



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**IMPLEMENTASI LAYANAN VoIP MENGGUNAKAN CODEC  
G.729A DAN GSM DENGAN METODE FMIPV6**

**SKRIPSI**

**ANDINAR HIRMARIDHA ISLAMY**

**0906602401**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**IMPLEMENTASI LAYANAN VoIP MENGGUNAKAN *CODEC*  
G.729A DAN GSM DENGAN METODE FMIPV6**

**SKRIPSI**

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

**ANDINAR HIRMARIDHA ISLAMY**

**0906602401**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK**

**JUNI 2012**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : ANDINAR HIRMARIDHA ISLAMY**

**NPM : 0906602401**

**Tanda tangan :**



**Tanggal : Juni 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

Nama : Andinar Hirmaridha Islamy  
NPM : 0906602401  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Implementasi Layanan VoIP Menggunakan Codec G.729A dan GSM Dengan Metode 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 : Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna M.Eng

Penguji : Ir. Endang Sriningsih MT., Si

Penguji : Prima Dewi Purnamasari ST., MT., MSc.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji 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 terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Ir. Endang Sriningsih MT, Si, selaku dosen pembimbing kedua yang telah menyediakan banyak waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini selama dua semester.
3. Kedua Orang Tua, Umi dan Abi yang selalu mendoakan, memberikan nasehat dan juga dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan study di Universitas Indonesia.
4. Ichsan Jotaro Kartasasmita yang selalu memberikan motivasi dan semangat serta membantu mengatasi berbagai kesulitan sehingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya.
5. Arwidya Tantri Agtusia & 9's, sahabat yang selalu memberi keceriaan dan semangat.
6. Adik Adinda R. Islamy, saudara-saudara, teman-teman kuliah dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu, memberikan doa dan semangat.

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

Depok, Juni 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Andinar Hirmaridha Islamy

NPM : 0906602401

Program Studi : Teknik Elektro Ekstensi

Departemen : 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 :

**IMPLEMENTASI LAYANAN VoIP MENGGUNAKAN CODEC  
GSM DAN G729A DENGAN METODE FMIPv6**

berserta perangkat yang ada. 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 : Juni 2012

Yang Menyatakan



Andinar Hirmaridha Islamy

## ABSTRAK

Nama : Andinar Hirmaridha Islamy  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Implementasi Layanan VoIP Menggunakan *codec* G.729A dan *codec* GSM Dengan Metode FMIPv6

Skripsi ini membuat perancangan dan melakukan simulasi teknologi VoIP di jaringan protokol *mobile* IPv6 dengan metode *fast handover* serta variasi penggunaan *codec* yaitu *codec* G.729A dan *codec* GSM. *Mobile* IPv6 memiliki beberapa cara dalam melakukan *handover*, salah satunya adalah *fast handover*. Pada jaringan protokol *mobile* IPv6, *fast handover* memiliki kemampuan mengurangi *delay*. Karena pada dasarnya implementasi ini akan mengacu pada *Quality of Service* untuk mendapatkan layanan VoIP dengan performa *codec* yang lebih baik. Pada hasil skripsi ini terbukti bahwa hasil pengujian *jitter*, *delay* dan *throughput* saat terjadi *handover* *codec* GSM lebih stabil daripada *codec* G729A dengan nilai *jitter* 0,010276 sec, *delay* 0,70675 sec & *throughput* 15157,75 bit/sec.

Kata kunci: *Mobile* IPv6, FMIPv6, *Handover*, VoIP, *Codec*.

## ABSTRACT

Nama : Andinar Hirmaridha Islamy  
Study Program : Teknik Elektro  
Title : VoIP Service Implementation Using Codec G.729A And GSM With FMIPv6 Method

This skripsi makes the design and simulation of VoIP technology in mobile IPv6 network protocol with fast handover method and the variation of the codec usage that are G.729A and GSM. Mobile IP has several ways of doing handovers, one of them is a fast handover. In the mobile IPv6 network protocol, fast handovers has the ability to reduce delay. Because, basically, this implementation will be based on Quality of Service for VoIP services with a better codec performance. In the results of this thesis is proven that the results of testing jitter, delay and throughput during handover GSM codec is more stable than G729A codec with jitter is 0,010276 sec; delay 0.70675 sec and throughput 15157,75 bit/sec.

Keywords: *Mobile* IPv6, FMIPv6, *Handover*, VoIP, *Codec*.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
DAFTAR ISTILAH.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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 INTERNET PROTOKOL VERSI 6.....</b>	<b>4</b>
2.1.IPv6 .....	4
2.1.1. Perubahan dari IPv4 ke IPv6 .....	4
2.1.2. Jenis Pengalamatan IPv6 .....	7
2.2.Mobile IPv6 .....	8
2.3.Route Optimization .....	9
2.4.Fast Handovers for Mobile IPv6 .....	10
2.5.Mobile IPv6 Handover .....	12

2.6. Proses Permintaan <i>Handover</i> FMIPv6 .....	15
2.7. VoIP .....	17
2.8. Parameter Kualitas Layanan .....	21
2.9. OPNET .....	22
2.10. Mean Opinion Score (MOS).....	24
<b>BAB III KONFIGURASI JARINGAN DAN METODE PENGAMBILAN DATA.....</b>	<b>27</b>
3.1. Perancangan Sistem FMIPv6 .....	27
3.2. Skenario Penelitian .....	32
<b>BAB IV ANALISA IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Pengaturan Parameter Statistik.....	34
4.2. Pengujian Konfigurasi Jaringan.....	36
4.3. Analisa Hasil Pengujian.....	39
4.3.1 Jitter.....	39
4.3.2 Delay.....	42
4.3.3 Throughput.....	44
4.4. Pengujian MOS.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>48</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

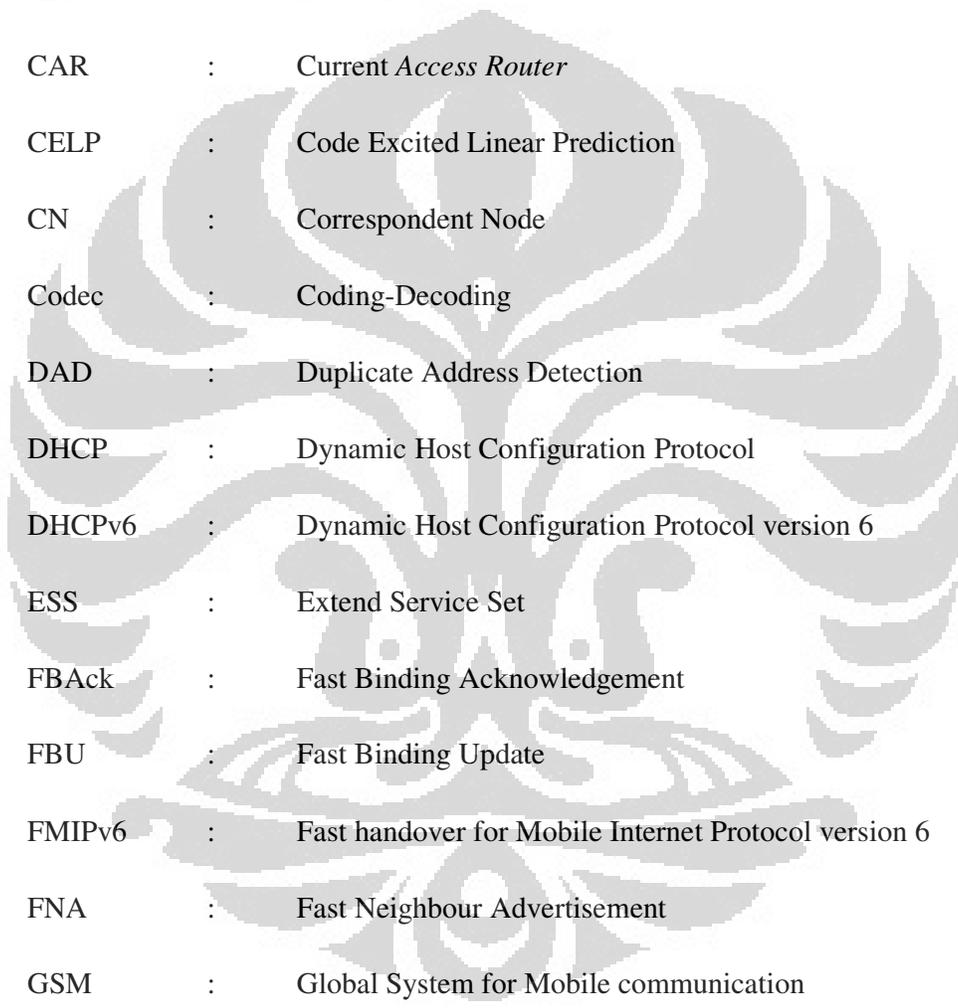
Gambar 2.1 Header IPv4 dan IPv6 .....	6
Gambar 2.2 <i>Route Optimization</i> .....	10
Gambar 2.3 Proses Fast Handover Mobile IPv6 (FMIPv6) .....	11
Gambar 2.4 <i>Horizontal Handover</i> .....	13
Gambar 2.5 <i>Vertical Handover</i> Pada ISP yang Sama .....	13
Gambar 2.6 <i>Vertical Handover</i> Pada ISP yang Berbeda .....	13
Gambar 2.7 Prosedur Permintaan Handover .....	16
Gambar 2.8 Diagram <i>codec</i> GSM <i>full rate</i> LPC-RPE.....	19
Gambar 2.9 Perubahan Sinyal Suara Menjadi <i>Frame</i> Oleh <i>Codec</i> .....	20
Gambar 2.10 Hubungan dari nilai R Faktor dengan nilai MOS.....	26
Gambar 3.1 Konfigurasi Jaringan FMIPv6 pada OPNET <i>Modeler</i> .....	28
Gambar 3.2 Konfigurasi <i>Mobile Node</i> (MN).....	28
Gambar 3.3 Konfigurasi Alamat IPv6 PAR.....	29
Gambar 3.4 Konfigurasi <i>Previous Access Router</i> (PAR).....	30
Gambar 3.5 Konfigurasi <i>Correspondent Node</i> (CN).....	31
Gambar 4.1 Parameter Parameter Statistik.....	34
Gambar 4.2 Parameter Statistik pada <i>Mobile Node</i> (MN).....	35
Gambar 4.3 Mengatur Durasi Simulasi .....	36
Gambar 4.4 Pengaturan <i>Trajectory</i> pada <i>Mobile Node</i> (MN) tanpa <i>handover</i> .....	37

Gambar 4.5 <i>Codec</i> VoIP G.729A ( <i>silence</i> ).....	37
Gambar 4.6 Mengaktifkan <i>trajectory</i> .....	38
Gambar 4.7 <i>Active Access Point</i> PAR & NAR .....	38
Gambar 4.8 Mengubah <i>codec</i> menjadi <i>codec</i> GSM.....	39
Gambar 4.9 Grafik perbandingan nilai <i>jitter</i> tanpa <i>handover</i> .....	40
Gambar 4.10 Grafik perbandingan nilai <i>jitter</i> saat <i>handover</i> .....	40
Gambar 4.11 Grafik perbandingan nilai <i>delay</i> tanpa <i>handover</i> .....	42
Gambar 4.12 Grafik perbandingan nilai <i>delay</i> saat <i>handover</i> .....	43
Gambar 4.13 Grafik perbandingan nilai <i>throughput</i> tanpa <i>handover</i> .....	45
Gambar 4.14 Grafik perbandingan nilai <i>throughput</i> saat <i>handover</i> .....	45

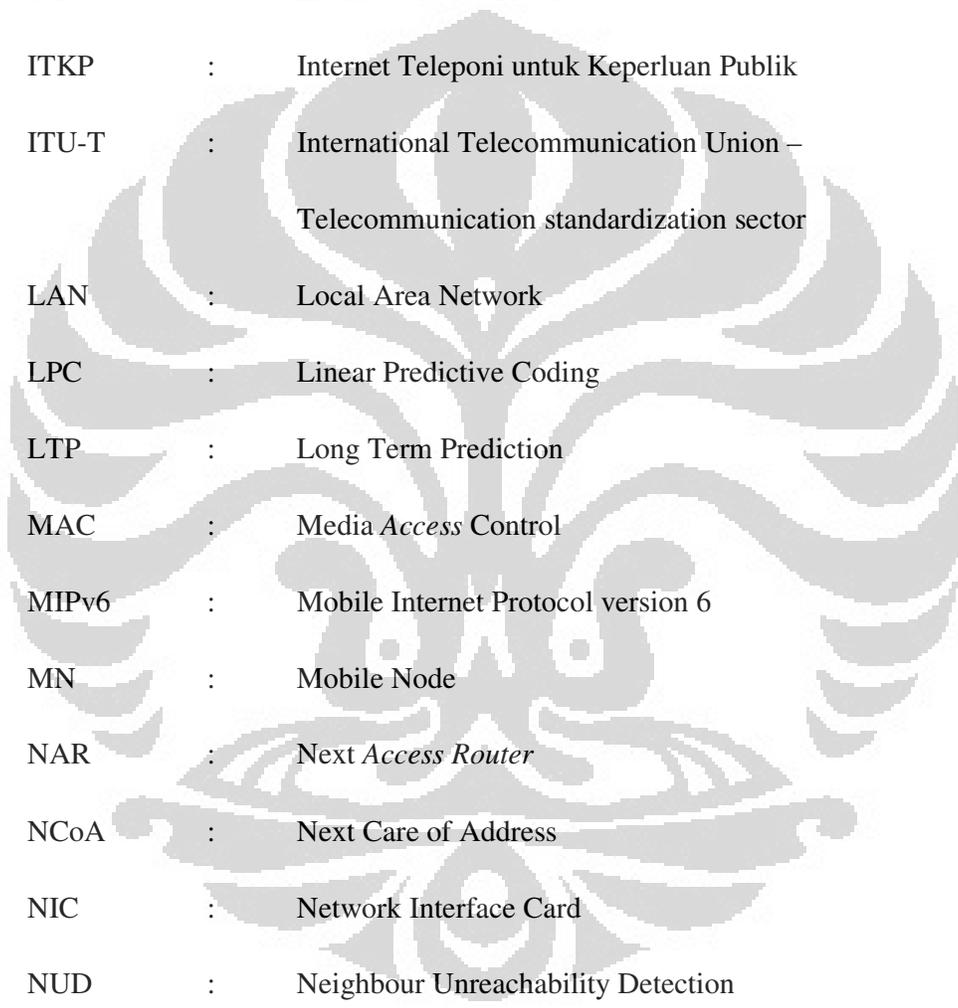
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Alokasi alamat IPv6 .....	8
Tabel 2.2 Distribusi <i>bits</i> yang digunakan pada <i>codec</i> GSM <i>full rate</i> .....	20
Tabel 4.1 Nilai <i>jitter</i> .....	41
Tabel 4.2 Nilai standar deviasi dari parameter <i>jitter</i> .....	41
Tabel 4.3 Nilai <i>delay</i> .....	43
Tabel 4.4 Nilai standar deviasi dari parameter <i>delay</i> .....	43
Tabel 4.5 Nilai <i>throughput</i> .....	46
Tabel 4.6 Nilai R Faktor.....	47
Tabel 4.7 Nilai MOS.....	47

## DAFTAR SINGKATAN



AMR	:	Adaptive Multi Rate
AP	:	<i>Access Point</i>
AR	:	<i>Access Router</i>
CAR	:	<i>Current Access Router</i>
CELP	:	Code Excited Linear Prediction
CN	:	Correspondent Node
Codec	:	Coding-Decoding
DAD	:	Duplicate Address Detection
DHCP	:	Dynamic Host Configuration Protocol
DHCPv6	:	Dynamic Host Configuration Protocol version 6
ESS	:	Extend Service Set
FBAck	:	Fast Binding Acknowledgement
FBU	:	Fast Binding Update
FMIPv6	:	Fast handover for Mobile Internet Protocol version 6
FNA	:	Fast Neighbour Advertisement
GSM	:	Global System for Mobile communication
HA	:	Home Address/Home agent
HAck	:	Handover Acknowledgement
HI	:	Handover Initiate
IETF	:	Internet Engineering Task Force



IHL	:	Internet Header Length
IP	:	Internet Protocol
IPv4	:	Internet Protocol version 4
IPv6	:	Internet Protocol version 6
ISP	:	Internet Service Provider
ITKP	:	Internet Teleponi untuk Keperluan Publik
ITU-T	:	International Telecommunication Union – Telecommunication standardization sector
LAN	:	Local Area Network
LPC	:	Linear Predictive Coding
LTP	:	Long Term Prediction
MAC	:	Media Access Control
MIPv6	:	Mobile Internet Protocol version 6
MN	:	Mobile Node
NAR	:	<i>Next Access Router</i>
NCoA	:	Next Care of Address
NIC	:	Network Interface Card
NUD	:	Neighbour Unreachability Detection
OSI	:	Open System Interconnection
PAR	:	<i>Previous Access Router</i>
PBX	:	Private Branch Exchange
PC	:	Personal Computer

PCoA	:	<i>Previous Care of Address</i>
PrRtAdv	:	<i>Proxy Router Advertisement</i>
PSTN	:	Public Switched Telephone Network
QoS	:	Quality of Service
RFC	:	Request For Comments
RPE	:	Regular Pulse Excitation
RtSolPr	:	<i>Router Solicitation for Proxy</i>
VAD	:	Voice Activity Detection
VBR	:	Variable Bit Rate
VoIP	:	Voice over Internet Protocol
VSELP	:	Vector Self Excited Linear Predictor

## DAFTAR ISTILAH

<i>Tunnel</i>	: Saluran/jalur data yang menghubungkan antar jaringan
<i>care of address</i>	: Alamat sementara yang digunakan <i>mobile node</i> saat di <i>foreign network</i>
<i>subnet prefix</i>	: Prefiks yang digunakan untuk menentukan identitas <i>subnet</i> (penerima)
<i>foreign link</i>	: Suatu jaringan yang dianggap baru oleh <i>mobile node</i>
<i>stateless autoconfiguration</i>	: <i>Node</i> yang secara otomatis mengkonfigurasi alamat IPv6 tanpa memerlukan konfigurasi secara manual atau bantuan dari server
<i>statefull autoconfiguration</i>	: <i>Node</i> yang mengkonfigurasi alamat IPv6 memerlukan konfigurasi dari server
<i>correspondent node</i>	: Lawan komunikasi dari <i>mobile node</i> , bisa berfungsi sebagai server
<i>binding</i>	: pengiriman pesan dari <i>mobile node</i> untuk memantau keberadaan
<i>binding cache</i>	: penerimaan pesan oleh <i>home agent</i> atas pengiriman pesan keberadaan <i>mobile node</i>
<i>node booting up</i>	: Proses persiapan untuk pengiriman data
<i>Duplicate Address Detection</i>	: Lebih dikenal dengan singkatan DAD. Suatu <i>node</i> yang memeriksa keadaan alamat yang ingin digunakan agar tidak sama dengan <i>node</i> yang lain.

*Neighbour Solicitation* : Suatu node memeriksa alamat *link layer* dari *node-node* tetangganya apakah tetangganya tersebut masih dapat dijangkau.

*Neighbour Advertisement* : Sebuah respon dari adanya pesan *Neighbour Solicitation*. Selain itu juga berfungsi untuk mengumumkan perubahan alamat *link layer*.

*Active Access Point* : Menunjukkan *router* yang aktif pada *mobile node* hingga berganti akses poin yang lain.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi juga semakin meningkatnya jumlah *mobile device*. Alamat IPv4 sudah tidak mendukung besarnya jumlah kebutuhan alamat IP pada *mobile device*, karena jumlah alamat IPv4 yang tersedia semakin terbatas. Untuk mengantisipasi terbatasnya jumlah alamat IPv4, IETF (*Internet Engineering Task Force*) telah mengembangkan alamat IP baru, yaitu IP versi 6. IPv6 mampu menyediakan alamat sebanyak  $2^{128}$  sedangkan IPv4 hanya menyediakan alamat sebanyak  $2^{32}$ . Oleh karena itu, IPv6 menjadi solusi yang tepat akan terbatasnya alamat IPv4.

Semakin pesatnya perkembangan teknologi dan mobilitas menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini melatarbelakangi munculnya teknologi Mobile IP. Teknologi mobile IP adalah teknologi yang dapat melakukan fungsi untuk tidak mengubah alamat IP meskipun berpindah dari suatu jaringan dengan jaringan lainnya, sehingga *user* dapat leluasa berkomunikasi tanpa harus terputus karena berpindah jaringan. IPv6 mendukung adanya teknologi tersebut, yaitu *mobile IPv6*. Berpindahannya *mobile node* dari satu jaringan ke jaringan lain disebut *handover*. Proses *handover* pada mobile IPv6 belum memenuhi standar layanan yang bersifat *real time*, untuk mengatasinya muncullah protokol tambahan untuk MIPv6, yaitu *Fast Handover for Mobile IPv6* (FMIPv6).

Komunikasi VoIP merupakan teknologi komunikasi telepon melalui jaringan IP, dengan menggunakan teknologi VoIP biaya menjadi lebih murah dari biaya telepon biasa. Agar suara dapat dikirim melalui jaringan komputer, maka perlu ada proses pengkodean suara yang masih analog menjadi digital, atau biasa disebut dengan CODEC (*Coding – Decoding*). Karena VoIP menggunakan jaringan IP pasti terjadi perebutan *bandwidth* pada saat data-data mengalir di

internet. Suara yang datang dalam bentuk paket IP dilayani sesuai dengan urutan, hal ini akan mengakibatkan *delay* yang akan mempengaruhi kualitas suara. *Delay* yang terjadi berbeda – beda tergantung pada penggunaan jenis CODEC.

Pada skripsi ini akan dibahas mengenai kinerja teknologi VoIP dengan membandingkan dua jenis codec yaitu G729A dan GSM pada protokol FMIPv6 dilihat berdasarkan parameter kualitas layanan VoIP, yaitu: *latency/delay*, *jitter* dan *throughput*. Dari hasil pengukuran dan perhitungan yang diperoleh, maka dapat menentukan jenis *codec* yang tepat yang akan digunakan pada implementasi VoIP guna didapat kualitas komunikasi VoIP yang optimal pada protokol FMIPv6.

## 1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan skripsi ini adalah untuk menganalisa hasil simulasi perbandingan kualitas layanan VoIP dengan menggunakan *codec* GSM dan G729A pada protokol FMIPv6.

## 1.3 Batasan Masalah

Skripsi ini dibatasi pada simulasi yang dilakukan pada protokol *Fast Handover for Mobile IPv6* atau yang lebih dikenal dengan FMIPv6. Aplikasi yang digunakan adalah aplikasi VoIP dengan membandingkan kualitas layanan dari *codec* G729A dan GSM serta parameter - parameter kinerja yang di analisa yaitu *latency/delay*, *jitter* dan *throughput*.

## 1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada skripsi ini meliputi antara lain:

- a) Studi kepustakaan, studi analisis
- b) Referensi jurnal internasional, referensi internet
- c) Pembuatan simulasi jaringan dengan berbagai konfigurasi

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari:

### **Bab 1 PENDAHULUAN**

Pada bab pertama hal yang akan dibahas tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

### **Bab 2 INTERNET PROTOKOL VERSI 6**

Pada bab kedua akan dijelaskan secara umum teori tentang IPv6, *Mobile IPv6 (MIPv6)*, *Fast Handover for Mobile IPv6 (FMIPv6)*, *handover*, VoIP dan *codec*.

### **Bab 3 KONFIGURASI JARINGAN DAN METODE PENGAMBILAN DATA**

Pada bab ketiga dijelaskan bagaimana konfigurasi jaringan yang digunakan dan bagaimana implementasi VoIP pada jaringan FMIPv6 ini dirancang, prosesnya, mekanismenya, skenario pengujian serta metode yang digunakan dalam pengambilan data.

### **Bab 4 HASIL UJICOBA DAN ANALISA**

Pada bab keempat data hasil simulasi dibandingkan kemudian dianalisa untuk menentukan kualitas layanan yang lebih baik.

### **Bab 5 KESIMPULAN**

Pada bab kelima berisi kesimpulan dari hasil analisa.

## BAB II

### INTERNET PROTOKOL VERSI 6

#### 2.1. IPv6

Pada sistem jaringan komputer, protokol merupakan suatu bagian yang paling penting. Protokol jaringan yang umum digunakan sampai saat ini adalah IPv4. Namun, IPv4 yang merupakan pondasi dari internet telah hampir mendekati batas akhir dari kemampuannya, dan IPv6 merupakan protokol baru yang telah dirancang untuk dapat menggantikan fungsi IPv4. IP versi 6 (IPv6) adalah protokol internet versi baru yang didesain sebagai pengganti dari *Internet Protocol* versi 4 (IPv4) yang didefinisikan dalam RFC 791 [1].

##### 2.1.1. Perubahan dari IPv4 ke IPv6

Perubahan dari IPv4 ke IPv6 dikelompokkan sebagai berikut:

###### 1. Kapasitas perluasan alamat

IPv6 meningkatkan ukuran dan jumlah alamat yang mampu didukung oleh IPv4 dari 32 bit menjadi 128 bit. Panjang alamat IPv4 adalah 32 bit, sedangkan panjang IPv6 128 bit. Pada IPv4, alamat yang disediakan sebanyak  $2^{32}$ . Dengan menggunakan IPv6, alamat yang disediakan sebanyak  $2^{128}$ . Notasi alamat IPv6 adalah x:x:x:x:x:x:x yang dalam bentuk biner adalah sebagai berikut: 111111001111000 : 0010001101000100 : 1011111001000001 : 1011110011011010 : 0100000101000101 : 0000000000000000 : 0000000000000000 : 0011101000000000

Bilangan biner di atas bila diubah kedalam bentuk heksadesimal adalah sebagai berikut:

FE78 : 2344 : BE43 : BCDA : 4145 : 0 : 0 : 3A

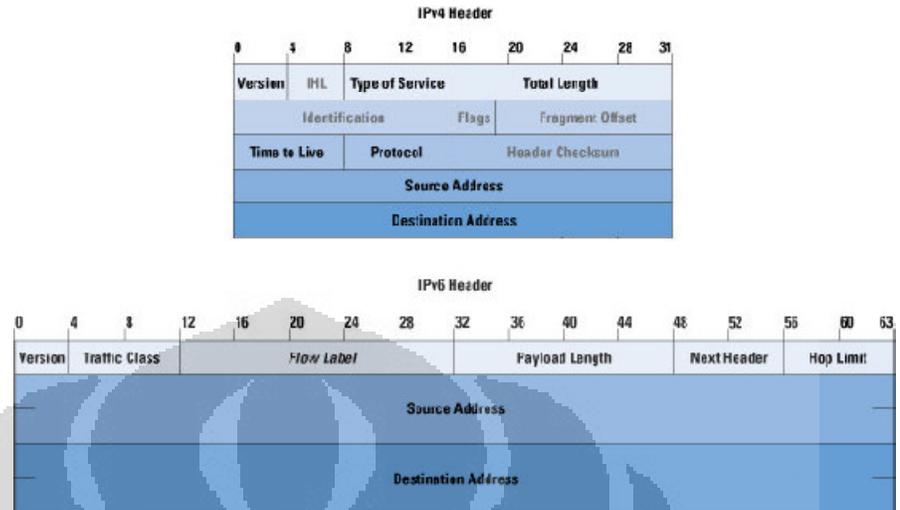
Jika terdapat angka '0' berturut-turut dapat disederhanakan menjadi seperti berikut:

FE78 : 2344 : BE43 : BCDA : 4145 : : 3A

## 2. Penyederhanaan format *header*

*Header* IPv6 merupakan penyederhanaan dari *header* IPv4. Ada beberapa *field header* IPv4 yang dihilangkan pada *header* IPv6 yaitu *Internet Header Length (IHL)*, *Identification*, *Flags*, *Fragment Offset*, *Header Checksum*, *Options*, dan *Padding*. Beberapa *field* tersebut dihilangkan dan diganti dengan *field* baru yang bernama *Flow Label*. *Header* IPv6 memiliki panjang yang sudah tetap yaitu 40 bytes. Beberapa *field* pada *header* IPv6 dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan dijelaskan sebagai berikut:

- *Version* (4 bits): *Version* merupakan salah satu *field* pada *header* IPv4 yang tetap dipertahankan pada *header* IPv6. *Version* adalah *field* yang menunjukkan versi protokol IP yang digunakan, karena dalam skripsi ini membahas IPv6, maka *Internet Protocol* yang digunakan adalah versi 6.
- *Traffic Class* (8 bits): Berfungsi untuk menentukan skala prioritas untuk paket-paket yang membutuhkan penanganan khusus. *Field* ini menggantikan *field Type of Service* pada *header* IPv4.
- *Flow Label* (20 bits): *Flow label* digunakan oleh *host* untuk memberikan tanda kepada paket yang membutuhkan penanganan khusus oleh perangkat *router* pada jaringan.
- *Payload Length* (16 bits): Menandai panjangnya bit data yang dibawa oleh setiap paket IPv6. *Payload length* sama dengan *field total length* pada IPv4, hanya saja pada IPv6 panjang bit *header* tidak diikutsertakan.
- *Next Header* (8 bits): Mengidentifikasi tipe *header* yang mengikuti *header* IPv6.
- *Hop Limit* (8 bits): Jumlah *hop*(jumlah *node*) maksimum yang boleh dilewati paket. *Hop limit* sama dengan *field Time To Length* pada *header* IPv4.
- *Source Address* (128 bits): Alamat sumber dari paket IPv6.
- *Destination Address* (128 bits): Alamat tujuan paket IPv6.



Gambar 2.1. Header IPv4 dan IPv6 [14]

### 3. Address Autoconfiguration

*Address autoconfiguration* atau pengalaman otomatis merupakan fungsi standar pada IPv6, sudah merupakan *default* pada IPv6, karena IPv4 statis terhadap *host*. Meskipun ada DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), tetapi DHCP hanya tambahan pada IPv4.

### 4. Mengutamakan *Quality of Service* (QoS)

*Field Flow Label* pada IPv6 menunjukkan bahwa IPv6 sangat mengutamakan QoS, karena *Flow label* digunakan oleh *host* untuk memberikan tanda kepada paket yang membutuhkan penanganan khusus oleh perangkat *router* pada jaringan. Dengan fungsi ini, menjadikan IPv6 sebagai jaringan yang *reliable* terutama layanan yang bersifat *realtime*.

### 5. Sistem keamanan yang lebih baik

Pada *header* IPv6 terdapat *extension header*, dalam *extension header* mempunyai fitur *Authentication Header* dan *Encapsulating Security Payload Header* yang berfungsi mengidentifikasi autentikasi,

integritas data serta *anti-replay protection*. *Encapsulating Security Payload Header* khusus untuk paket yang dienkapsulasi.

### 2.1.2. Jenis Pengalamatan IPv6 [1]

Alamat *unicast* digunakan untuk komunikasi satu lawan satu, dengan menunjuk satu *host*. Alamat *unicast* terdiri tiga jenis alamat yaitu: alamat global, alamat *link local*, alamat *site local*. Alamat global adalah alamat yang digunakan untuk alamat *provider*. Alamat *link local* adalah alamat yang dipakai dalam satu *link* saja yang saling tersambung dalam satu *level* jaringan lokal. Alamat *site local* adalah alamat yang setara dengan alamat privat, penggunaannya terbatas hanya dalam satu *site* sehingga tidak dapat digunakan untuk mengirim alamat di luar *site*.

Alamat *anycast* adalah alamat yang digunakan untuk mengirimkan paket ke salah satu dari kumpulan *node*. Paket yang dikirimkan ke alamat ini akan dikirimkan ke salah satu alamat antarmuka yang paling dekat dengan *router*. Alamat *anycast* tidak mempunyai penempatan alamat khusus, karena jika *node* diberikan prefiks yang sama maka alamat tersebut juga merupakan alamat *anycast*.

Alamat *multicast* digunakan untuk mengidentifikasi sekumpulan *interface* (biasanya untuk *node* yang berbeda). Paket yang dikirimkan ke alamat *multicast* akan dikirimkan ke semua *interface* yang diidentifikasi oleh alamat tersebut. Alamat *multicast* berfungsi juga sebagai alamat *broadcast*. Alamat *broadcast* adalah semua bit *host* dibuat menjadi satu dan digunakan untuk berbicara secara simultan kepada semua peralatan dalam satu jaringan.

Tabel 2.1 merupakan pembagian ruang address pada IPv6. Pada IPv6 pengalokasian alamat dilakukan berdasarkan IPv6-format prefiks pada alamat IP-nya yang unik untuk setiap alamat.

Tabel 2.1. Alokasi alamat IPv6 [2]

Alokasi	Binary prefix	Contoh (16 bit pertama)
Global unicast	001	2xxx atau 3xxx
Link local	1111 1110 10	FE8X – FEBX
Site local	1111 1110 11	FECX – FEFX
Multicast	1111 1111	FFXX

## 2.2. Mobile IPv6

*Mobile IPv6* memudahkan *user* dengan peralatan *mobile* dapat berpindah dari satu jaringan ke jaringan lainnya tanpa merusak aplikasi yang sedang berjalan. Pada *mobile IPv6*, *host* yang telah mempunyai dukungan terhadap IPv6 diperbolehkan meninggalkan *home subnetnya* sementara *host* tersebut sedang memperbarui koneksinya ke internet. Dengan begitu *mobile IPv6* bisa mengidentifikasi tiap-tiap *node* dengan alamat statisnya tanpa memperhatikan perpindahan jaringan ke internet.

Apabila *mobile node* berada jauh dari jaringan asalnya (*home network*), *mobile node* akan mengirimkan informasi tentang lokasi dimana *mobile node* tersebut berada kepada *home agent* yang berada di *home network*. Kemudian *home agent* akan menerima paket yang dialamatkan kepada *mobile node* dan mengirimkan melalui *tunnel* ke posisi dimana *mobile node* berada. Saat *mobile node* jauh dari *home*, *mobile node* dapat juga dialamatkan pada satu atau lebih *care of address* yang merupakan sebuah alamat IP yang dihubungkan dengan *mobile node* yang mempunyai *subnet prefix* dari sebuah *foreign link* tertentu. *Mobile node* memperoleh *care of address*-nya melalui mekanisme IPv6 konvensional seperti *stateless* atau *statefull autoconfiguration*. *Mobile node* juga dapat menerima paket-paket dari beberapa *care of address*, seperti saat *mobile node* sedang bergerak tetapi masih dapat dicapai pada *link* sebelumnya.

Penghubung antara *mobile node home address* dan *care of address* dikenal sebagai “*Correspondent node*” untuk *mobile node*. Proses update *Care of Address* oleh *Mobile Node* untuk *Home Address* dinamakan *binding*. *Correspondent node* dan *home address* mengetahui informasi lokasi *mobile node* pada *binding* yang dinamakan *binding cache*. Pada *mobile IPv6*, *home agent* tidak lagi secara khusus berurusan dengan pemetaan alamat, tetapi setiap *Correspondent node* bisa memiliki *binding cache* sendiri dimana *home address* dan *care of address* berpasangan tersimpan. Ketika jauh dari *home*, sebuah *mobile node* melakukan registrasi untuk *care of address* dengan *router* kepada *home link*, permintaan kepada *router* ini berfungsi sebagai “*home agent*” untuk *mobile node*. *Mobile node* ini membuat registrasi *binding* dengan mengirimkan pesan “*Binding Update*” ke *home agent*. *Home agent* membalas ke *mobile node* dengan mengembalikan pesan “*Binding Acknowledgement*”.

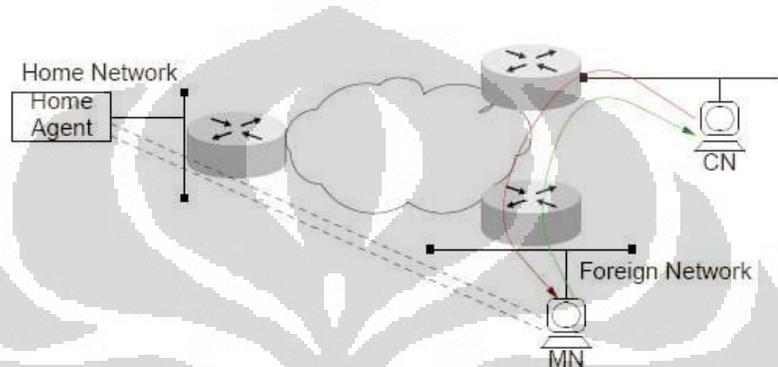
*Mobile IP* versi 6 ini mendukung adanya koneksi yang lebih cepat karena didukung dengan adanya teknologi *tunneling*, ada dua mode komunikasi yang ada antara *mobile node* dan *correspondent node* yaitu, *bidirectional tunnel* dan *route optimization*. *Bidirectional tunneling* adalah paket data dari *correspondent node* dirutekan ke *home agent* kemudian ditunnel ke *mobile node*. Paket data ke *correspondent node* ditunnel dari *mobile node* ke *home agent* (*reverse tunneled*) dan kemudian dirutekan secara normal dari *home network* ke *correspondent node*. *Route optimization* adalah kemampuan *mobile IPv6* menghindari proses *triangle routing*, *mobile node* akan menginformasikan *care of address* barunya ke *correspondent node* dengan menggunakan proses *binding update*, dengan demikian *correspondent node* akan mengirimkan paket-paket data secara langsung ke *mobile node* tanpa melalui *home agent*.

### **2.3. Route Optimization**

Alasan pada skripsi ini menggunakan metode jaringan *route optimization* adalah dapat menghindari proses *triangle routing*, dimana *mobile node* akan menginformasikan *care of address* barunya ke *correspondent node* dengan

menggunakan proses *binding update*. Dengan demikian *correspondent node* akan mengirimkan paket-paket data secara langsung ke *mobile node* tanpa melalui *home agent*. Gambar 2.2 merupakan gambaran proses *route optimization*.

Dengan metode ini diharapkan komunikasi yang terjalin antara *mobile node* dengan *correspondent node* dapat lebih efisien. Sebagai tambahan, dampak dari kemungkinan kegagalan dari *home agent* atau *network* dapat dikurangi.



Gambar 2.2. *Route Optimization*[7]

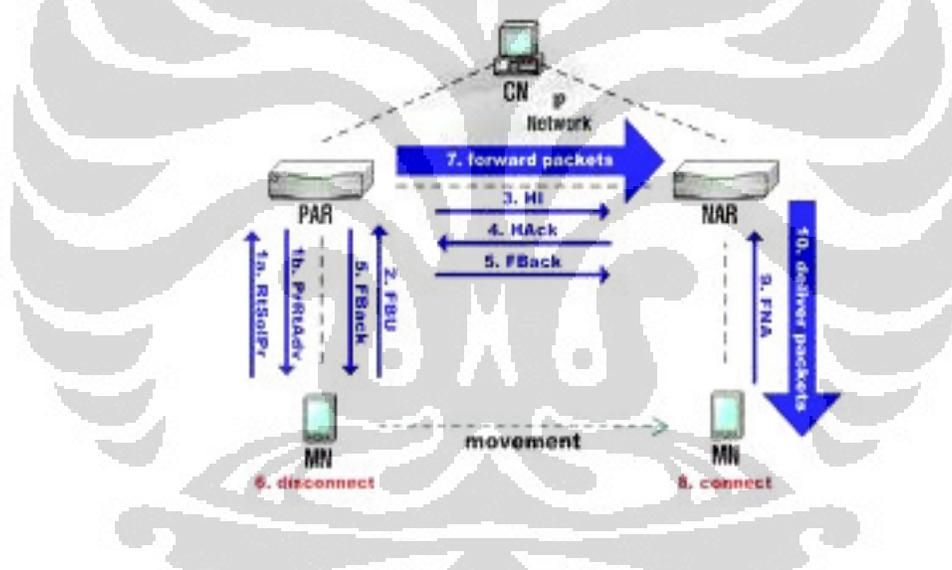
#### 2.4. *Fast Handover for Mobile IPv6* [7]

*Fast Handover for Mobile IPv6* pada dasarnya digunakan untuk mengurangi *latency handover* pada jaringan *unicast*, tujuan dari protokol *Fast Handovers for Mobile IPv6* adalah untuk memungkinkan sebuah *Mobile Node* mengkonfigurasi *care of address* yang baru sebelum *mobile node* tersebut berpindah dan terkoneksi ke jaringan yang baru. Metode *Fast Handover* merupakan sebuah ekstensi yang ditawarkan untuk *Mobile IPv6* dan menyerupai sebuah kombinasi dari *Pre-Registration* dan *Post-Registration*. Di satu sisi *mobile node* memiliki kemungkinan untuk mempersiapkan proses registrasi dengan *new access router* (NAR) dan memperoleh *Next Care of Address* (NCoA) saat masih terhubung dengan *previous access router* (PAR). Ini merupakan proses *pre-registration*. Di sisi lain *mobile node* dapat menginstruksikan PAR untuk meneruskan paket yang dialamatkan ke *Previous CoA* (PCoA) ke NCoA. Ini

merupakan proses *Post-Registration*. Perbedaannya adalah pada kasus *fast handover*, *mobile node* memacu proses *forwarding* yang pada *post-registration* tidak dibutuhkan lagi adanya tindakan tersebut.

Protokol FMIPv6 dapat mengeliminasi latensi ketika terjadi prosedur *binding update* dari *mobile node* dengan menyediakan sebuah *tunnel* dua arah antara jaringan yang lama dengan yang baru saat prosedur *binding update* sedang dilakukan. Inti dari protokol FMIPv6 adalah bahwa sebuah *Access Router* harus tahu *Access Router* lainnya yang berdekatan yang memungkinkan *mobile node* akan terkoneksi kepada *Access Router* tersebut.

*Mobile node* memiliki alamat IPv6 yang permanen yang disebut *home address*. Proses *Fast Handover Mobile IPv6* ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Proses *Fast Handover Mobile IPv6* (FMIPv6) [16]

Ket:	1a = RtSolPr	5 = FBack	10 = Deliver packets
	1b = PrRtAdv	6 = Disconnect	
	2 = FBU	7 = Forward packets	
	3 = HI	8 = Connect	
	4 = Hack	9 = FNA	

*Mobile Node* (MN) masih berada di area/cakupan *Previous Access Router* (PAR), kemudian *Correspondent Node* (CN) ingin melakukan komunikasi dengan MN dengan cara melakukan panggilan VoIP. CN sebagai *server* mengirim paket ke MN yang berlaku sebagai *client*. Komunikasi CN dengan MN ini kemudian dilakukan pengambilan data.

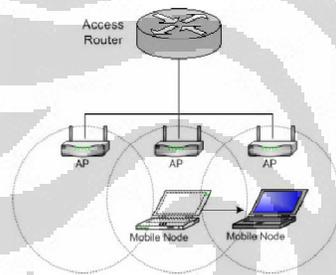
Saat sedang melakukan komunikasi, MN memutuskan untuk berpindah jaringan. Ketika MN meninggalkan *Previous Access Router* (PAR) dan menuju *New Access Router* (NAR), maka MN diberi alamat sementara yang disebut *Care of Address* (CoA). *Mobile Node* (MN) teridentifikasi oleh *Home Address*. Ketika MN ingin berpindah menuju *New Access Router* (NAR), MN akan mengirim pesan ke *Previous Access Router* (PAR) untuk mendapatkan informasi jaringan *Access Point* (AP) terdekat. Kemudian PAR membalas dengan memberi informasi AP mana yang dapat terkoneksi dengan MN. MN mendaftarkan CoA kepada *Previous Access Router* (PAR). Hal ini supaya *Previous Access Router* (PAR) selalu mengetahui lokasi MN. MN mendaftarkan dengan mengirimkan pesan *Fast Binding Update* (FBU) ke PAR untuk memberitahu AP mana yang akan diambil dan NAR yang akan terkoneksi dengan MN. PAR membalas dengan mengirim kembali *Fast Binding Acknowledgement* (FBAck), kemudian PAR membangun *tunnel* antara PCoA (*Previous Care of Address*) dengan NCoA (*New Care of Address*) dan akan mem-forward setiap paket yang terhubung dari PAR ke NAR. NAR dapat mem-buffer paket ini sampai MN tiba kemudian mengirimkan paket tersebut ke MN. MN pun menyesuaikan alamat asal IPv6 dengan NCoA.

## 2.5. *Mobile IPv6 Handover* [4]

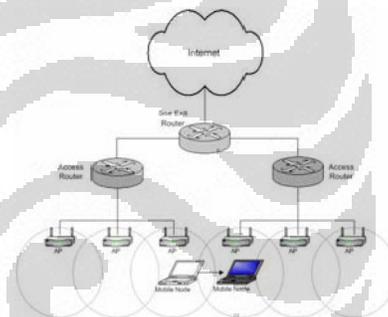
*Handover* adalah proses dimana *mobile node* berpindah dari satu jaringan *access point* (*home network*) ke jaringan *access point* yang lain (*foreign network*). Secara umum *handover* yang hanya mengalami perubahan pada *link layer* (*layer 2* OSI) tanpa mengubah alamat IP dinamakan *horizontal handover*. Contohnya ketika *mobile node* berpindah pada *access point wireless LAN* yang dilayani oleh *IP access router* yang sama. Sedangkan *handover* yang terjadi ketika *mobile node*

berpindah diantara *access point* yang berbeda ESS (*Extend Service Set*) dan dilayani oleh *access router* yang berbeda dinamakan *vertical handover*. *Vertical handover* dapat terjadi diantara *provider* yang sama maupun *provider* yang berbeda.

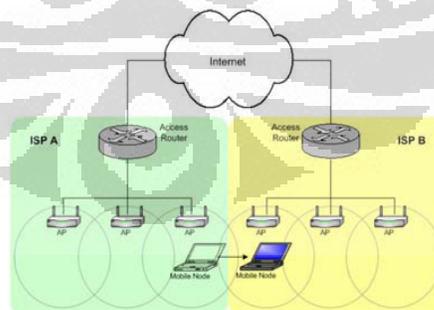
Gambar 2.4 merupakan contoh sederhana *horizontal handover*. *Mobile node* yang berpindah antar *access point* tetapi masih dalam *access router* yang sama. Gambar 2.5 merupakan konfigurasi dari *vertical handover*. *Mobile node* berpindah menuju *access router* yang sama namun berbeda lokasi. Gambar 2.6 masih merupakan *vertical handover*, hanya saja *mobile node* berpindah menuju *access router* yang berbeda dan berbeda lokasi.



Gambar 2.4. *Horizontal handover* [4]



Gambar 2.5. *Vertical handover pada ISP yang sama* [4]



Gambar 2.6. *Vertical handover pada ISP yang berbeda* [4]

Ketika *mobile node* berpindah jaringan, *mobile node* akan melakukan prosedur *handover*. Prosedur *handover* pada mobile IPv6 adalah sebagai berikut:

1. Deteksi perpindahan (*Movement detection*)

*Mobile node* memiliki kemampuan untuk mendeteksi apakah dirinya masih berada di *home network* atau sudah berpindah ke *foreign network*. Untuk mengetahui apakah CAR (*Current Access Router*) masih terjangkau secara dua arah, *mobile node* melakukan *Neighbour Unreachability Detection* (NUD) secara berkala. Apabila CAR tidak terjangkau maka *mobile node* akan mengirimkan *router solicitation* untuk mencari *router* yang baru.

2. *Router discovery*

Proses *router discovery* terjadi ketika *mobile node* menerima *router advertisement* dari *access router* yang baru (NAR). Hal ini bisa terjadi karena *router advertisement* yang dikirimkan secara periodik oleh NAR ke semua *node* secara *multicast* atau bisa karena *router solicitation* yang dikirimkan oleh *mobile node*. *Mobile node* akan mengirimkan *router solicitation* ke CAR yang tidak dapat dijangkau dan akan mengirimkan *solicited router advertisement* atau bisa pula menerima *unsolicited router advertisement* dari NAR yang dikirim secara periodik.

3. Konfigurasi *care of address*

*Mobile node* mengkonfigurasi dirinya dengan alamat IPv6 pada jaringan yang baru. Ini yang dinamakan *care of address*. Konfigurasi alamat IPv6 dapat dilakukan dengan dua cara, yakni *statefull* atau *stateless autoconfiguration*.

4. *Duplicate Address Detection* (DAD)

*Mobile node* yang berpindah ke jaringan yang baru melakukan proses DAD untuk *care of address* yang didapatkan dari hasil konfigurasi *stateless* atau *statefull*. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi duplikasi

alamat IPv6 yang sama di dalam jaringan. Apabila terdapat *node* lain yang menggunakan alamat yang sama seperti *care of address*, akan terjadi hal-hal seperti ini:

- a. *Node* duplikat tersebut akan mendapatkan pesan *neighbour solicitation* dan akan membalas dengan *neighbour advertisement* (dikirimkan ke semua *node* secara *multicast*) dan memberitahukan alamatnya kepada *mobile node*.
- b. *Mobile node* akan menerima *neighbour solicitation* (dengan *care of address* sebagai alamat target) dari *node* duplikat yang juga sedang melakukan proses DAD.

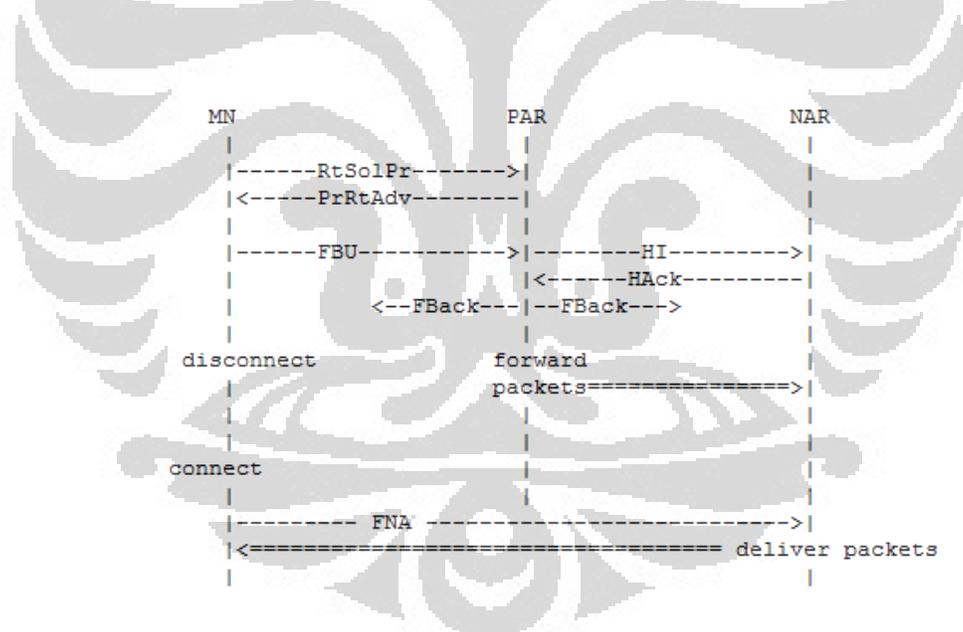
## 2.6. Proses Permintaan Handover FMIPv6

Jenis-jenis pesan yang ada pada proses permintaan *handover*. Proses permintaan *handover* dapat dilihat pada Gambar 2.7:

- RtSolPr (*Router Solicitation for Proxy*) dari MN ke PAR. Dikirim oleh MN untuk meminta informasi *handover* dari PAR.
- PrRtAdv (*Proxy Router Advertisement*) dari PAR ke MN. Dikirim oleh PAR untuk memberitahu MN tentang *link-link* tetangganya.
- FBU (*Fast Binding Update*) dari MN ke PAR. Dikirim oleh MN untuk menunjukkan *Binding Update* dengan NCoA yang didapat dari pesan PrRtAdv.
- HI (*Handover Initiate*) dari PAR ke NAR. Dikirim oleh PAR ke NAR untuk memulai *handover*.
- HAcK (*Handover Acknowledgement*) dari NAR ke PAR. Dikirim oleh NAR untuk menjawab permintaan *handover*.
- FBAcK (*Fast Binding Acknowledgement*) dari PAR ke MN. Dikirim oleh PAR untuk menjawab FBU.

- FNA (*Fast Neighbour Advertisement*) dari MN ke NAR. Dikirim oleh MN untuk memberitahu keberadaan *mobile node* di *link* barunya kepada NAR.

Saat *mobile node* memutuskan untuk berpindah jaringan, protokol FMIPv6 memungkinkan sebuah *mobile node* untuk mengkonfigurasi *care of address* yang baru sebelum *mobile node* tersebut berpindah dan terkoneksi ke jaringan yang baru. Saat *mobile node* ingin memulai *handover*, *mobile node* mengirim pesan RtSolPr ke *previous access router* (PAR) untuk mendapatkan informasi tentang jaringan tetangganya. Pada jaringan *wireless* 802.11, pesan RtSolPr berisi daftar-daftar *access point* yang bisa dideteksi oleh *mobile node*. PAR membalas dengan pesan PrRtAdv yang berisi informasi *layer* setiap *access point*. Informasi IPv6 ini termasuk alamat-alamat *link layer access router* (AR) dan prefiks-prefiks yang bisa membuat *mobile node* mengautokonfigurasi *care of address*.



Gambar 2.7. Prosedur Permintaan *Handover* [6]

Ketika menerima PrRtAdv, *mobile node* bisa menentukan *access point* mana yang akan dipilih untuk saling terkoneksi. Kemudian *mobile node* mengirim *fast binding update* (FBU) kepada PAR, menandakan *mobile node* sudah memilih *access point* mana yang akan terkoneksi. Fungsi pesan HI dan HAck memastikan

bahwa data konfigurasi IPv6 yang benar telah sampai. Ketika menerima HAcK, kemudian PAR membentuk *binding* antara PCoA dan NCoA dan menyalurkan setiap paket yang menuju PCoA ke NCoA. NAR bisa mem-*buffer* paket-paket ini sampai *mobile node* tiba di *link* barunya dan kemudian baru mengirim paket-paket tersebut kepada *mobile node*. *Mobile node* memberitahu keberadaannya di *link* baru dengan mengirim pesan *fast neighbor advertisement* (FNA) kepada NAR.

Dengan cara ini, setiap paket yang biasa hilang selama perpindahan akan di-*buffer* oleh NAR dan dikirimkan kepada *mobile node* saat *mobile node* tiba di *link* barunya. Selanjutnya, komunikasi dengan *correspondent node* bisa berlanjut melalui *tunnel*, dengan demikian meniadakan efek *latency* dan *packet loss* yang biasa terjadi ketika *binding update* di MIPv6. Akan tetapi, pengiriman suatu data pada saat perpindahan tidak luput dari kendala-kendala, oleh karena itu, pada skripsi ini menyarankan parameter-parameter yang akan diukur adalah *jitter*, *delay* dan *throughput*.

## 2.7. VoIP

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) secara umum didefinisikan sebagai suatu teknologi yang memungkinkan komunikasi suara menggunakan jaringan berbasis IP (*Internet Protocol*). Informasi suara yang masih berupa sinyal analog diubah ke bentuk sinyal digital kemudian oleh sistem *codec* diubah formatnya menjadi paket-paket data yang selanjutnya akan ditransmisikan ke tujuan melalui jaringan IP atau *packet network*. Jaringan yang digunakan bisa berupa internet atau intranet. Teknologi VoIP memiliki beberapa keuntungan, diantaranya harga peralatan lebih murah dibandingkan teknologi PBX dan PSTN, biaya perawatan yang murah, dan munculnya aplikasi baru yang menarik dan memungkinkan adanya pengembangan dan penambahan layanan-layanan baru yang ada.

Jaringan internet mempunyai karakteristik yang berbeda dengan jaringan telepon. Pada jaringan telepon, satu kanal hanya bisa untuk satu pembicaraan telepon. Sedangkan pada jaringan internet, data-data mengalir memperebutkan *bandwidth*. Paket IP yang datang diperlakukan sama dan dilayani sesuai dengan

urutan kedatangan. Hal ini menyebabkan terjadinya *delay* yang berakibat buruk bagi kualitas suara.

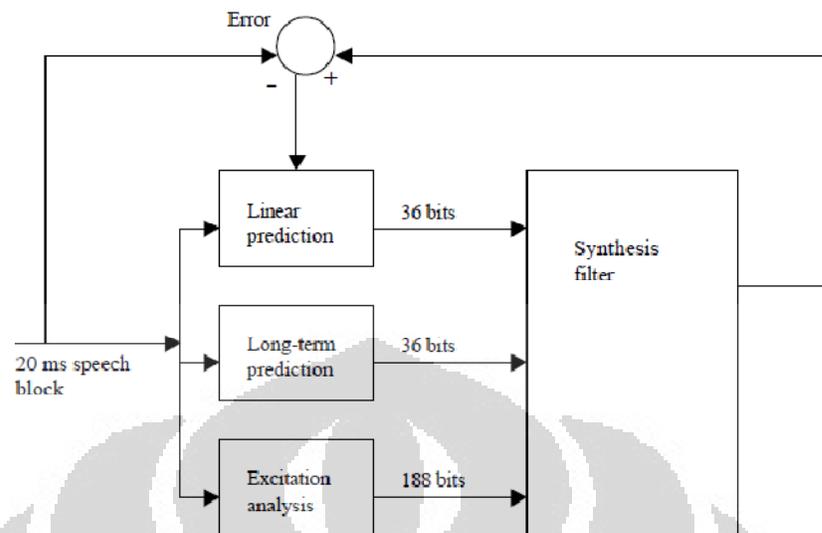
Sebagian besar *delay* terjadi pada proses pengkodean analog menjadi kode digital agar suara dapat dikirim dalam jaringan komputer yang dikenal dengan istilah *codec*. *Codec* memiliki beberapa definisi, antara lain [15]:

1. *Coder-decoder*, sebuah perangkat keras yang berguna untuk melakukan konversi data analog ke digital atau digital ke analog.
2. *Compressor-decompressor*, sebuah perangkat keras atau perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan kompresi dan dekompresi terhadap data video dan audio.

Banyak sekali jenis *protocol voice codec* yang tersedia untuk implementasi VoIP. Jenis *codec* VoIP yang akan dibahas adalah: GSM dan G729A. Berikut gambaran singkat tentang jenis *codec* tersebut:

a. GSM

*Codec* GSM Full Rate (FR) adalah standar *speech coding* digital yang pertama yang digunakan pada sistem *mobile phone* GSM digital [17]. Pada *codec full rate*, sistem GSM menggunakan algoritma *Linear Predictive Coding* dengan *Regular Pulse Excitation* (LPC-RPE *codec*) dengan bit rate sebesar 13 *kbits/s*. Bit rate sebesar 13 *kbits/s* diperoleh dari  $260 \text{ bits} / 20 \text{ ms} = 13000 \text{ bits/s} = 13 \text{ kbits/s}$ . Proses *encoder* 20 ms blok *speech*, setiap blok *speech* terdiri dari 260 *bits* ( $188+36+36 = 260 \text{ bits}$ ) seperti yang digambarkan pada Gambar 2.8 di bawah ini:



**Gambar 2.8. Diagram codec GSM full rate LPC-RPE [10]**

Encoder memiliki 3 bagian utama:

2. Analisa prediksi linear (prediksi jangka pendek)
3. Prediksi jangka panjang
4. Analisa eksitasi

Prediksi linear menggunakan fungsi alih urutan sampai ke-8.

$$A(z) = 1 + \sum_{k=1}^8 a_k z^{-k} \quad [10] \quad (2.1)$$

Secara keseluruhan, bagian *linear prediction* pada *codec* menggunakan 36 *bits*. Pada *long-term prediction*, estimasi puncak dan *gain* 4 kali pada *interval* 5 ms. Setiap estimasi menyediakan koefisien *lag* (7 *bits*) dan koefisien *gain* (2 *bits*). Keempat estimasi ini memerlukan  $4 \times (7+2) \text{ bits} = 36 \text{ bits}$ . Faktor *gain* pada contoh prediksi *speech* memastikan bahwa *speech* buatan mempunyai tingkat energi yang sama dengan sinyal *speech* yang asli. Pada *excitation analysis* yaitu 188 *bits*, berasal dari analisa RPE(*Regular Pulse Excitation*). Setelah jangka panjang dan pendek memfilter sinyal sisa, itulah perbedaan antara sinyal prediksi dan sinyal yang sebenarnya, yang

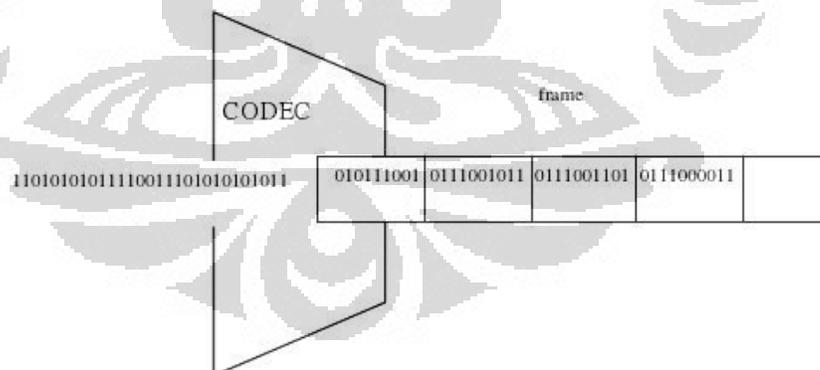
dikuantisasi masing-masing 5 ms *subframe*. Mengenai distribusi *bits* lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Distribusi *bits* yang digunakan pada *codec* GSM full rate.**  
[10]

		Bits per 5 ms block	Bits per 20 ms block
LPC filter	8 parameters		36
LTP filter	Delay parameter	7	28
	Gain parameter	2	8
Excitation signal	Subsampling phase	2	8
	Maximum amplitude	6	24
	13 samples	39	156
<b>Total</b>			260 bits

b. G.729

G.729 adalah salah satu *codec* yang berkualitas baik karena mampu mengkonversi *voice* menjadi 8 kbps. Sinyal suara diubah menjadi *frame* sepanjang 10 ms dan terdiri dari 10 *byte* percakapan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. *Codec* G.729 memiliki versi G.729A yang memiliki algoritma lebih sederhana dan *power* yang dibutuhkan untuk *processing* lebih sedikit. Cocok digunakan untuk telepon nirkabel, *teleconference*, *voice over frame relay* [5].



**Gambar 2.9. Perubahan sinyal suara menjadi frame oleh *codec*** [5]

*Codec* G.729A menggunakan algoritma *Algebraic Code Excited Linear Predictive* (ACELP) yang menghasilkan sinyal keluaran dengan *bit rate* rendah, semakin rendah *bit rate* semakin menghemat

*bandwidth*. Semakin rendah bit rate juga semakin rumit algoritma yang digunakan [3]. *Codec* G.729A memiliki *delay* algoritma sebesar 5 ms.

Deskripsi umum G.729A sama dengan G.729A yaitu memiliki kualitas suara yang tinggi (*toll quality*), memberikan kesempatan untuk peningkatan yang signifikan dalam penggunaan *bandwidth*, salah satu *codec* yang banyak digunakan untuk semua aplikasi, terutama pada jaringan *wireless*. Akan tetapi, *codec* G.729A adalah *codec* berbayar karena sudah dipatenkan oleh ITU-T sehingga tidak bisa digunakan secara bebas [18].

## 2.8. Parameter Kualitas Layanan [8]

### 1. *Handover Latency/Delay*

*Handoff latency/Delay* adalah waktu yang dibutuhkan *mobile node* untuk mendapatkan alamat yang baru. *Handoff latency* merupakan penyebab utama *packet loss* pada jaringan *wireless*. Besarnya *delay* maksimum yang direkomendasikan oleh ITU-T untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. Untuk mengurangi *handoff latency*, berarti harus meningkatkan *Quality of Service* (QoS) [11-13].

### 2. *Jitter*

*Jitter* merupakan variasi *delay* dalam satu satuan waktu yang terjadi akibat meningkatnya penggunaan jasa Internet Teleponi untuk Keperluan Publik (ITKP) yang sama yang menyebabkan kualitas layanan menjadi turun. Untuk mengatasi *jitter* maka paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam *jitter buffer* selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar. Standar kualitas *jitter* untuk layanan VoIP adalah harus lebih kecil dari atau sama dengan 50 ms menurut ITU-T Y.1541 [11-13].

### 3. *Throughput*

Jumlah bit atau paket dari suatu unit data yang diterima dengan benar oleh penerima. *Throughput* juga berguna untuk mengetahui laju data dalam suatu panggilan, sehingga bisa merekomendasikan persyaratan minimal *bandwidth* yang akan digunakan. Besar *throughput* dalam suatu jaringan (khususnya VoIP) sangat dipengaruhi oleh besar payload dalam paket VoIP (alokasi dalam *bandwidth*).

## 2.9. OPNET [19]

OPNET (*Optimized Network Engineering Tools*) adalah salah satu *network simulator* yang digunakan untuk mendesain suatu jaringan. OPNET menyediakan Jaringan Virtual Lingkungan, dengan model yang seluruh jaringan, termasuk *router*-nya, *switch*, protokol, server dan aplikasi individu. Pada Lingkungan Virtual Network, IT manajer, jaringan dan perencana sistem dan staf operasi dapat dengan mudah mengatasi masalah sulit dan mendiagnosa lebih efektif, memvalidasi perubahan sebelum jaringan sesungguhnya dirancang dan rencana untuk pertumbuhan dan kegagalan.

OPNET memiliki kemampuan untuk merancang jaringan berdasarkan perangkat yang ada di pasaran, protokol, layanan dan teknologi yang sedang marak di dunia telekomunikasi. Hasil simulasi dapat dibuat dalam bentuk skenario sehingga dapat dijadikan dasar dalam perencanaan suatu jaringan berbasis paket. Salah satu cara mudah untuk merencanakan suatu jaringan berbasis paket adalah dengan mensimulasikan suatu jaringan dengan kondisi yang serupa dengan kondisi jaringan yang ada.

Dengan membuat beberapa model simulasi, prediksi kebutuhan jaringan, seperti *Bandwidth*, kebutuhan *quality of service*, jenis perangkat yang tepat, dan lain-lain dapat digambarkan pada OPNET, sehingga hasil ini dapat dipergunakan untuk suatu perencanaan suatu jaringan berbasis IP. OPNET dapat dipergunakan untuk simulasi jaringan paket berbasis *Internet Protocol (IP)*, *Asynchronous*

*Transfer Mode (ATM), Frame Relay* ataupun *Time Division Multiplex (TDM)*. Jenis layanan yang disimulasikan juga beragam, baik itu internet (WEB), VoIP, *File transfer, video conference, video streaming* dan lain-lain yang dapat diatur berdasarkan kebutuhan dari pengguna simulasi. Secara umum OPNET adalah simulator berbasis paket yang handal dan dapat dikembangkan oleh penggunaannya.

Komponen-komponen jaringan berbasis IP sebagai berikut:

1. *Router*

Komponen dasar yang berfungsi menyalurkan paket IP dari pengirim menuju ke penerima. Perangkat ini bekerja pada layer 3, yaitu melakukan pemrosesan alamat IP untuk keperluan *routing*.

2. *Switch*

Merutekan trafik dengan menggunakan *MAC address*. *Routing* yang dilakukan lebih sederhana dari *router*, akan tetapi dengan pemrosesan yang sederhana memungkinkan *switch* merutekan trafik dengan kecepatan yang lebih tinggi.

3. *Bridge*

Menghubungkan dua atau lebih jaringan yang menggunakan media berbeda.

4. Hub

Pembagi Saluran.

5. Server

Penyedia layanan aplikasi dalam jaringan.

## 6. *Workstation*

Tempat pelanggan jaringan menjalankan aplikasi layanan yang disediakan oleh jaringan melalui server-servernya. *Workstation* dapat berupa *personal computer* atau perangkat CPE (*Customer Premises Equipment*) lainnya.

OPNET *Modeler* 14.0 merupakan update dari OPNET *Modeler* 12.1. OPNET *Modeler* 14.0 memiliki kemampuan untuk memodelkan fitur IPv6 antara lain: memperluas alamat, implementasi *dual stack*, RIPng, OSPFv3, IPv6 *routing* statis, IPv6 *tunneling*, ICMPv6, dan *neighbor discovery*. Fitur-fitur ini memungkinkan rencana migrasi IPv6 menggunakan transisi yang berbeda dan adanya perangkat tambahan pada protokol. Model fitur IPv6 meliputi:

- IPv6 *Tunneling*: Manual, *automatic*, 6to4, IPv6 over MPLS (6PE)
- Kecerahan aplikasi yang lengkap
- Protokol *routing* IPv6: RIPng, OSPFv3, IS-IS, BGP, rute statis
- *Mobile* IPv6
- Autokonfigurasi *stateless* alamat IP, DHCPv6
- *Node-node* IP *dual stack*: IPv4 dan IPv6
- IPv6 atau MANET *modeling*

### 2.10. MOS (*Mean Opinion Score*)

Untuk mengetahui kualitas suara berdasarkan skala MOS yang didefinisikan ITU-T P.862 PESQ [10-12]. Hal yang harus dilakukan pertama adalah penentuan nilai akhir estimasi E-Model, yaitu R faktor. Definisi dari R faktor adalah faktor kualitas transmisi yang dipengaruhi oleh kualitas layanan suara di suatu jaringan. Berikut ini adalah Persamaan 2.1 untuk R faktor [9]:

$$\mathbf{R} = 94.2 - \mathbf{I}_d - \mathbf{I}_e \quad (2.1)$$

Dimana:

R = Faktor kualitas transmisi

$I_d$  = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh *delay*

$I_e$  = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan teknik kompresi dan *packet loss* [9]

Nilai  $I_d$  diperoleh dari persamaan 2.2 berikut ini [9]:

$$I_d = 0.024 d + 0.11(d - 177.3) H_{(d - 177.3)} \quad (2.2)$$

Dimana:

$d$  = *Delay* satu arah (ms)

H = Fungsi tangga; dengan ketentuan

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

$H(x) = 1$ , untuk  $x \geq 0$  [9]

Selain cara di atas terdapat metode lain yang bisa digunakan untuk mendapatkan nilai  $I_e$ , tetapi syarat yg dibutuhkan untuk mendapatkan nilai  $I_e$  adalah dengan mengetahui nilai *packet loss*. Namun karena pada skripsi ini tidak menguji parameter *packet loss*, maka nilai  $I_e$  hanya didasarkan oleh nilai yang sudah ditentukan *software* OPNET, karena *packet loss* lebih berpengaruh kepada aplikasi berbasis data. Sedangkan pada skripsi ini aplikasi yang digunakan adalah *voice*, yang mana *jitter* dan *delay* yang lebih berpengaruh.

Untuk nilai  $I_e$  tergantung dari *codec* yang digunakan. Berdasarkan nilai  $I_e$  pada OPNET, untuk *codec* G729A mempunyai nilai  $I_e$  sebesar 11, sedangkan nilai  $I_e$  untuk *codec* GSM tidak diketahui. Jadi, asumsi nilai  $I_e$  untuk *codec* GSM adalah 0. Persamaan 2.3 adalah persamaan yang digunakan untuk konversi nilai R Faktor menjadi nilai MOS. Berikut ini adalah persamaan tersebut [9]:

$$\text{MOS} = 1 + 0.035 R + 7 \times 10^{-6} R (R - 60) (100 - R) \quad (2.3)$$

Kemudian untuk lebih jelasnya, hubungan antara nilai R Faktor dan nilai MOS dapat dilihat pada Gambar 2.10:

R faktor	Tingkat Kepuasan	MOS
100		
94	Sangat Baik	4,4
90	Baik	4,3
80	Cukup Baik	4,0
70	Kurang Baik	3,6
60	Buruk / berkualitas rendah	3,1
50	Buruk / tidak diperkenankan	2,6
0		1,0

Nilai Maksimum ITU - T.G.107 →

Gambar 2.10. Hubungan dari nilai R Faktor dengan nilai MOS [9]

## BAB III

### KONFIGURASI JARINGAN DAN METODE PENGAMBILAN DATA

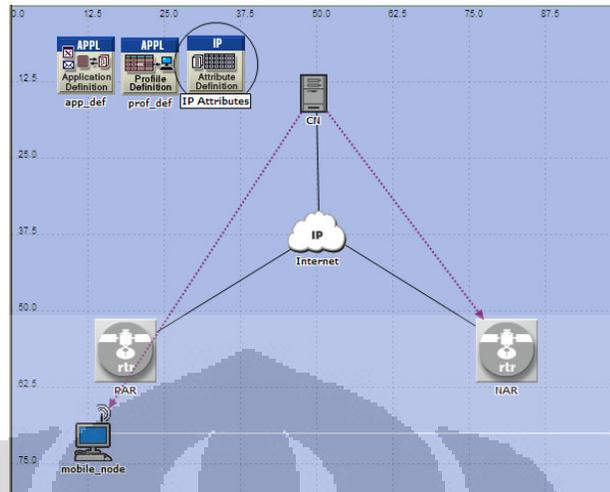
Rencana implementasi sistem merupakan tahap awal dari penerapan sistem yang akan dirancang. Tujuan dari rencana implementasi ini agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan yang diharapkan.

Sistem yang dipakai untuk membangun simulasi ini adalah:

- Sistem Operasi: *Windows XP Service Pack 2*
- *Network Simulator: OPNET Modeler 14.0*
- *Compiler: Microsoft Visual Studio 2005*

#### 3.1. Perancangan Sistem FMIPv6

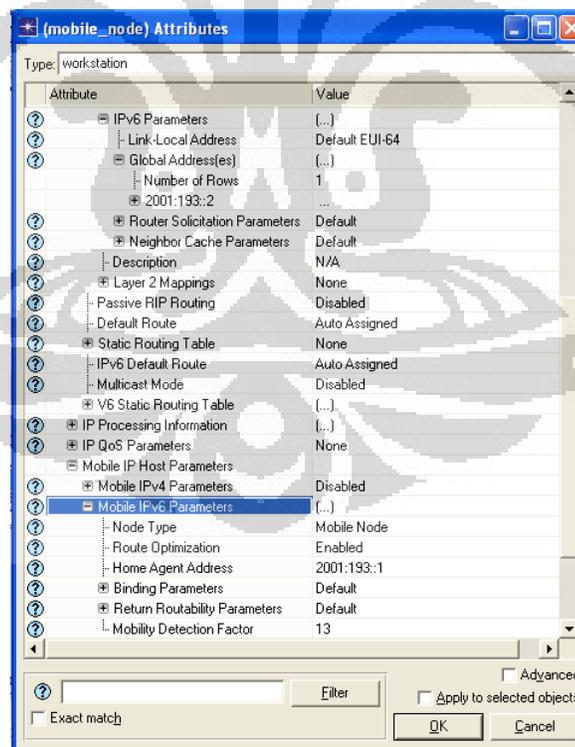
Dalam implementasi sistem FMIPv6 ini, dibuat dua jaringan IPv6 dengan *access point* berbeda yaitu *previous access router* (PAR) dan *new access router* (NAR). Untuk membuktikan kualitas layanan VoIP, dilakukan uji perbandingan kinerja *codec* G.729A dengan *codec* GSM pada jaringan FMIPv6. Untuk mensimulasikannya digunakan *software* *OPNET Modeler 14.0*. Gambar 3.1 adalah konfigurasi jaringan yang diaplikasikan pada *software* *OPNET Modeler 14.0*.



**Gambar 3.1. Konfigurasi jaringan FMIPv6 pada OPNET Modeler**

Pada implementasi sistem FMIPv6 ini terdiri dari beberapa komponen penyusun, yaitu:

- *Mobile Node (MN)*

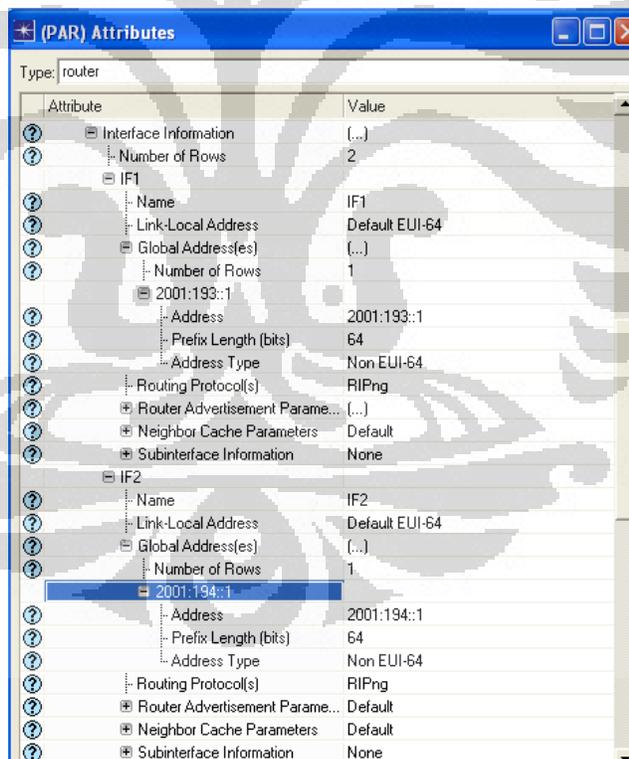


**Gambar 3.2. Konfigurasi Mobile node (MN)**

Model MN yang digunakan adalah wlan\_wkstn\_adv, *Node Type attribute* diatur menjadi *Mobile Node* dengan cara: *IP – Mobile IP Host Parameters – Mobile IPv6 Parameters*. Kemudian atur *Route Optimization* menjadi *Enabled*, karena MN berawal dari *Previous Access Router (PAR)* maka atur *Home Agent Address* sesuai dengan alamat pertama IPv6 PAR. Gambar 3.2 menunjukkan konfigurasi MN dengan model wlan\_wkstn\_adv.

*Mobile Node (MN)* bersifat *mobile*, bergerak dari *Previous Access Router (PAR)* ke *New Access Router (NAR)* dengan terkoneksi secara *wireless*. MN memiliki alamat IPv6 yaitu 2001:193::2/64. *Mobile node* akan selalu teridentifikasi melalui *Previous Access Router (PAR)*. Untuk parameter lainnya diatur menjadi *default*.

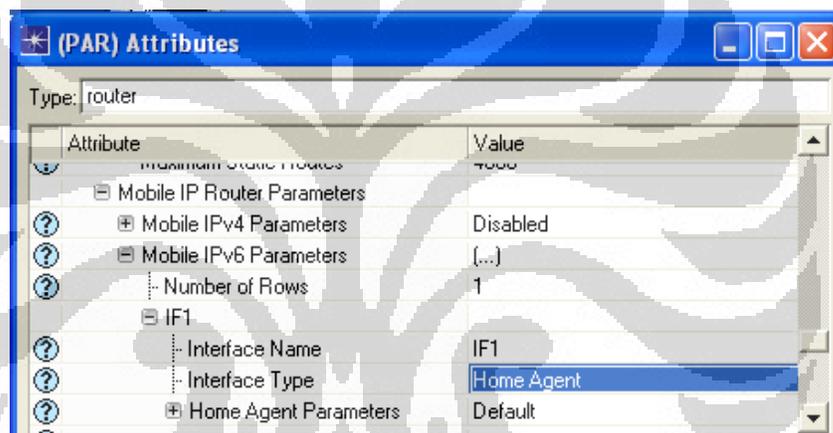
- *Previous Access Router (PAR)*



**Gambar 3.3. Konfigurasi alamat IPv6 *Previous Access Router (PAR)***

PAR merupakan *Access Router* yang berada pada *home network*. *Router* yang terkoneksi dengan *Mobile Node* (MN) sebelum melakukan perpindahan. *Previous Access Router* (PAR) memiliki dua alamat IPv6 seperti yang ada pada Gambar 3.3. Alamat pertama (IF1) untuk tetap terhubung dengan MN yaitu 2001:193::1/64 dan alamat kedua (IF2) untuk tetap terhubung dengan *Internet* yaitu 2001:194::1/64.

Model MN yang digunakan adalah wlan\_ethernet\_slip4\_adv, *Interface Type attribute* diatur menjadi *Home Agent* dengan cara: IP – *Mobile IP Host Parameters* – *Mobile IPv6 Parameters*, pengaturan ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.

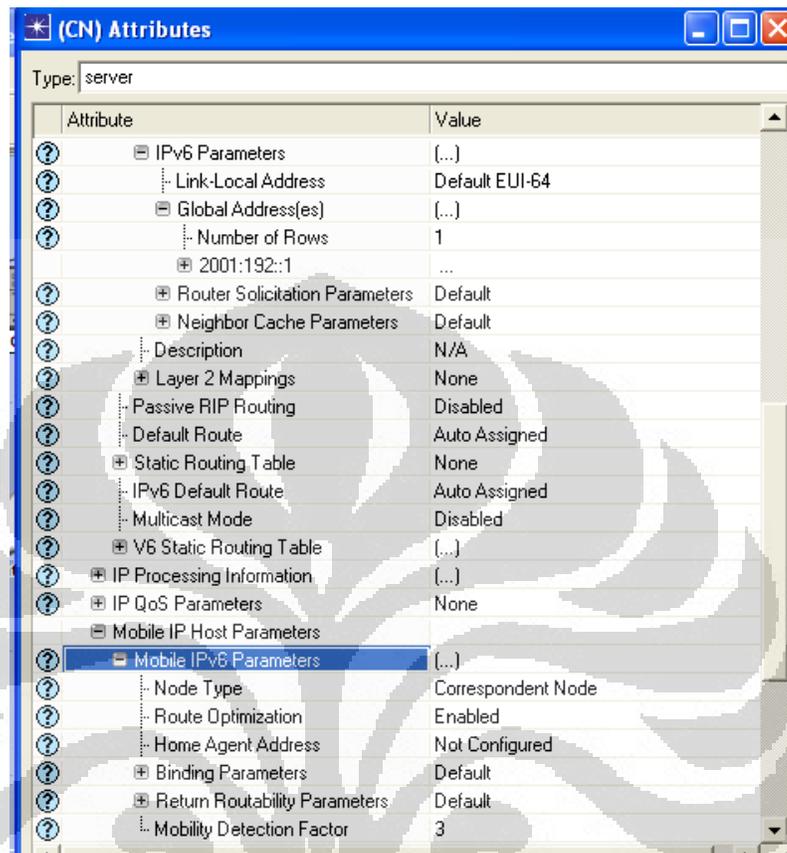


**Gambar 3.4. Konfigurasi *Previous Access Router* (PAR)**

- *New Access Router* (NAR)

Pengaturan konfigurasi *New Access Router* (NAR) sama dengan *Previous Access Router* (PAR). PAR merupakan *Access Router* yang berada pada *foreign network*. *Router* yang terkoneksi dengan *Mobile Node* (MN) setelah melakukan perpindahan. *New Access Router* (NAR) juga memiliki dua alamat IPv6. Alamat pertama untuk tetap terhubung dengan MN yaitu 2001:195::1/64 dan alamat kedua untuk tetap terhubung dengan *Internet* yaitu 2001:196::1/64.

- *Correspondent Node (CN)*



**Gambar 3.5. Konfigurasi *Correspondent Node***

*Correspondent Node (CN)* disini adalah *node IPv6* yang berkomunikasi dengan *Mobile Node*. Bersifat statis karena pada skripsi ini CN juga berfungsi sebagai server yang bertugas menangani proses registrasi dan autentikasi *user*, yang meroutingkan permintaan *Mobile Node* menuju *New Access Router (NAR)*. CN memiliki alamat IPv6 untuk tetap terhubung dengan *Internet* yaitu 2001:192::1/64. Model MN yang digunakan adalah *mipv6\_ppp\_server\_adv*, *Node Type attribute* diatur menjadi *Correspondent Node* dengan cara: *IP – Mobile IP Host Parameters – Mobile IPv6 Parameters*. Kemudian atur *Route Optimization* menjadi *Enabled*, karena CN adalah server, maka *Home Agent Address*

diatur menjadi *Not Configured*. Gambar 3.2 menunjukkan konfigurasi CN dengan model *mipv6\_ppp\_server\_adv*.

Pada skripsi ini sistem FMIPv6 ditambahkan dengan *server* VoIP yang juga merupakan *correspondent node* (CN) yang berbasis IPv6. Aplikasi VoIP dengan variasi *codec* yang digunakan adalah sebagai metode yang akan dipakai kemudian untuk pengambilan data, pengujian dan analisa sistem. Konfigurasi jaringan ini nantinya akan dibuktikan dengan melakukan percobaan. Dalam melakukan percobaan FMIPv6, MN akan melakukan *handover* secara otomatis antar *Access Router* yaitu PAR dan NAR berdasarkan kekuatan sinyal *access point* (AP) yang diterimanya.

Implementasi ini dilakukan dengan melakukan simulasi. Simulasi lebih membutuhkan peralatan yang sederhana. Simulasi hanya membutuhkan *software* atau perangkat lunak yang dapat bekerja sesuai dengan konfigurasi jaringan.

### 3.2. Skenario Penelitian

Skenario penelitian akan dibagi menjadi 4 bagian:

1. Skenario 1

Pengujian kualitas VoIP dengan *codec* G.729A pada jaringan FMIPv6 tanpa proses *handover*.

2. Skenario 2

Pengujian kualitas VoIP dengan *codec* G.729A pada jaringan FMIPv6 ketika *mobile node* bergerak dari *previous access router* (PAR) menuju *new access router* (NAR).

### 3. Skenario 3

Pengujian kualitas VoIP dengan *codec* GSM *Full Rate* (FR) pada jaringan FMIPv6 tanpa proses *handover*.

### 4. Skenario 4

Pengujian kualitas VoIP dengan *codec* GSM *Full Rate* (FR) pada jaringan FMIPv6 ketika *mobile node* bergerak dari *previous access router* (PAR) menuju *new access router* (NAR).

Pada setiap skenario yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh data parameter kualitas layanan dan analisa *Quality of Service* (QoS) dari layanan VoIP. Waktu yang digunakan untuk melakukan *handover* merupakan masalah yang utama dalam mobile IP. VoIP merupakan layanan multimedia yang bersifat sensitif terhadap *delay*. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengukuran dari masing-masing parameter kualitas layanan terhadap setiap jenis *codec* (GSM dan G.729A) yaitu *delay*, *jitter*, dan *throughput*.

## BAB IV

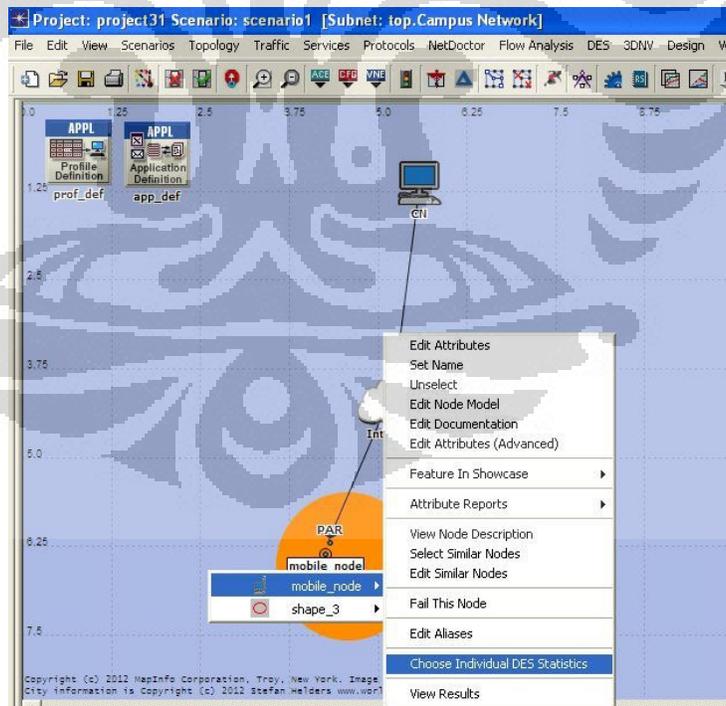
### SIMULASI DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

Tujuan dibangunnya konfigurasi jaringan *Fast Handover Mobile IPv6* dengan aplikasi VoIP kemudian menguji dan menganalisa hasilnya adalah untuk memperoleh *Quality of Service* (QoS) yang baik dalam layanan VoIP. Parameter-parameter yang dipilih untuk menentukan *Quality of Service* (QoS) dalam skripsi ini adalah *Delay*, *Jitter*, dan *Throughput*.

#### 4.1. Pengaturan Parameter Statistik

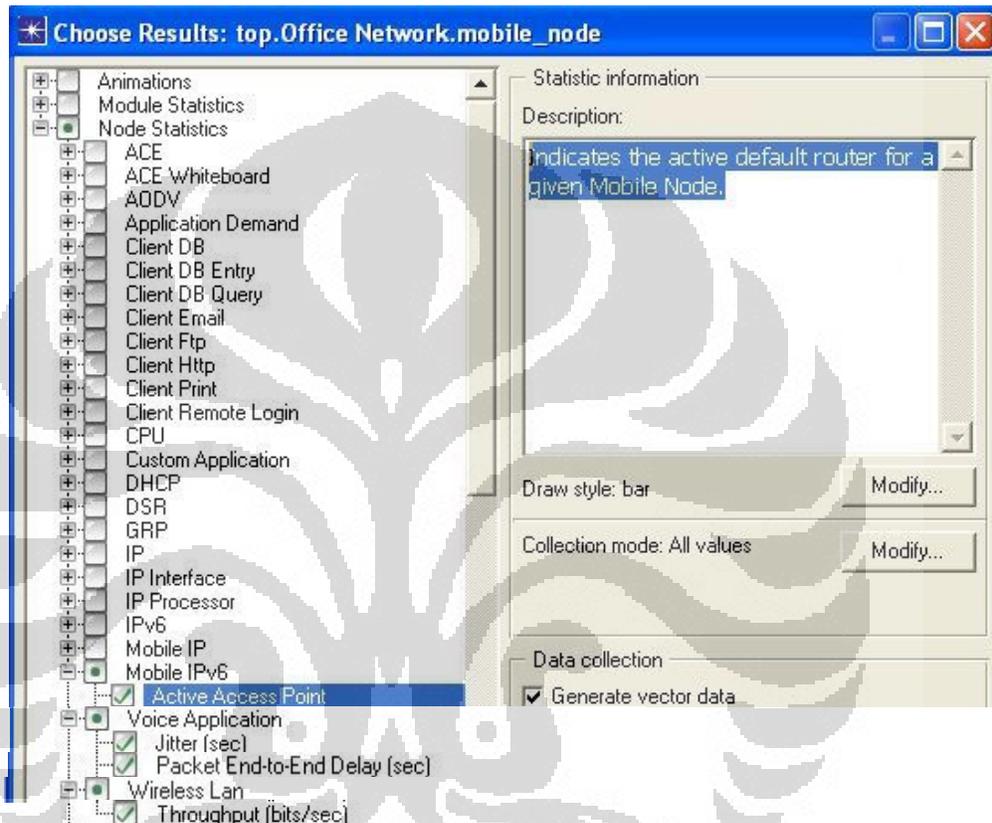
Pada skripsi ini, sebelum menjalankan simulasi atur terlebih dahulu parameter statistiknya, dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berikut adalah langkah-langkah menentukan parameter statistik dari *Mobile Node* (MN):

1. Langkah pertama *Choose Individual DES Statistic* dipilih untuk menentukan parameter yang akan diamati datanya.



Gambar 4.1. Pengaturan Parameter Statistik

2. Kemudian *Active Access Point* ditandai untuk mengetahui grafik dari router yang digunakan. Lalu *Jitter* dan *Packet End-to-End Delay* ditandai untuk mengetahui grafiknya. Setelah itu *Throughput* dipilih juga untuk mengetahui *output* yang dihasilkan. Pengaturan parameter ini ditunjukkan pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2. Parameter Statistik pada *Mobile Node* (MN)**

3. Kemudian simulasi dijalankan dengan memilih *Discrete Event Simulation*.
4. Lalu durasi diatur menjadi 56 menit, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3. Mengatur durasi simulasi**

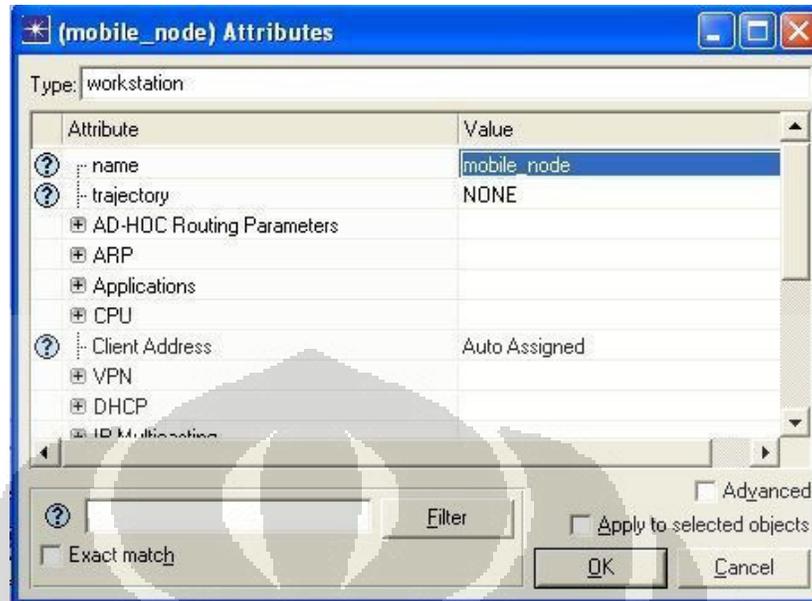
5. Terakhir “Run” dipilih untuk menjalankan simulasi seluruhnya.

## 4.2. Pengujian Konfigurasi Jaringan

Berikut ini adalah skenario-skenario pengujian kinerja *Fast Handover Mobile IPv6* (FMIPv6) menggunakan software OPNET. Pengujian dilakukan selama 10 kali pengambilan data untuk setiap skenario:

### 1. Skenario 1

Pada skenario 1 *Trajectory attribute* diganti menjadi *NONE*, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.4 dan *codec* diatur menjadi G.729A pada *node model Application Definition* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5, kemudian simulasi dijalankan.



**Gambar 4.4. Pengaturan *Trajectory* pada *Mobile Node* (MN) tanpa *handover***



**Gambar 4.5. *Codec* VoIP G.729A (*silence*)**

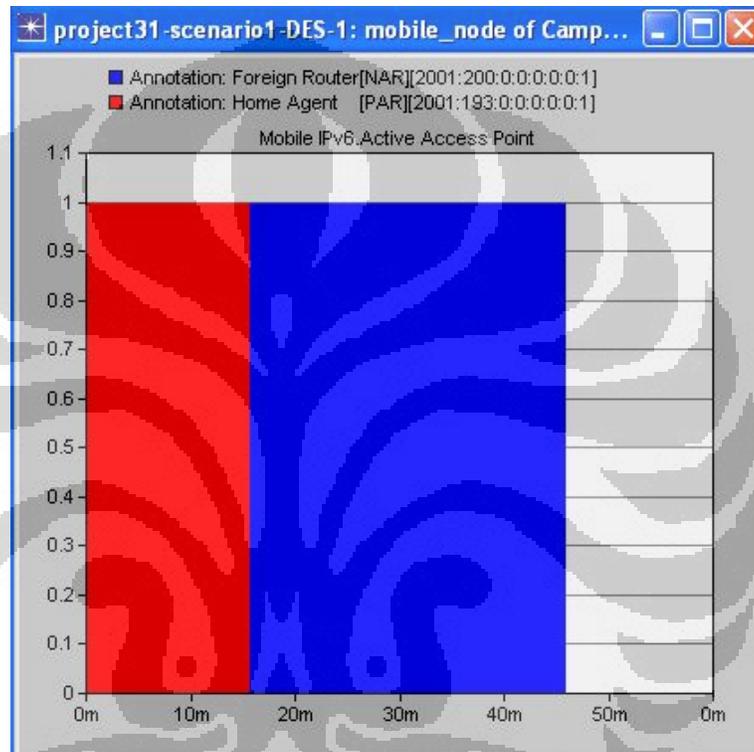
## 2. Skenario 2

Untuk membuat konfigurasi jaringan menjadi handover, maka trajectory diubah menjadi “coba3”, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9, kemudian simulasi dijalankan.



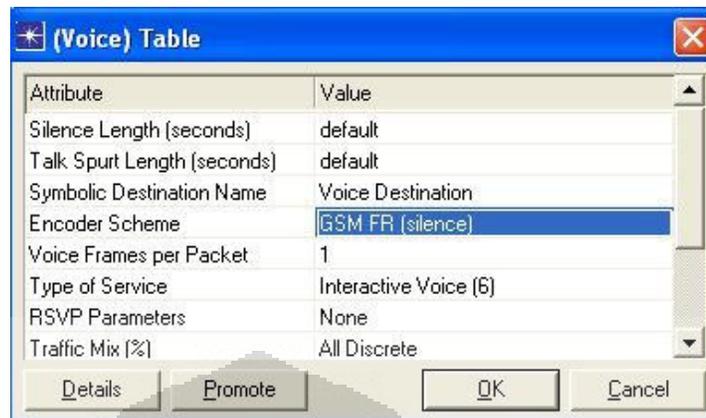
**Gambar 4.6. Mengaktifkan *trajectory***

Hasil simulasi untuk *access point* ditunjukkan pada Gambar 4.7:



**Gambar 4.7. Active Access Point PAR & NAR**

3. Pada skenario 3 *Trajectory attribute* diganti menjadi *NONE*, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.4 dan *codec* diatur menjadi *GSM* pada *node* model *Application Definition* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 kemudian simulasi dijalankan.



**Gambar 4.8. Mengubah *codec* menjadi *codec* GSM**

#### 4. Skenario 4

Untuk membuat konfigurasi jaringan menjadi *handover*, maka *trajectory* diubah menjadi “coba3”, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6, kemudian simulasi dijalankan.

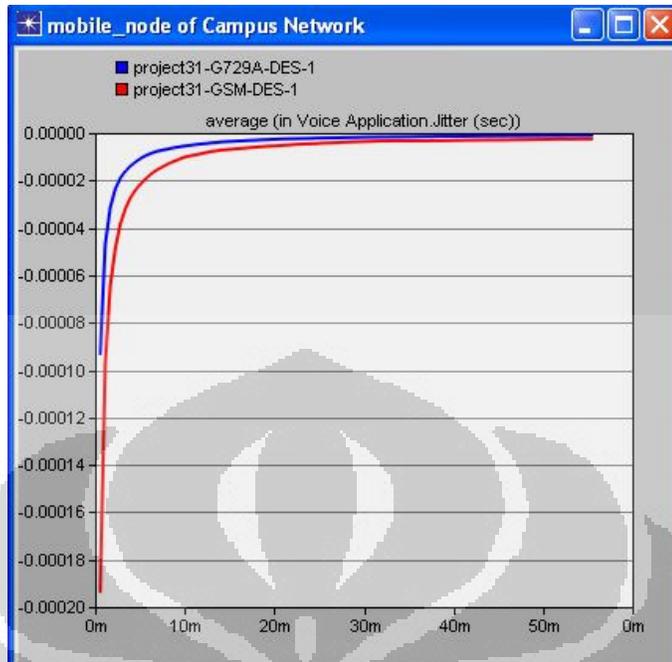
### 4.3. Analisa Hasil Pengujian

#### 4.3.1 *Jitter*

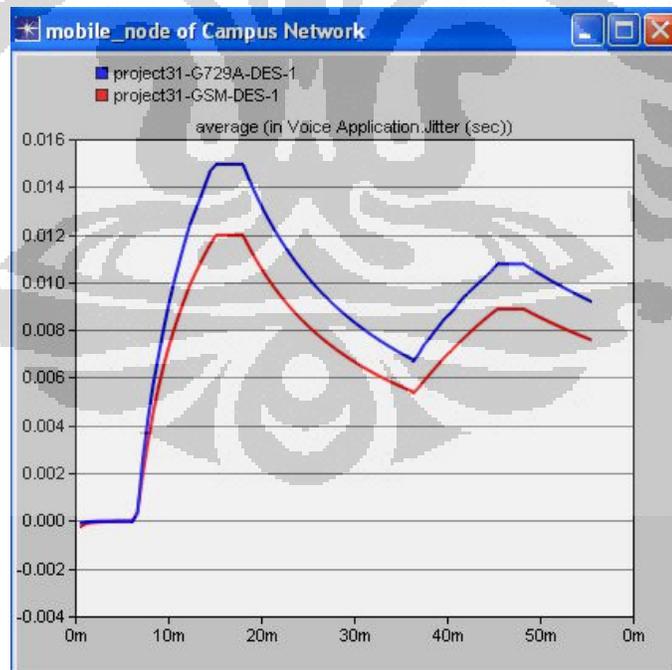
- Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil pengambilan data nilai rata-rata *jitter* dari simulator jaringan OPNET dengan konfigurasi jaringan *Fast Handover* Mobile IPv6 dengan aplikasi VoIP. Parameter yang dibandingkan adalah *jitter* saat masih berada di *home network* dan *jitter* saat *handover* bergerak menuju *foreign network* kemudian kembali menuju *home network*. Besarnya nilai *jitter* dan standar deviasi yang didapat dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.

Nilai pada tabel merupakan nilai rata-rata dari 10 kali pengambilan data.



Gambar 4.9. Grafik perbandingan nilai *jitter* tanpa *handover*



Gambar 4.10. Grafik perbandingan nilai *jitter* saat *handover*

Tabel 4.1. Nilai rata-rata *jitter*

<i>Codec</i>	Tanpa <i>Handover</i> (millisec)	<i>Handover</i> (millisec)
GSM	-0.00388	7.6
G729A	-0.0046	9.181

Tabel 4.2. Nilai standar deviasi dari parameter *jitter*

<i>Codec</i>	Standar Deviasi	
	Tanpa <i>Handover</i> (millisec)	<i>Handover</i> (millisec)
GSM	0.0194	10.276
G729A	0.00937	12.549

- Analisa hasil pengujian berdasarkan parameter *jitter*

Berdasarkan data nilai rata-rata hasil pengujian, nilai *jitter* untuk *codec* GSM dan G729A termasuk kategori berkualitas baik, karena berdasarkan nilai maksimum *jitter* yang direkomendasikan oleh ITU-T Y. 1541 adalah 50 ms [10-12]. Akan tetapi, pada saat *handover codec* GSM memiliki nilai *jitter* yang lebih rendah dari *codec* G.729A, semakin rendah nilai *jitter* maka kualitas VoIP semakin baik. Berarti *codec* GSM memiliki kualitas VoIP yang lebih baik dari G.729A dilihat dari parameter *jitter*.

Nilai standar deviasi untuk *codec* GSM dan G729A pun termasuk kategori stabil. Standar deviasi mempunyai fungsi untuk melihat kestabilan sistem. Sistem yang memiliki standar deviasi 0 (nol) merupakan sistem yang paling stabil. Semakin mendekati 0 (nol) maka semakin stabil dan dilihat dari

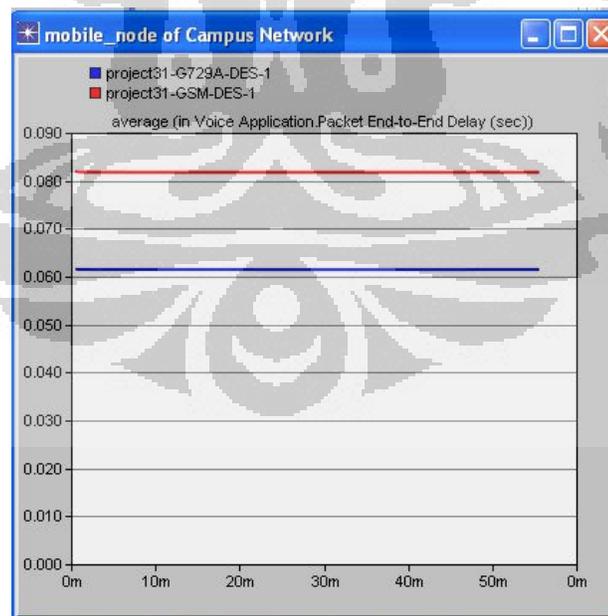
standar deviasinya terhadap parameter *jitter*, *codec* GSM memiliki standar deviasi lebih kecil dari *codec* G729A. Berarti *codec* GSM memiliki kualitas VoIP yang lebih stabil dari G729A.

Koneksi yang stabil tidak akan mempunyai nilai *jitter* ( $jitter = 0$ ), tetapi hal itu hampir tidak mungkin karena VoIP adalah teknologi komunikasi suara yang menggunakan jaringan internet, sedangkan *bandwidth* pada jaringan internet sudah padat dengan transaksi data. Jadi kemungkinan adanya *delay jitter* pasti ada.

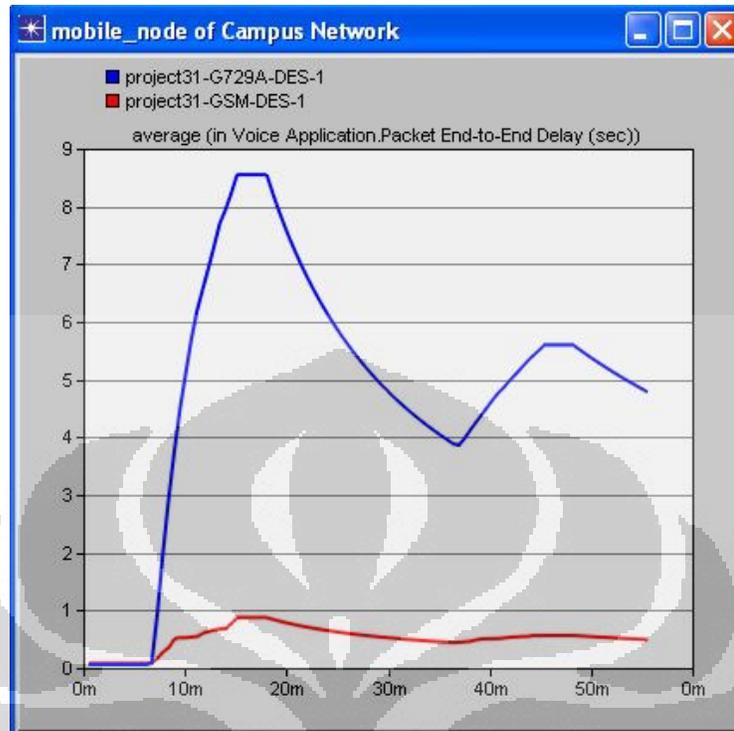
#### 4.3.2 Delay

- Hasil pengujian

Berikut adalah hasil pengambilan data nilai rata-rata parameter *delay*. Parameter yang dibandingkan adalah *delay* saat masih berada di *home network* dan *delay* saat *handover* bergerak menuju *foreign network* kemudian kembali menuju *home network*. Besarnya nilai *delay* yang didapat dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



**Gambar 4.11.** Grafik perbandingan nilai *delay* tanpa *handover*



Gambar 4.12. Grafik perbandingan nilai *delay* saat *handover*

Tabel 4.3. Nilai rata-rata *delay*

<i>Codec</i>	Tanpa <i>Handover</i> (sec)	<i>Handover</i> (sec)
GSM	0.08177	0.449897
G729A	0.061479	4.793604

Tabel 4.4. Nilai standar deviasi dari parameter *delay*

<i>Codec</i>	Standar Deviasi	
	Tanpa <i>Handover</i> (millisec)	<i>Handover</i> (sec)
GSM	0.0269	0.70675
G729A	0.0243	6.636661

- Analisa hasil pengujian berdasarkan parameter *delay*

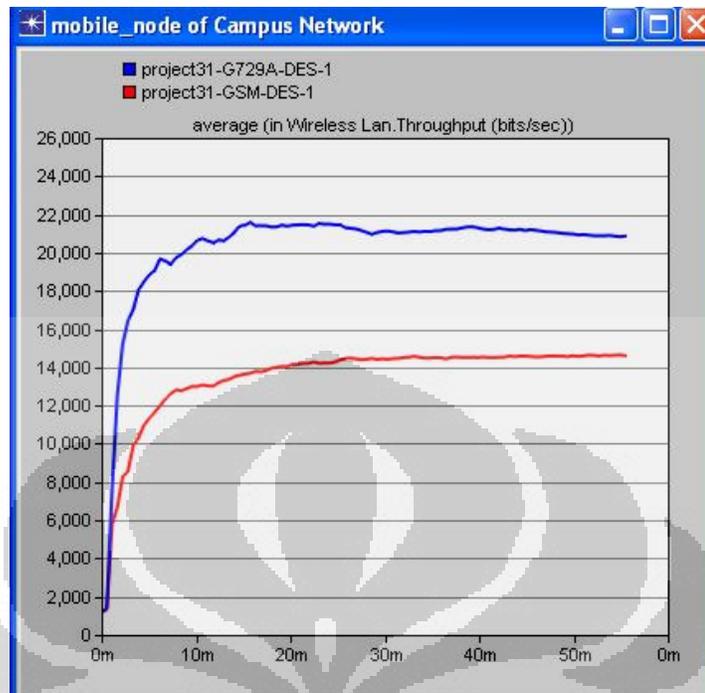
Berdasarkan data nilai rata-rata hasil pengujian, nilai *delay codec* GSM dan G729A termasuk kategori berkualitas baik, dalam keadaan tanpa *handover* ataupun dengan *handover*, karena berdasarkan nilai maksimum *delay* yang direkomendasikan oleh ITU-T G. 114 adalah 95 ms [10-12]. Akan tetapi, saat *handover* terjadi *codec* G729A memiliki nilai *delay* lebih besar dari *codec* GSM. Dimulai dari menit ke-6 sudah menunjukkan adanya kenaikan nilai *delay*, puncaknya adalah saat menit ke-15. Puncak *delay* ini terjadi selama kurang lebih 3 menit sampai akhirnya *Mobile node* mendeteksi keberadaan *Next Access Router* (NAR) dan *delay* mulai kembali menurun. Berbeda dengan *codec* G729A, *codec* GSM memiliki puncak *delay* yang lebih rendah dari G729A, bahkan beda antara puncak dengan batas minimum *delay* pun tidak begitu jauh.

Dilihat dari nilai standar deviasi, untuk *codec* GSM termasuk kategori stabil, karena semakin mendekati 0 (nol) maka semakin stabil dan dilihat dari standar deviasinya terhadap parameter *delay*, GSM memiliki standar deviasi jauh lebih kecil dari G729A, dapat dilihat pada Tabel 4.4. Berarti *codec* GSM memiliki kualitas VoIP yang lebih stabil dari G729A dilihat dari segi parameter *delay* saat terjadi *handover*.

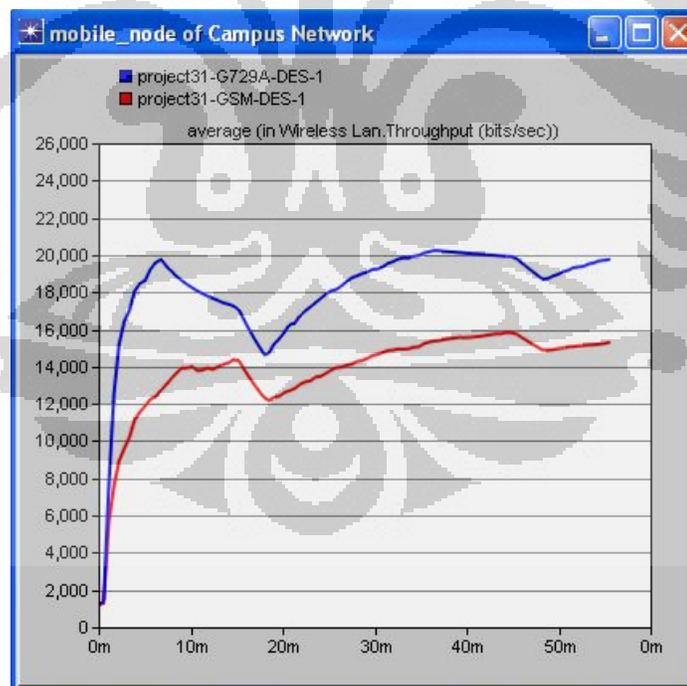
#### 4.3.3 *Throughput*

- Hasil pengujian

Berikut adalah hasil pengambilan data nilai rata-rata parameter *throughput*. Parameter yang dibandingkan adalah *throughput* saat masih berada di *home network* dan *throughput* saat *handover* bergerak menuju *foreign network* kemudian kembali menuju *home network*. Besarnya nilai *throughput* yang didapat dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4.13. Grafik perbandingan nilai *throughput* tanpa *handover*



Gambar 4.14. Grafik perbandingan nilai *throughput* saat *handover*

Tabel 4.5. Nilai rata-rata *throughput*

<i>Codec</i>	Tanpa <i>Handover</i> (bits/sec)	<i>Handover</i> (bits/sec)
GSM	14826.43	15157.75
G729A	21044	20032.07

- Analisa hasil pengujian berdasarkan parameter *throughput*

Berdasarkan nilai rata-rata yang didapat dari pengujian, *codec* G729A memiliki nilai *throughput* yang lebih besar dari *codec* GSM, baik saat belum terjadi *handover* ataupun saat terjadi *handover*. *Throughput codec* GSM dan G729A mengalami *drop* saat terjadi *handover* karena paket suara yang diterima di *Mobile Node* mulai sulit terjangkau, karena *Mobile Node* mulai menjauhi *Previous Access Router* (PAR) dan belum terdeteksinya keberadaan *Next Access Router* (NAR).

*Codec* G729A memiliki *throughput* yang lebih besar dari GSM karena *codec* G.729A lebih maksimal menggunakan *bandwidth* dan juga karena *codec* G729A lebih banyak membutuhkan kapasitas *buffer* daripada *codec* GSM. Banyaknya kapasitas *buffer* yang dibutuhkan oleh *codec* G729A karena *codec* G729A memiliki *bitrate* yang lebih kecil dari *codec* GSM, yang artinya memiliki algoritma yang lebih rumit untuk digunakan.

#### 4.4. Pengujian MOS

Setelah persamaan dari R Faktor,  $I_d$ , dan  $I_e$  diketahui, maka diperoleh nilai ketiga persamaan tersebut dari *codec* G729A dan *codec* GSM pada Tabel 4.6 berikut ini:

**Tabel 4.6. Nilai R Faktor**

<i>Codec</i>	$I_d$	$I_e$	R Faktor
GSM	$1.0797528 \times 10^{-5}$	0	94.1999
G729A	$1.15046496 \times 10^{-4}$	11	83.1998

Setelah diketahui nilai MOS dari *codec* G729A dan *codec* GSM dengan nilai R Faktor yang dimasukkan ke dalam persamaan 2.3, maka diperoleh Tabel 4.7:

**Tabel 4.7. Nilai MOS**

<i>Codec</i>	R Faktor	MOS
GSM	94.1999	4.427796818
G729A	83.1998	4.138989424

Dengan demikian dilihat dari nilai MOS yang didefinisikan ITU-T P.862 PESQ [10-12], *codec* G729A dan *codec* GSM yang digunakan pada aplikasi VoIP dengan metode *Fast Handover Mobile IPv6*, termasuk dalam kualitas yang sangat baik.

## BAB V

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan pada percobaan simulasi layanan VoIP dengan *codec* G729A dan *codec* GSM pada jaringan *Fast Handover* Mobile IPv6 dengan menggunakan *software* OPNET Modeler 14.0, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dilihat dari hasil pengujian ketiga parameter yaitu *jitter*, *delay* dan *throughput*, kualitas VoIP dengan menggunakan *codec* GSM dan *codec* G729A masih termasuk dalam kualitas baik karena memiliki nilai *jitter* dan nilai *delay* di bawah standar yang sudah ditentukan ITU-T [10-12].
2. Dilihat dari nilai standar deviasi hasil pengujian *jitter* dan *delay* saat terjadi *handover* *codec* GSM lebih stabil daripada *codec* G729A dengan nilai *jitter* 0,010276 sec; *delay* 0,70675 sec.
3. Kualitas suara pada VoIP sangat bergantung pada *codec* yang digunakan dan pemilihan penggunaan *codec* bergantung pada kebutuhan pengguna layanan VoIP.
4. Dilihat dari nilai MOS, *codec* G729A dan *codec* GSM yang digunakan pada aplikasi VoIP dengan metode *Fast Handover* Mobile IPv6, termasuk dalam kualitas yang sangat baik dengan nilai GSM 4,4 dan G729A 4,1.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Blanchet, Marc, "Migrating to IPv6: A Practical Guide to Implementing IPv6 in Mobile and Fixed Networks", John Wiley and Sons, Canada, 2006.
- [2] Gusti Ridwan, Wahyu Priyantono, & Zedy Nurwahyudi, "Membangun DNS menggunakan IPv6", Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2008.
- [3] Arvit Faruki, Melinda, & Taufiq A. Gani, "Analisis Pengaruh Beberapa Codec dan Parameter Quality Of Service (QoS) Pada Voice over Internet Protocol (VoIP)", Universitas Syah Kuala, 2012
- [4] M. Dunmore & T. Pagtiz, "Mobile IPv6 Handovers: Performance Analysis and Evaluation". Juni 2005.
- [5] Prawiroredjo, Kiki, "Dasar-dasar Voice over Internet Protokol" Teknik Elektro-FTI, Universitas Trisakti.
- [6] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", Nokia Research Center, Juli 2005.
- [7] Wahyuanto, Rokhmat, "Mekanisme Fast Handover Untuk Proses Mobility Management di Mobile IPv6", Surabaya.
- [8] Standar Wajib Kualitas Pelayanan Jasa Internet Teleponi Untuk Keperluan Publik (ITKP), Rancangan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika, /PER/M.KOMINFO/2009/.
- [9] A. Dwita, "Analisis Waktu Tunda Satu Arah Pada Panggilan VoIP Antara Jaringan UMTS Dan PSTN", Tugas akhir, Universitas Sumatera Utara 2007.
- [10] Lehtonen, Kristo. "GSM Codec", T-61.246 Digital Signal Processing and Filtering.

- [11] ITU-T (Y.1541), “Network Performance Objectives for IP-Based Services”, Jenewa, 2011.
- [12] ITU-T (P.862), “Perceptual Evaluation of Speech Quality”, Jenewa, 2001.
- [13] ITU-T (G.114), “One Way Transmission Time”, Jenewa, 2003.
- [14] Cisco Systems. (Oktober 2006). *IPv6 Extension Headers Review And Considerations*. Desember 2011. <http://www.cisco.com>
- [15] The Free Online Encyclopedia. *Codec Definition*. Desember 2011. <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/codec>
- [16] Mari Kita Belajar Jaringan. (Agustus 2006). *FMIPv6*. Juni 2012. <http://noraetistory.com>
- [17] Digital Library Telkom Institute of Technology. (Desember 2010). *Codec*. Desember 2011. (<http://digilib.itelkom.ac.id/codec>)
- [18] VoiceAge Corporation. (2001-2011). *Multi-purpose ITU Standard*. Juni 2012. <http://www.voiceage.com/g729.php>
- [19] OPNET Application And Network Performance. Network Modeling Network Simulation. Desember 2011. <http://www.opnet.com>



# LAMPIRAN C

G729A HANDOVER

No	Pengujian ke-	Max delay	Min delay	Avg delay	Max jitter	Min jitter	Avg jitter	Max throughput	Min throughput	Avg throughput
1	1	16,460	0,061	4,660	0,030	(-0,0001)	0,092	36903,33	866,66	20339,95
2	10	16,738	0,061	4,769	0,029	(-5,757)	0,009	39774,76	891,42	19776,49
3	98	16,866	0,061	4,920	0,029	(-3,125)	0,009	37442,38	891,42	20168,04
4	46	16,914	0,061	4,921	0,029	(-0,002)	0,008	36346,19	916,19	20244,56
5	87	17,149	0,061	4,811	0,031	(-3,055)	0,009	33778,09	940,95	19815,88
6	66	16,882	0,061	4,848	0,030	(-4,091)	0,009	36960,95	891,42	20059,94
7	111	16,649	0,061	4,723	0,030	(-4,273)	0,009	36914,28	841,90	20097,72
8	16	16,634	0,061	4,815	0,030	(-2,427)	0,009	38813,80	940,95	19789,37
9	128	16,584	0,061	4,631	0,030	(-0,0004)	0,009	35322,38	841,90	19887,81
10	58	16,622	0,061	4,833	0,029	(-5,389)	0,009	35322,90	891,42	20140,94

G729A TANPA HANDOVER

No	Pengujian ke-	Max delay	Min delay	Avg delay	Max jitter	Min jitter	Avg jitter	Max throughput	Min throughput	Avg throughput
1	1	0,061	0,061	0,061	2,236	(-7,826)	(-1,115)	30814,76	1201,90	21398,14
2	10	0,061	0,061	0,061	3,928	(-4,161)	(-8,015)	28696,66	1177,14	20769,8
3	98	0,061	0,061	0,061	3,297	(-3,747)	(-1,836)	28280,95	1157,14	20900,11
4	46	0,061	0,061	0,061	3,139	(-0,003)	(-3,239)	33297,61	1232,38	21496,75
5	87	0,061	0,061	0,061	3,129	(-3,797)	(-4,153)	28422,85	1177,14	21004,2
6	66	0,061	0,061	0,061	4,330	(-3,626)	(-1,867)	28972,38	1152,38	21058,41
7	111	0,061	0,061	0,061	4,464	(-0,0006)	(-6,655)	28047,61	1226,66	21134,90
8	16	0,061	0,061	0,061	3,499	(-2,991)	(-5,884)	33247,61	1157,14	21059,84
9	128	0,061	0,061	0,061	3,419	(-0,0005)	(-5,125)	31642,38	1251,42	21022,40
10	58	0,061	0,061	0,061	3,286	(-4,111)	(-1,791)	30897,61	1132,38	20595,45

GSM HANDOVER

No	Pengujian ke-	Max delay	Min delay	Avg delay	Max jitter	Min jitter	Avg jitter	Max throughput	Min throughput	Avg throughput
1	1	3,005	0,081	0,478	0,022	(-0,0001)	0,007	23261,19	866,66	15388,86
2	10	2,868	0,081	0,447	0,023	(-7,484)	0,007	21723,33	891,42	14473,84
3	98	3,675	0,081	0,548	0,023	(-1,140)	0,007	23927,38	891,42	15516,05
4	46	2,793	0,081	0,407	0,023	(-0,0002)	0,007	26274,52	866,66	15114,1
5	87	6,103	0,081	0,575	0,022	(-8,013)	0,007	24088,80	916,19	15513,17
6	66	2,724	0,081	0,379	0,022	(-4,381)	0,007	22222,85	940,95	14453,00
7	111	1,845	0,081	0,431	0,022	(-8,451)	0,007	22930,95	866,66	15390,92
8	16	2,806	0,081	0,426	0,023	(-6,106)	0,007	24360	990,47	15332,30
9	128	1,527	0,081	0,365	0,023	(-0,0001)	0,007	22395,95	916,19	15047,24
10	58	2,740	0,081	0,439	0,023	(-7,159)	0,007	25220,95	891,42	15077,98

GSM TANPA HANDOVER

No	Pengujian ke-	Max delay	Min delay	Avg delay	Max jitter	Min jitter	Avg jitter	Max throughput	Min throughput	Avg throughput
1	1	0,081	0,081	0,081	5,782	(-0,0002)	(-2,915)	20536,19	1201,90	14727,94
2	10	0,081	0,081	0,081	5,429	(-9,247)	(-1,182)	20484,04	1177,14	14852,06
3	98	0,081	0,081	0,081	1,255	(-8,731)	(-2,346)	20885,23	1157,14	14815,09
4	46	0,083	0,081	0,081	8,777	(-0,003)	(-3,225)	21898,57	1243,33	14626,48
5	87	0,081	0,081	0,081	7,411	(-5,008)	1,893	20799,28	1177,14	15205,51
6	66	0,082	0,081	0,081	1	(-7,499)	2,137	21948,09	1152,38	14631,35
7	111	0,081	0,081	0,081	5,891	(-9,170)	(-9,543)	21655	1226,66	14528,13
8	16	0,081	0,081	0,081	7,241	(-9,676)	(-1,543)	19069,52	1157,14	14932,19
9	128	0,081	0,081	0,081	7,024	(-0,0002)	(-2,315)	21062,38	1251,42	15013,10
10	58	0,081	0,081	0,081	6,698	(-7,245)	(-1,315)	19531,90	1132,38	14932,37