
Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send: sending MH type 6  
from 2001:660:4701:3:0:0:0:1  
to 2001:660:4701:3:0:0:0:10  
Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send: remote CoA 2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7  
Sun Nov 21 03:01:07 tunnel\_mod: modifying tunnel 16 end points with from  
2001:660:4701:3:0:0:0:1  
to 2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7  
Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send\_ba: status 0  
Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send: sending MH type 6  
from 2001:660:4701:3:0:0:0:1  
to 2001:660:4701:3:0:0:0:10

Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send: remote CoA 2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7

Sun Nov 21 03:01:07 tunnel\_mod: modifying tunnel 16 end points with from

2001:660:4701:3:0:0:0:1

to 2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7

Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send\_ba: status 0

Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send: sending MH type 6

from 2001:660:4701:3:0:0:0:1

to 2001:660:4701:3:0:0:0:10

Sun Nov 21 03:01:07 mh\_send: remote CoA 2001:660:4701:4:21e:4cff:fe69:5fa7

## LAMPIRAN C

### Data Hasil Pengukuran :

#### DELAY

No	Skenario	Background Traffic	Delay (ms)	Delay Saat Handover (ms)	Selisih delay dan delay saat HO (%)
1	GSM	0 Mbps	63.19451555	80.76034623	27.79644804
2	G711-Alaw		21.2988059	28.11795509	32.01657986
3	G711-Ulaw		32.02242009	41.8405698	30.66023644
		Subtotal	38.83858051	50.23962371	29.35494307
4	GSM	5 Mbps	64.22528887	86.33447113	34.42441855
5	G711-Alaw		21.23893634	28.10607061	32.33275979
6	G711-Ulaw		31.88480144	36.9872911	16.00288986
		Subtotal	39.11634222	50.47594428	29.04055291
7	GSM	10 Mbps	64.21200984	84.90998113	32.23380072
8	G711-Alaw		21.20970928	26.73754413	26.06275636
9	G711-Ulaw		31.95082873	41.92377741	31.21342724
		Subtotal	39.12418262	51.19043423	30.84090401

#### Jitter

No	Skenario	Background Traffic	Jitter (ms)	Jitter Saat Handover (ms)	Selisih Jitter dan Jitter saat HO (%)
1	GSM	0 Mbps	61.1601641	62.29219546	1.850929243
2	G711-Alaw		33.13322274	33.36771745	0.707732854
3	G711-Ulaw		45.05746246	45.44350997	0.856789295
		Subtotal	46.4502831	47.03447429	1.138483797
4	GSM	5 Mbps	61.24659948	62.33875967	1.78321767
5	G711-Alaw		33.19532752	33.35317093	0.475498854
6	G711-		45.11193788	45.4476499	0.744175585

	Ulaw				
		Subtotal	46.51795496	47.04652683	1.000964036
7	GSM	10 Mbps	61.21762282	62.42898742	1.978784121
8	G711-Alaw		33.16689015	33.35068717	0.554158141
9	G711-Ulaw		45.04810117	45.46124252	0.917111583
		Subtotal	46.47753805	47.08030571	1.150017948

## Throughput

No	Skenario	Backround Traffic	Lama Pengamatan (s)	Bytes	throughput (bytes/sec)
1	GSM	0 Mbps	63.626	2855720.8	44402.5798
2	G711-Alaw		63.7598	762285.3	11952.7395
3	G711-Ulaw		63.494	667356.5	10506.8028
		Subtotal	63.6266	1428454.2	28177.65965
4	GSM	5 Mbps	66.62	39536083.4	592682.3704
5	G711-Alaw		66.1567	41597322	631720.7863
6	G711-Ulaw		68.371	39728541.2	638890.7938
		Subtotal	67.04923333	40287315.53	612201.5784
7	GSM	10 Mbps	61.3599	68459213.3	1112943.636
8	G711-Alaw		60.9302	76607584.4	1257305.854
9	G711-Ulaw		61.245	74752039.4	1221143.723
		Subtotal	61.17836667	73272945.7	1197131.071

## Packet Loss

No	Skenario	Backround Traffic	Lama Pengamatan (s)	Bytes	Packet Loss (%)
1	GSM	0 Mbps	63.626	2855720.8	5.189
2	G711-Alaw		63.7598	762285.3	6.225
3	G711-		63.494	667356.5	6.477

	Ulaw				
		Subtotal	63.6266	1428454.2	5.963666667
					6.69
4	GSM	5 Mbps	66.62	39536083.4	5.98
5	G711-Alaw		66.1567	41597322	6.052
6	G711-Ulaw		68.371	39728541.2	6.240666667
		Subtotal	67.04923333	40287315.53	6.645
					5.882
7	GSM	10 Mbps	61.3599	68459213.3	6.262
8	G711-Alaw		60.9302	76607584.4	6.263
9	G711-Ulaw		61.245	74752039.4	1221143.723
		Subtotal	61.17836667	73272945.7	407052.0825

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* GSM dengan *Background Traffic* 0 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	2496.28	63.02165344	80.13472013	64.21	60.81554233	62.26314961	796	40	5.03
2	1497.85	61.19229692	68.29113208	66.23	61.27036415	62.35138365	1094	23	2.1
3	3588.15	63.44362245	81.83251572	64.24	61.19790816	62.40421384	1038	58	5.59
4	3619.77	63.50067218	81.6327044	64.28	61.14487073	62.10767296	1025	58	5.66
5	3494.46	63.12783366	80.85188679	64.13	61.20451644	62.31119497	1090	56	5.14
6	1622.62	61.32838906	69.27018868	65.98	61.20876393	62.73201258	1011	24	2.37
7	3338.64	63.15431034	80.06522013	64.25	61.18504057	62.33433962	1040	54	5.19
8	3245.22	62.76731662	79.28735849	64.26	61.224039	62.18018868	1129	52	4.61
9	6833.67	66.83645427	102.0433333	64.5	61.2011408	62.25062893	1085	112	10.32
10	3837.7	63.57260654	84.19440252	64.21	61.14945491	61.98716981	1072	63	5.88
<b>AVG</b>		63.19451555	80.76034623	64.629	61.1601641	62.29219546	1038	54	5.189
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	5367	62.23	82.613	1127.179	6193178	93143.097	0.734		
2	5481	65.56	83.607	1139.168	6243781	95242.031	0.762		
3	4696	62.21	75.492	1116.296	5242128	84271.881	0.674		
4	4161	61.41	67.763	1089.98	4535405	73860.552	0.591		
5	4813	65.27	73.735	1106.809	5327070	81610.741	0.653		
6	1070	60.53	17.677	188.036	201199	3323.893	0.027		
7	1084	62.27	17.408	183.186	198574	3188.911	0.026		
8	1163	67.6	17.204	188.433	219147	3241.802	0.026		
9	1056	65.03	16.238	186.863	197327	3034.308	0.024		
10	1077	64.15	16.79	185.143	199399	3108.582	0.025		
<b>AVG</b>	2996.8	63.626	46.8527	651.1093	2855720.8	44402.5798	0.3542		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* G.711-Alaw dengan *Background Traffic* 0 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	5615.87	21.94110036	31.60416309	38.08	33.15456989	33.49124464	3064	274	8.94
2	3338.1	21.06469297	27.11444206	37.88	33.16007547	33.49188841	3077	162	5.26
3	3119.61	20.93244832	26.24727468	38.06	33.13909884	33.01744635	3245	149	4.59
4	3463.18	21.13949129	25.79973498	38.03	33.1115784	33.36111307	3039	169	5.56
5	3837.9	21.09294314	26.46090106	37.94	33.13650046	33.27102473	3476	187	5.38
6	3783.13	21.22419689	28.50278846	38.07	33.17575475	33.36050481	3076	181	5.88
7	4149.59	21.35028512	28.45828326	38.05	33.12645688	33.42630901	3076	200	6.5
8	5740.46	21.98379471	31.8727897	37.88	33.11829757	33.36630901	3077	281	9.13
9	3868.68	21.16941519	26.46083039	37.74	33.09210339	33.43438163	3282	187	5.7
10	3868.57	21.08969097	28.65834326	38.01	33.11779178	33.45695279	3520	187	5.31
<b>AVG</b>		21.2988059	28.11795509	37.974	33.13322274	33.36771745	3193.2	197.7	6.225
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	2855	61.22	46.638	248.76	710205	11601.593	0.093		
2	2977	61.4	48.482	249.456	742630	12094.08	0.097		
3	3166	64.808	48.852	249.198	788960	12173.89	0.097		
4	2947	60.67	48.574	246.969	727818	11996.297	0.096		
5	3363	69.38	48.476	247.643	832822	12004.682	0.096		
6	2959	61.44	48.158	250.107	740066	12044.57	0.96		
7	2961	61.4	48.222	248.649	736250	11990.375	0.096		
8	2856	61.47	46.464	249.403	712296	11588.25	0.093		
9	3174	65.52	48.443	249.014	790372	12063.072	0.097		
10	3409	70.29	48.498	246.827	841434	11970.586	0.096		
<b>AVG</b>	3066.7	63.7598	48.0807	248.6026	762285.3	11952.7395	0.1821		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* G.711-Ulaw dengan *Background Traffic* 0 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	3338.59	31.42747702	39.46521368	49.31	45.1145818	45.48831909	2284	108	4.73
2	3868.72	31.72265326	40.80299145	49.32	45.04560345	45.36210826	2213	125	5.65
3	3276.21	32.30026998	43.11301994	49.32	45.02910005	45.55068376	2038	149	7.31
4	3151.11	31.34156102	38.66789174	49.36	45.07449385	45.3631339	2214	100	4.52
5	3526.07	31.64233871	39.82487179	49.38	45.08299899	45.39609687	2097	113	5.39
6	3868.96	31.82322272	40.97974359	49.26	45.04628457	45.4994302	2114	125	5.91
7	3369.91	31.59822581	39.46891738	49.33	45.01985432	45.44980057	2030	108	5.32
8	5580.66	32.84922708	45.85509972	49.28	45.00237207	45.39606838	2059	183	8.89
9	6489.84	33.41959039	47.91478632	49.28	45.04205352	45.44002849	2043	212	10.38
10	4368.42	32.09963489	42.31316239	49.42	45.11728195	45.4894302	109.39	141	6.67
<b>AVG</b>		32.02242009	41.8405698	49.326	45.05746246	45.44350997	1920.139	136.4	6.477
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	2248	68.39	32.872	322.317	724568	10595.265	0.085		
2	2165	66.33	32.638	326.139	706090	10644.657	0.085		
3	1955	61.02	32.041	324.316	634038	10391.408	0.083		
4	2182	66.26	32.933	325.327	709864	10714.012	0.086		
5	2099	62.79	33.428	319.942	671558	10695.065	0.086		
6	2060	63.3	32.545	323.971	667380	10543.758	0.084		
7	1986	60.73	32.7	325.71	646860	10650.999	0.085		
8	1942	61.63	31.513	324.918	630990	10239.201	0.082		
9	1946	61.19	31.802	318.559	619915	10130.82	0.081		
10	2040	63.3	32.227	324.658	662302	10462.843	0.084		
<b>AVG</b>	2062.3	63.494	32.4699	323.5857	667356.5	10506.8028	0.0841		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							



Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* GSM dengan *Background Traffic* 5 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	3463.22	63.03847521	79.96778443	64.32	61.28362956	62.30724551	1125	56	4.98
2	3619.32	63.34203902	79.79281437	64.42	61.28392195	62.29077844	1083	58	5.36
3	2120.19	61.7604424	72.00862275	70.04	61.34046083	62.86269461	1119	34	3.04
4	6084.08	66.04033058	96.40754491	64.9	61.17739669	62.28706587	1068	100	9.36
5	3369.72	63.02569656	79.2205988	64.43	61.28332061	62.27856287	1102	54	4.9
6	6864.37	66.49575758	100.2562874	64.31	61.20211144	62.20005988	1136	113	9.95
7	5865.91	65.38605163	94.34688623	64.3	61.2632696	62.26467066	1142	96	8.41
8	3494.45	63.00873358	80.70682635	64.44	61.28719512	62.31706587	1122	56	4.99
9	6521.22	66.84101433	98.65802395	65.34	61.09488423	62.33131737	1013	106	10.46
10	3993.73	63.31434783	81.97932203	64.27	61.24980479	62.24813559	1192	65	5.45
<b>AVG</b>		64.22528887	86.33447113	65.077	61.24659948	62.33875967	1110.2	73.8	6.69
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	36909	67.56	546.347	1121.893	41407935	612942.573	4.904		
2	36844	65.07	566.2	1048.1	38616185	593433.604	4.747		
3	43830	67.2	652.247	1024.675	44911485	668340.648	5.347		
4	31749	64.12	495.166	1097.423	34842078	543406.801	4.347		
5	34084	66.1	515.643	1150.666	39219286	593332.699	4.747		
6	34641	68.12	508.559	1088.643	37711689	553639.364	4.429		
7	36058	68.56	525.943	1071.347	38630628	563466.991	4.508		
8	35071	67.24	521.598	1132.583	39720822	590753.032	4.726		
9	30993	60.74	510.297	1110.233	34409439	565548.187	4.532		
10	41246	71.49	576.978	1112.624	45891287	641959.805	5.136		
<b>AVG</b>	36142.5	66.62	541.8978	1095.8187	39536083.4	592682.3704	4.7423		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* G.711-Alaw dengan *Background Traffic* 5 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	4710.6	21.56140587	29.39873967	38.1	33.19136442	33.39456612	3126	231	7.39
2	2121.47	21.06825839	26.39077844	37.89	33.18642398	33.37610778	2958	156	5.27
3	3368.98	21.02787578	26.82911638	38.24	33.1470664	33.22049569	3189	162	5.08
4	3618.99	21.09713914	27.14134298	38.06	33.17925878	33.30421488	3251	175	5.38
5	3244.27	20.90610703	26.56733471	37.96	33.20350153	33.44378099	3426	156	4.55
6	3845.19	21.14684576	27.54417355	38.07	33.20503793	33.37458678	3351	187	5.58
7	3706.79	21.0397243	27.59210744	37.99	33.23333716	33.34225207	3669	187	5.1
8	6489.97	22.23450327	33.52229339	38.07	33.17986937	33.29018595	3239	330	10.19
9	3838.84	21.10600733	27.64537744	38.1	33.20913004	33.39417603	3463	187	5.4
10	4086.39	21.20149658	28.42944215	38.15	33.21828563	33.39134298	3414	200	5.86
<b>AVG</b>		21.23893634	28.10607061	38.063	33.19532752	33.35317093	3308.6	197.1	5.98
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	35056	62.5	560.895	1053.379	36927256	590834.687	4.727		
2	38415	59.19	649.063	1007.978	36721478	654240.892	5.234		
3	39240	63.75	615.58	1045.365	41020108	643505.782	5.148		
4	40683	65.03	625.562	1013.756	41242654	634167.265	5.073		
5	42665	68.52	622.689	996.632	42521322	620592.077	4.965		
6	42634	67.03	636.056	994.566	42402308	632599.61	5.061		
7	45174	73.35	615.872	1011.191	45679562	622764.001	4.982		
8	37115	64.82	572.599	1049.258	38943224	600804.327	4.806		
9	46395	69.15	670.911	986.544	45770688	661882.674	5.295		
10	44924	68.227	658.446	996.007	44744620	655816.548	5.247		
<b>AVG</b>	41230.1	66.1567	622.7673	1015.4676	41597322	631720.7863	5.0538		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* G.711-Ulaw dengan *Background Traffic* 5 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	4118.38	31.75437418	41.6008547	49.68	45.11743522	45.45233618	2413	136	5.64
2	3837.59	31.70968541	42.18943522	49.46	45.10015253	45.38657807	2222	124	5.58
3	3494.22	31.61672596	39.82276353	49.31	45.08865865	45.4839886	2196	116	5.28
4	3619.14	31.56572829	29.96062678	49.55	45.07800187	45.50891738	2259	117	5.18
5	5365.6	32.42921152	45.06874644	49.27	45.12093012	45.37547009	2293	175	7.63
6	4993.28	32.28917462	29.86991453	50.98	45.09558683	45.43011396	2259	163	7.22
7	3775.31	31.6282153	40.52071225	50.08	45.09034939	45.49367521	2238	120	5.36
8	3744.26	31.73892186	40.65396011	49.06	45.08812562	45.50746439	2143	121	5.65
9	3370.65	31.30859715	30.31957265	49.88	45.15230318	45.42322581	2496	108	4.33
10	6021.24	32.80738015	29.86632479	49.19	45.18783535	45.41472934	2267	196	8.65
<b>AVG</b>		31.88480144	36.9872911	49.646	45.11193788	45.4476499	2278.6	137.6	6.052
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	46451	72.42	641.446	1023.799	47556506	656711.655	5.254		
2	37812	66.67	567.137	1058.681	40030830	600417.009	4.803		
3	39297	65.84	596.863	1058.997	41615408	632076.173	5.057		
4	44588	67.76	658.003	1004.657	44795660	661067.55	5.289		
5	43114	68.9	625.732	1025.639	44219398	641775.044	5.134		
6	42076	67.78	620.737	1016.074	42752342	630714.871	5.046		
7	43171	67.19	642.492	1022.502	4412414	656949.476	5.256		
8	36443	64.29	566.862	1111.896	40520812	630291.45	5.042		
9	47202	74.92	630.002	1021.719	48227190	643684.796	5.149		
10	42303	67.94	622.681	1020.137	43154852	635219.914	5.082		
<b>AVG</b>	42245.7	68.371	617.1955	1036.4101	39728541.2	638890.7938	5.1112		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* GSM dengan *Background Traffic* 10 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	3494.43	63.36858908	81.62566038	65.12	61.10188465	61.95792453	1028	57	5.54
2	5222.19	65.54332981	91.86553459	63.82	60.96807611	62.32069182	1036	90	8.69
3	3274.7	63.05214579	80.11830189	64.27	61.19080082	62.25006289	1026	52	5.07
4	3764.27	63.70240796	82.42949686	65.34	61.2499602	62.45968553	1069	64	5.99
5	5586.4	65.5304071	93.99874214	64.88	61.2077453	62.3272327	1049	91	8.67
6	3589.33	64.15338902	81.63654088	64.26	61.01955847	62.33213836	898	60	6.68
7	3775.24	63.73368922	83.41106918	64.77	61.12121564	62.13176101	1007	61	6.06
8	2626.64	64.3244784	83.9381761	64.74	61.15485774	62.41314465	1020	71	6.96
9	3877.82	63.9853252	83.88628931	74.51	61.36932927	62.33993711	1049	65	6.2
10	4016.1	64.72633684	86.19	73.49	61.7928	63.7572956	1017	67	6.59
<b>AVG</b>		64.21200984	84.90998113	66.52	61.21762282	62.42898742	1019.9	67.8	6.645
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	50958	61.6	827.288	1298.28	66157738	1074050.958	8.592		
2	56359	62.15	906.802	1144.544	64505352	1037874.197	8.303		
3	73423	61.52	1193.588	1060.955	77898485	1266343.446	10.131		
4	56037	64.05	874.918	1244.439	69734610	1088781.25	8.71		
5	56036	62.91	890.461	1191.315	67756520	1060819.747	8.487		
6	42352	53.87	786.13	1274.881	53993762	1002227.467	8.018		
7	61574	60.46	1018.456	1099.144	67678663	1119429.324	8.955		
8	64782	62.259	1040.522	1100.163	71270785	1144743.997	9.158		
9	56065	63.1	888.526	1243.15	69697194	1104570.368	8.837		
10	69094	61.68	1120.262	1098.489	75899024	1230595.602	9.845		
<b>AVG</b>	58668	61.3599	954.6953	1175.536	68459213.3	1112943.636	8.9036		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* G.711-Alaw dengan *Background Traffic* 10 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	3156.72	21.17044803	26.43286624	38.24	33.17366667	33.35755839	2958	168	5.68
2	2121.33	20.70702589	24.14248927	38	33.20553184	33.42145923	2965	107	3.61
3	3244.27	21.08449694	26.50817597	37.96	33.18446295	33.38757511	3107	165	5.31
4	3899.78	21.39302891	28.18929185	39.95	33.14255289	33.44583691	3039	203	6.68
5	3339.17	21.3804757	26.92716738	38.34	33.14463289	33.19637339	3107	206	6.63
6	3332.09	21.11963372	26.78519313	38.6	33.11738079	33.4060515	3064	170	5.55
7	1891.04	21.13959474	26.51478541	38.65	33.2372636	33.44927039	3057	170	5.56
8	3117.57	21.58074627	26.98793991	37.92	33.08184201	33.16017167	2971	224	7.54
9	3509.7	21.11819285	27.05418455	37.92	33.22078737	33.4110515	3052	169	5.54
10	3631.08	21.40344975	27.83334764	37.39	33.16078047	33.27152361	3008	202	6.72
<b>AVG</b>		21.20970928	26.73754413	38.297	33.16689015	33.35068717	3032.8	178.4	5.882
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	66587	59.62	1116.839	1118.775	74495895	1249491.516	9.996		
2	74459	60.97	1221.204	1049.947	78177984	1282198.837	10.258		
3	69496	62.03	1120.294	1123.691	78092032	1258864.301	10.071		
4	72720	60.861	1194.86	1066.665	77567872	1274514.782	10.196		
5	70472	62.051	1135.711	1106.077	77947466	1256184.062	10.049		
6	65051	61.29	1061.276	1156.327	75220244	1227182.33	9.817		
7	76296	61.18	1246.981	1043.23	79594308	1300888.491	10.407		
8	73987	60.13	1230.494	1035.916	76644284	1274687.906	10.198		
9	61850	61.01	1013.697	1160.986	71806965	1176887.235	9.415		
10	73435	60.16	1220.73	1042.13	76528794	1272159.075	10.177		
<b>AVG</b>	70435.3	60.9302	1156.2086	1090.3744	76607584.4	1257305.854	10.0584		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							

Rangkuman Data Hasil Pengukuran untuk *codec* G.711-Ulaw dengan *Background Traffic* 10 Mbps

No	Max Delta (ms)	Avg. Delta (ms)	Avg. Delta saat Handov (ms)	Max Jitter (ms)	Avg. Jitter (ms)	Avg. Jitter saat Handov (ms)	Total RTP Packets	Lost RTP Packets	Lost RTP Packets (%)
1	1841.65	31.51924911	39.80448505	49.33	45.06031456	45.46631229	2076	105	5.06
2	3213.36	31.72345846	40.53976744	49.72	45.0525025	45.43156146	2118	120	5.67
3	5085.64	32.71595464	47.26518272	49.46	45.06222046	45.37043189	2072	176	8.49
4	5647.4	32.999984	48.62006645	49.33	45.04981867	45.58166113	2067	192	9.29
5	4149.58	32.28815954	43.59571429	49.31	45.02580057	45.47109635	1893	138	7.29
6	2963.79	31.77904963	39.6733887	49.45	45.02031679	45.36322259	2009	115	5.72
7	3120.19	31.62385774	40.11481728	49.17	45.07446521	45.44142857	2034	108	5.31
8	3245.84	31.58657762	40.74139535	49.38	45.081875	45.550299	2092	108	5.16
9	2121.96	31.30308831	36.90229236	49.18	45.02390799	45.42179402	1976	85	4.3
10	1871.92	31.96905225	41.98066445	49.26	45.02978996	45.51461794	2084	132	6.33
<b>AVG</b>		31.95082873	41.92377741	49.359	45.04810117	45.46124252	2042.1	127.9	6.262
No	Packets	Time(s)	Avg. packets/sec	Avg. packet size	Bytes	Avg. bytes/sec	Avg. Mbit/sec		
1	73082	62.27	1173.578	1074.346	78515331	1260828.941	10.087		
2	68864	63.49	1084.573	1156.072	79611728	1253844.083	10.031		
3	63680	62.12	1025.048	1151.549	73330610	1180391.978	9.443		
4	59571	62.02	960.543	1141.897	68023946	1096841.33	8.775		
5	65227	56.76	1149.178	1100.118	71757406	1264231.125	10.114		
6	61922	60.22	1028.213	1190.937	73745186	1224536.28	9.796		
7	64396	60.98	1055.955	1110.954	71541005	1173117.314	9.385		
8	67420	62.77	1074.073	1155.878	77929324	1241497.749	9.932		
9	72445	59.33	1220.976	1083.08	78463757	1322414.764	10.579		
10	69633	62.49	1114.221	1071.361	74602101	1193733.662	9.55		
<b>AVG</b>	66624	61.245	1088.6358	1123.6192	74752039.4	1221143.723	9.7692		
packet loss		10%							
Jitter		< 30 ms							