

ANALISIS PERFORMANSI *HANDOVER* WIMAX PADA LAYANAN VOIP

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Ellsa Yuniar Rahmawati

NIM: 125150201111081



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017**

PENGESAHAN

ANALISIS PERFORMANSI *HANDOVER* WIMAX PADA LAYANAN VOIP

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Ellsa Yuniar Rahmawati

NIM: 125150201111081

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
18 Januari 2017

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rakhmadhany Primananda, S.T, M.Kom

NIK: 2016 0986 0406 1001

Widhi Yahya, S.Kom, M.Sc.

NIK: 2016 0789 1121 1001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 18 Januari 2017

Ellsa Yuniar Rahmawati

NIM: 125150201111081



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala rahmat dan limpahan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS PERFORMANSI *HANDOVER* WIMAX PADA LAYANAN VOIP”. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Robani, S.Pd dan Ibu Mubarakah, S.Pd selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Mbak Rizky Novita Sari, S.T, BScAIT, Mas Satrio Sudjatkiko Sundorojati, S.T dan keponakan Rafi Zavier Antarariksa S. yang selalu memberikan semangat.
3. Bapak Rakhmadhany Primananda, S.T, M.Kom dan Bapak Widhi Yahya, S.Kom, M.Sc selaku dosen pembimbing I dan II yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Informatika Universitas Brawijaya atas kesediaan membagi ilmunya kepada penulis.
5. Seluruh Civitas Akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang telah banyak memberi bantuan selama menempuh pendidikan.
6. *The one who always listens and cares me*, M. Indra Ardiansah, S.T *for always be right by my side through my darkest hour and brightest day. No matter how hard my life, he always be by my side.*
7. Dita Pramawati dan Lestari Sintika Syarah selaku teman penulis semenjak semester awal hingga saat ini yang selalu memberikan motivasi, menjadi tempat untuk bertukar pikiran dan selalu memberikan solusi terbaik untuk penulis.
8. Dwi Citra, Abid, Aji, Fakhri, Sofri, Afif, Atha dan Vicky selaku teman penulis yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan baik format penulisan maupun isinya. Oleh karena itu, saran dan kritik membangun dari para pembaca senantiasa penulis harapkan guna perbaikan bagi skripsi selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Malang, 18 Januari 2017

Penulis

ellsayuniarrahmawati@gmail.com

ABSTRAK

WiMAX adalah suatu teknologi komunikasi nirkabel yang memiliki layanan komunikasi berkecepatan tinggi dan merupakan standar IEEE 802.16. Pada standar IEEE 802.16 memiliki 2 katagori yaitu IEEE 802.16d digunakan pada segmen *fixed* sedangkan IEEE 802.16e digunakan pada segmen *mobile*. *Mobile* WiMAX dapat memberikan layanan dari satu sel menuju sel lainnya, dimana layanan ini disebut dengan *handover*. *Handover* adalah suatu proses yang dapat memberikan jaminan untuk keberlangsungan layanan nirkabel ketika suatu pengguna bergerak menuju sel lain dengan melewati batas sel. Pada penelitian ini dilakukan simulasi *handover* WiMAX pada layanan VoIP, dimana VoIP merupakan suatu layanan teknologi pengiriman suara dari penelpon dan yang dituju dengan perantara protokol IP (*Internet Protokol*). Simulasi dilakukan dengan menggunakan empat skenario, yaitu dua *mobile node* saling menjauh, dua *mobile node* saling mendekat, satu *mobile node* menjauhi satu *fixed node*, dan satu *mobile node* mendekati satu *fixed node*. Pada setiap skenario memiliki variabel kontrol yaitu variabel *codec* dan variabel kecepatan gerak. Simulasi dilakukan pada OPNET Modeler v14.5. Terdapat 2 analisis pengujian yang dilakukan. Analisis pertama memiliki empat parameter, yaitu parameter *troughput*, parameter *load* jaringan WiMAX dengan *delay* jaringan WiMAX saat terjadi *handover*, *delay* yang dibutuhkan untuk proses *handover*, dan proses *scanning* yang dibutuhkan untuk proses *handover*. Analisis kedua yaitu *handover delay* yang terjadi pada *mobile node*. Hasil analisis *handover delay* WiMAX pada layanan VoIP yang terjadi masih dikatakan baik sesuai dengan standarisasi *delay* versi TIPHON.

Kata kunci: WiMAX, *Handover*, VoIP, OPNET Modeler V14.5.

ABSTRACT

WiMAX is a wireless communication technology which has high-speed communications services and is an IEEE 802.16 standard. In the IEEE 802.16 standard has two categories namely used in the IEEE 802.16d fixed segment while the IEEE 802.16e used in the mobile segment. Mobile WiMAX can provide services from one cell to the other cells, where the service is called the handover. Handover is a process that can provide a guarantee for the continuity of wireless services when a user moves towards other cells to pass through the cell borders. In this study conducted a simulation handover WiMAX VoIP services, where VoIP is a technology service delivery of voice of the caller and the destination with the intermediary protocol IP (Internet Protocol). Simulations carried out by using four scenarios, namely two mobile nodes away from each other, two mobile nodes closer to each other, the mobile node away from one fixed node, and the mobile node closer to the fixed node. In each scenario has a control variable is the variable and variable speed motion codec. Simulations performed on OPNET Modeler v14.5. There are two analytical testing. The first analysis has four parameters, the parameters of throughput, load parameters of WiMAX networks with WiMAX network delay during a handover, the delay required for the handover process, and the scanning process is required for the handover process. A second analysis handover delay between the mobile node. The results of the analysis of WiMAX handover delay in a VoIP service that occurs is still said to be good in accordance with the standardization delay TIPHON version.

Keywords : WiMAX, Handover, VoIP, OPNET Modeler V14.5.

DAFTAR ISI

ANALISIS PERFORMANSI <i>HANDOVER</i> WIMAX PADA LAYANAN VOIP.....	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika pembahasan	4
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 WiMAX	5
2.2.1 Standar WiMAX.....	6
2.2.2 Arsitektur Jaringan WiMAX.....	6
2.2.3 Struktur Layer.....	8
2.2.4 <i>Scheduling Service Class</i>	9
2.3 <i>Handover</i>	10
2.3.1 Tahapan <i>Handover</i>	11
2.3.2 Prosedur <i>Handover</i> pada <i>Mobile WiMAX</i>	13
2.4 <i>Voice over Internet Protocol (VoIP)</i>	14
2.4.1 Komponen VoIP.....	15
2.4.2 Format Paket VoIP.....	18
2.4.3 Cara Kerja VoIP.....	19

2.5 OPNET Modeler v14.5.....	20
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 Studi Pendahuluan.....	22
3.1.1 Studi Literatur	22
3.1.2 Studi Kebutuhan.....	23
3.2 Perancangan dan Pembangunan Jaringan.....	23
3.3 Pengujian	24
3.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data	24
3.5 Analisis	24
3.6 Kesimpulan.....	25
BAB 4 PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN	26
4.1 Topologi Jaringan	26
4.2 Skenario Simulasi	26
4.3 Konfigurasi Jaringan WiMAX.....	27
4.3.1 Pengaturan Parameter Sistem WiMAX.....	27
4.3.2 Pengaturan Parameter Sistem Pendukung Simulasi.....	30
4.4 Skenario <i>Handover</i> WiMAX pada Layanan VoIP	35
4.5 Pelaksanaan Simulasi	36
BAB 5 HASIL DAN ANALISIS	38
5.1 Analisis Hasil.....	38
5.2 Dua <i>Mobile Node</i> Saling Menjauh	38
5.2.1 <i>Troughput</i>	39
5.2.2 <i>Load</i>	40
5.2.3 <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i>	41
5.2.4 <i>Scanning</i> untuk Proses <i>Handover</i>	42
5.3 Dua <i>Mobile Node</i> Saling Mendekat	43
5.3.1 <i>Troughput</i>	44
5.3.2 <i>Load</i>	45
5.3.3 <i>Scanning</i> untuk Proses <i>Handover</i>	47
5.4 Satu <i>Mobile Node</i> Menjauhi Satu <i>Fixed Node</i>	48
5.4.1 <i>Troughput</i>	49
5.4.2 <i>Load</i>	50

5.4.3 <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i>	51
5.4.4 <i>Scanning</i> untuk Proses <i>Handover</i>	52
5.5 Satu <i>Mobile Node</i> Mendekati Satu <i>Fixed Node</i>	53
5.5.1 <i>Troughput</i>	54
5.5.2 <i>Load</i>	55
5.5.3 <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i>	56
5.5.4 <i>Scanning</i> untuk Proses <i>Handover</i>	57
5.6 Analisis Hasil Pengujian <i>Handover Delay</i>	58
BAB 6 Penutup	62
6.1 Kesimpulan	62
6.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perkembangan Standarisasi WiMAX	6
Tabel 2. 2 Standarisasi kompresi suara menurut ITU-T	18
Tabel 3. 1 Standarisasi <i>Delay</i> (Sumber TIPHON)	25
Tabel 4. 1 Tabel Komponen Utama Pengaturan Jaringan WiMAX	28
Tabel 5. 1 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 1 (<i>sec</i>).....	40
Tabel 5. 2 Tabel Waktu <i>Scanning</i> MS 1 Skenario 1	42
Tabel 5. 3 Tabel Waktu <i>Scanning</i> MS 2 Skenario 1	43
Tabel 5. 4 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 2 (<i>sec</i>).....	45
Tabel 5. 5 Tabel Waktu <i>Scanning</i> MS1 Skenario 2	47
Tabel 5. 6 Tabel Waktu <i>Scanning</i> MS 2 Skenario 2	48
Tabel 5. 7 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 3 (<i>sec</i>).....	50
Tabel 5. 8 Tabel Waktu <i>Scanning</i> FS 1 Skenario 3.....	52
Tabel 5. 9 Tabel Waktu <i>Scanning</i> MS 1 Skenario 3	53
Tabel 5. 10 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 4 (<i>sec</i>).....	55
Tabel 5. 11 Tabel Waktu <i>Scanning</i> FS 1 Skenario 4	57
Tabel 5. 12 Tabel Waktu <i>Scanning</i> MS 1 Skenario 4	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur WiMAX.....	7
Gambar 2. 2 Topologi <i>Point-to-Point</i>	7
Gambar 2. 3 Topologi <i>Point-to-Multipoint</i>	8
Gambar 2. 4 Topologi <i>Mesh</i>	8
Gambar 2. 5 Struktur Layer WiMAX.....	9
Gambar 2. 6 <i>Handover</i> berdasarkan Signal Strength antara dua BS	11
Gambar 2. 7 Sesi Komunikasi SIP	17
Gambar 2. 8 Format Paket VoIP	18
Gambar 2. 9 Desain arsitektur jaringan VoIP	19
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	 21
 Gambar 4. 1 Simulasi Jaringan WiMAX.....	 26
Gambar 4. 2 Tampilan Menu <i>Wireless Network Deployment (WND)</i>	27
Gambar 4. 3 konfigurasi <i>Appllication Config</i>	29
Gambar 4. 4 Konfigurasi <i>Profile Config</i>	29
Gambar 4. 5 Konfigurasi <i>WiMAX Config</i>	30
Gambar 4. 6 Parameter Sistem <i>WiMAX Base Station</i>	30
Gambar 4. 7 Parameter Sistem <i>Mobile Station</i>	31
Gambar 4. 8 Parameter <i>Trajectory Mobile Station</i>	31
Gambar 4. 9 Parameter Sistem <i>WiMAX Router</i>	32
Gambar 4. 10 Parameter Sistem <i>WiMAX Server VoIP</i>	33
Gambar 4. 11 Parameter Pengaturan IP pada sisi SBS	33
Gambar 4. 12 Parameter Pengaturan <i>Home Agent</i> pada <i>Mobile Subscriber</i>	34
Gambar 4. 13 Pengaturan IP <i>Router</i>	34
Gambar 4. 14 Pengaturan VoIP	35
Gambar 4. 15 Parameter <i>Individual</i> dan <i>Global Statistic</i>	35
Gambar 4. 16 Tampilan DES OPNET Modeler	36
Gambar 4. 17 Simulasi sedang berjalan	37

Gambar 5. 1 Skenario Dua <i>Mobile Node</i> Saling Menjauh.....	39
Gambar 5. 2 Grafik <i>Troughput</i> Skenario 1	39
Gambar 5. 3 Grafik <i>Load</i> Global Skenario 1	40
Gambar 5. 4 Grafik <i>Delay</i> Global Skenario 1.....	41
Gambar 5. 5 Grafik <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i> Skenario 1.....	41
Gambar 5. 6 Grafik <i>Traffic sent</i> Skenario 1	42
Gambar 5. 7 Skenario Dua <i>Mobile Node</i> Saling Mendekat.....	44
Gambar 5. 8 Grafik <i>Troughput</i> Skenario 2	44
Gambar 5. 9 Grafik <i>Load</i> Global Skenario 2.....	45
Gambar 5. 10 Grafik <i>Delay</i> Global Skenario 2.....	46
Gambar 5. 11 Grafik <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i> Skenario 2	46
Gambar 5. 12 Grafik <i>Traffic sent</i> Skenario 2	47
Gambar 5. 13 Skenario Satu <i>Mobile Node</i> Menjauhi Satu <i>Fixed Node</i>	49
Gambar 5. 14 Grafik <i>Troughput</i> Skenario 3	49
Gambar 5. 15 Grafik <i>Load</i> Global Skenario 3	50
Gambar 5. 16 Grafik <i>Delay</i> Global Skenario 3.....	51
Gambar 5. 17 Grafik <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i> Skenario 3	51
Gambar 5. 18 Grafik <i>Traffic sent</i> Skenario 3	52
Gambar 5. 19 Skenario Satu <i>Mobile Node</i> Mendekati Satu <i>Fixed Node</i>	54
Gambar 5. 20 Grafik <i>Troughput</i> Skenario 4	54
Gambar 5. 21 Grafik <i>Load</i> Global Skenario 4	55
Gambar 5. 22 Grafik <i>Delay</i> Global Skenario 4.....	56
Gambar 5. 23 Grafik <i>Delay</i> untuk Proses <i>Handover</i> Skenario 4	56
Gambar 5. 24 Grafik <i>Traffic sent</i> Skenario 4	57
Gambar 5. 25 Grafik <i>Handover delay</i> MS1 Skenario 1.....	59
Gambar 5. 26 Grafik <i>Handover delay</i> MS2 Skenario 1.....	59
Gambar 5. 27 Grafik <i>Handover delay</i> MS1 Skenario 2.....	60
Gambar 5. 28 Grafik <i>Handover delay</i> MS2 Skenario 2.....	60
Gambar 5. 29 Grafik <i>Handover delay</i> MS1 Skenario 3.....	61
Gambar 5. 30 Grafik <i>Handover delay</i> MS1 Skenario 4.....	61

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kebutuhan teknologi dan akses layanan komunikasi pada era ini semakin berkembang pesat. Perubahan ini terasa dengan adanya kebutuhan dari sisi masyarakat modern yang memiliki mobilitas tinggi dalam mencari layanan yang cepat dan mudah. Pada awalnya layanan informasi komunikasi hanya berupa suara, sekarang telah berkembang layanan yang dapat memenuhi kebutuhan informasi, data (multimedia), dan video (Arif Ahmad dkk, 2012). Perkembangan jaringan internet semakin lama semakin terlihat jelas, dimana layanan informasi komunikasi menggunakan jaringan internet. Teknologi untuk layanan informasi komunikasi salah satunya adalah teknologi VoIP.

Secara umum, VoIP (*Voice over Internet Protocol*) merupakan teknologi yang memanfaatkan *Internet Protocol* (IP) untuk menyediakan layanan komunikasi suara secara *real-time* (Pramandana Sahada, 2012). Teknologi ini memerlukan kinerja yang baik yaitu memerlukan kecepatan tinggi dan jaringan cakupan internet. Kinerja VoIP ini didukung oleh beberapa jaringan seperti jaringan WLAN, UMTS dan WiMAX. *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX) adalah teknologi komunikasi nirkabel yang menyediakan koneksi pada jarak yang jauh dengan kecepatan tinggi (Bachtiar dkk, 2014). WiMAX memiliki kecepatan transfer data yang cukup cepat yaitu antara 60-70 MBps dan memiliki jangkauan jarak frekuensi yang mencapai hingga 50 KM. WiMAX memiliki 2 kategori yaitu IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e. Perbedaan dari kedua katagori ini adalah IEEE 802.16d digunakan pada segmen *fixed* sedangkan untuk IEEE 802.16e digunakan pada segmen *mobile*.

Menurut Linggar Leopold (2010), jaringan *mobile* WiMAX juga menggunakan teknologi seperti jaringan *celluler* dimana jaringan radio dibuat berdasarkan sel maupun beberapa sel yang dilayani oleh *base station*. *Mobile* WiMAX dapat memberikan layanan dari satu sel menuju sel lainnya, dimana layanan ini disebut dengan *handover*. *Handover* bertujuan untuk menyediakan layanan *mobile* secara kontinyu kepada pengguna yang bergerak hingga melampaui jangkauan suatu sel (Sabiq dkk, 2014). Oleh karena itu, faktor *handover* sangat berpengaruh dalam menjaga kontinuitas layanan yang digunakan oleh pengguna. Maka, menurut peneliti perlu adanya analisis tentang *handover* jaringan WiMAX pada teknologi VoIP. Penelitian yang membahas tentang WiMAX terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Firdaus dkk (2013) yang berjudul "*Performance Evaluation of VoIP and Video Streaming Over WiMAX IEEE 802.16d and 802.16e*". Penelitian ini melakukan analisis kinerja VoIP dan *video streaming* melalui jaringan WiMAX (IEEE 802.16d untuk pengguna *fixed* dan IEEE 802.16e bagi pengguna *mobile*). Simulator yang digunakan adalah OPNET Modeler 14.5 dengan menggunakan *bandwidth* 20 MHz dan 10 MHz. Parameter yang diukur adalah *jitter*, *throughput*, *delay* dan *packet loss*. Kinerja VoIP dan *video streaming* pada IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e ini menggunakan 6 skenario pengujian. Hasil

dari penelitian ini adalah performansi yang bagus didapatkan ketika menggunakan *bandwidth* yang lebih besar, ketika menggunakan IEEE 802.16e *packet loss* menjadi lebih baik. Ada 8 *user* yang bagus saat menggunakan *bandwidth* 10 MHz dan 16 *user* lebih bagus saat menggunakan *bandwidth* 20 MHz.

Penelitian selanjutnya berjudul “Evaluasi Kinerja Tahapan *Handover* Pada Pengguna Tunggal Layanan FTP Jaringan *Mobile WiMAX* (IEEE 802.16e)”. Penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar dkk (2014) ini melakukan simulasi dan melakukan analisis kinerja jaringan *Mobile WiMAX* dalam delapan area BS (Base Station) dengan satu *user* pengguna layanan aplikasi FTP yang berbeda kecepatan geraknya dan perangkat lunak yang digunakan adalah OPNET Modeler v14.5. Pada penelitian ini terdapat tiga skenario dengan kecepatan gerak yang berbeda yaitu, 10 km/jam, 30 km/jam dan 90 km/jam. Parameter yang digunakan adalah *throughput*, *load* jaringan *WiMAX* yang dibandingkan dengan *delay* jaringan *WiMAX* yang terjadi pada saat terjadi *handover*, *delay* yang dibutuhkan untuk proses *handover*, dan proses *scanning* yang dibutuhkan untuk proses *handover*. Seluruh jaringan *Mobile WiMAX* berjalan dengan baik, dimana MS menerima layanan aplikasi FTP yang dikirimkan dari jaringan *server* walaupun MS bergerak dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Hal ini mengindikasikan proses *handover* dapat dilakukan dimana SBS dan TBS mampu memberikan layanan kepada MS (Bachtiar dkk, 2014).

Dengan adanya dua penelitian sebelumnya, peneliti melakukan analisis performansi *handover* di jaringan *WiMAX* yang terfokus pada layanan aplikasi VoIP. Hal ini dilakukan karena pada penelitian pertama, analisis layanan VoIP dan *video streaming* belum terfokus terhadap *handover*, namun penelitian ini terfokus pada satu layanan untuk lebih memperdalamnya yaitu layanan VoIP. Penelitian ini dilakukan seperti penelitian kedua dengan kecepatan gerak yang berbeda-beda sehingga dapat mengetahui performansi *handover* pada layanan aplikasi VoIP. Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada skenario memiliki variabel control, yaitu *codec* VoIP dan variasi kecepatan gerak yang berbeda. *Codec* VoIP yang digunakan adalah *codec* VoIP yang memiliki *bitrate* tertinggi dan terendah, yaitu *codec* PCM, MP-MLQ dan ACELP. dimana hal ini dilakukan agar peneliti mengetahui *codec* mana yang lebih baik dalam *handover* *WiMAX*. Kecepatan gerak yang digunakan adalah 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam. Dengan alasan diatas maka dilakukan penelitian yang berjudul “**Analisis Performansi Handover WiMAX pada Layanan VoIP**”. Dimana penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk mengetahui performansi *handover* yang terjadi pada *WiMAX* khususnya pada layanan aplikasi VoIP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada permasalahan yang diangkat, maka rumusan masalah yang dibahas meliputi:

1. Bagaimana merancang dan mensimulasikan *handover* WiMAX pada layanan VoIP?
2. Bagaimana analisis dari hasil pengujian *handover* WiMAX pada layanan VoIP?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *codec* pada pengujian *handover* WiMAX pada layanan VoIP?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mampu merancang dan mensimulasikan *handover* WiMAX pada layanan VoIP.
2. Mengetahui analisis dari hasil pengujian *handover* WiMAX pada layanan VoIP.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *codec* pada pengujian *handover* WiMAX pada layanan VoIP.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai referensi dalam performansi *handover* jaringan WiMAX pada layanan VoIP.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi lebih lanjut untuk para peneliti lanjut dalam melakukan analisis performansi *handover*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian diberikan dengan tujuan agar pembahasan tidak melebar dan lebih terperinci. Adapun penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Analisis performansi *handover* dilakukan pada jaringan WiMAX.
2. Layanan aplikasi yang digunakan yaitu layanan aplikasi VoIP.
3. Skenario untuk analisis dilakukan dengan menggunakan simulasi pada perangkat lunak OPNET Modeler v14.5.
4. Skenario yang dilakukan yaitu empat skenario dan memiliki variabel kontrol yaitu *codec* VoIP dan variasi kecepatan gerak.
5. Terdapat dua analisis pengujian, yaitu pengujian yang mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar dkk (2014) dan pengujian *handover delay*.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bab, yang terdiri dari :

Bab I Pendahuluan

Berisi tentang penjelasan latar belakang masalah terkait alasan analisis performansi *handover* WiMAX pada layanan VoIP. Terdapat juga rumusan masalah serta tujuan adanya rumusan masalah ini. Kemudian terdapat manfaat yang ditujukan untuk peneliti selanjutnya ataupun yang membaca. Serta adanya batasan masalah yang berguna untuk membatasi pembahasan yang terdapat pada penelitian ini.

Bab II Landasan Kepustakaan

Memuat kajian teori sebagai landasan penyusunan topik skripsi yang diawali dengan penelitian terkait yang merujuk pada penelitian yang diangkat. Kemudian terdapat kajian teori tentang WiMAX, *Handover*, Prosedur *Handover* pada WiMAX, Layanan VoIP dan OPNET.

Bab III Metodologi Penelitian dan Perancangan

Metodologi penelitian dan perancangan terdiri dari sekumpulan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian. Diawali dengan studi pendahuluan yang terdiri dari studi *literature* dan studi kebutuhan, kemudian melakukan analisis kebutuhan seperti perangkat keras dan lunak yang digunakan dalam penelitian, selanjutnya menentukan skenario untuk penelitian.

Bab IV Perancangan Simulasi Jaringan

Bab perancangan simulasi jaringan lebih menjelaskan proses konfigurasi skenario yang telah dirancang pada bab sebelumnya.

Bab V Hasil dan Analisis

Bab hasil dan pembahasan memuat analisis hasil pengujian performansi *handover* WiMAX pada layanan VoIP. Dengan parameter uji yang sudah ditentukan di setiap skenario pengujian. Hasil pengujian ini kemudian dilakukan analisis sesuai dengan rumusan masalah. Terdapat pula tabel dan grafik yang dapat menunjang informasi dari hasil pengujian

Bab VI Penutup

Bab ini memuat kesimpulan yang merangkum jawaban dari rumusan masalah berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan WiMAX yaitu ada penelitian dari Firdaus dkk (2013) yang berjudul "*Performance Evaluation of VoIP and Video Streaming Over WiMAX IEEE 802.16d and 802.16e*". Dalam penelitian tersebut, melakukan analisis kinerja VoIP dan video streaming melalui jaringan WiMAX (IEEE 802.16d untuk *fixed* dan nomaden pengguna dan IEEE 802.16e bagi pengguna *mobile*). Simulator yang digunakan adalah OPNET Modeler 14.5 dengan menggunakan *bandwidth* 20 MHz dan 10 MHz. Parameter yang diukur adalah *jitter*, *throughput*, *delay* dan *packet loss*. Kinerja VoIP dan *video streaming* pada IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e ini menggunakan 6 skenario pengujian, diantaranya pengujian VoIP pada WiMAX IEEE 802.16d, pengujian VoIP pada WiMAX IEEE 802.16e, pengujian *video streaming* pada WiMAX IEEE 802.16d, pengujian *video straming* pada WiMAX IEEE 802.16e, VoIP dan *video streaming* pengujian pada WiMAX IEEE 802.16d, dan skenario terakhir adalah VoIP dan *video streaming* pengujian pada WiMAX IEEE 802.16e. Performansi yang bagus didapatkan ketika menggunakan *bandwidth* yang lebih besar, ketika menggunakan IEEE 802.16e *packet loss* menjadi lebih baik. Ada 8 *user* yang bagus saat menggunakan *bandwidth* 10 MHz dan 16 *user* lebih bagus saat menggunakan *bandwidth* 20 MHz.

Kemudian penelitian yang terkait lainnya adalah penelitian dari Bachtiar (2014) yang berjudul "*Evaluasi Kinerja Tahapan Handover Pada Pengguna Tunggal Layanan FTP Jaringan Mobile WiMAX (IEEE 802.16E)*". Penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar dkk ini melakukan simulasi dan melakukan analisis kinerja jaringan *Mobile WiMAX* dalam delapan area BS (Base Station) dengan satu *user* pengguna layanan aplikasi FTP yang berbeda kecepatan geraknya dan perangkat lunak yang digunakan adalah OPNET Modeler v14.5. Pada penelitian ini terdapat tiga skenario dengan kecepatan gerak yang berbeda yaitu, 10 km/jam, 30 km/jam dan 90 km/jam. Parameter yang digunakan untuk membandingkan kinerja layanan WiMAX dengan kecepatan yang berbeda-beda adalah *throughput*, *load* jaringan WiMAX yang dibandingkan dengan *delay* jaringan WiMAX yang terjadi pada saat terjadi *handover*, *delay* yang dibutuhkan untuk proses *handover*, dan proses *scanning* yang dibutuhkan untuk proses *handover*. Seluruh jaringan *Mobile WiMAX* berjalan dengan baik, dimana MS menerima layanan aplikasi FTP yang dikirimkan dari jaringan *server* walaupun MS bergerak dengan variasi kecepatan dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Hal ini mengindikasikan proses *handover* dapat dilakukan dimana SBS dan TBS mampu memberikan layanan kepada MS.

2.2 WiMAX

Teknologi yang digunakan untuk penyediaan akses internet dan komunikasi adalah jaringan komputer berbasis *wireless*. Perkembangan teknologi nirkabel ini

sangat pesat. Salah satu jenis teknologi wireless adalah WiMAX. WiMAX atau *Worldwide Interoperability for Microwave Access* adalah teknologi komunikasi nirkabel yang menyediakan koneksi pada jarak yang jauh dengan kecepatan tinggi (Bachtiar dkk, 2014). WiMAX juga dikenal dengan IEEE 802.16.

2.2.1 Standar WiMAX

WiMAX yang juga dikenal dengan IEEE 802.16 memiliki dua katagori yaitu, 802.16d dan 802.16e. Keduanya memiliki perbedaan yang sangat jelas yaitu, 802.16d lebih digunakan untuk segmen *fixed* sedangkan 802.16e bagi segmen *mobile*.

WiMAX merupakan standar *Broadband Wireless Access* (BWA) yang memiliki kemampuan untuk menyalurkan data kecepatan tinggi. WiMAX memiliki kemampuan untuk diterapkan dalam kondisi *Non Line of Sight*, aplikasinya baik untuk *fixed* maupun *mobile*. Standar 802.16 ini difokuskan untuk mengatur spesifikasi sistem WiMAX di layer MAC (layer 2) dan PHY (layer 1). (Arif Ahmad, dkk, 2012). Pada Tabel 2.1 dibawah ini merupakan perkembangan standarisasi WiMAX oleh IEEE sejak pertama kali dikeluarkan tahun 2001.

Tabel 2. 1 Perkembangan Standarisasi WiMAX

	802.16	802.16a rev d	802.16 e
Selesai	Desember 2001	Juni 2004	Akhir 2005
Spektrum	10-66 GHz	2-11 GHz	<6 GHz
Kondisi kanal	LOS	NLOS	NLOS
Bit Rate	32-134 Mbps pada 28 MHz	Sampai 70 Mbps	Sampai 35 MHz
Modulasi	QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM 256 subcarrie, QPSK 16QAM, 64 QAM	OFDM 256 subcarrier, QPSK, 16QAM, 64QAM
Mobilitas	Fixes	<i>Fixed</i> , portable	Nomadic, portable
Bandwidth	20, 25, 28 MHz	1,5 sampai 20 MHz	1,25 sampai 20 MHz
Jangkauan	2-5 Km	Hingga 30 Km	Hingga 10 Km

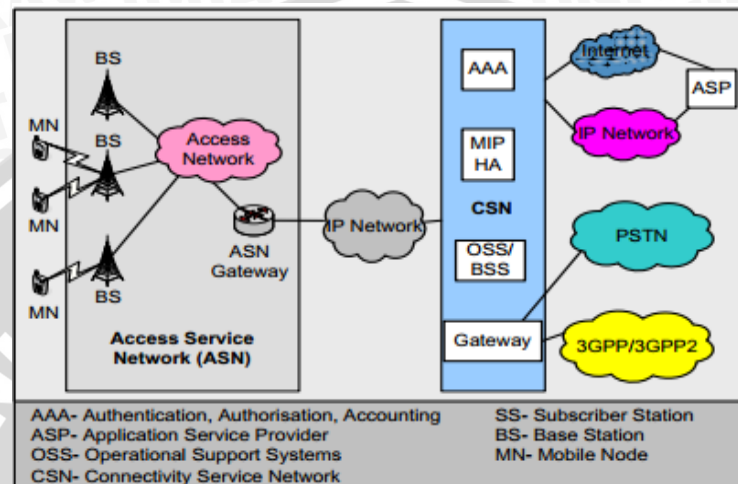
Sumber: Arif Ahmad, dkk (2012)

2.2.2 Arsitektur Jaringan WiMAX

Menurut Shaikh (2010) jaringan WiMAX memiliki arsitektur yang terdiri dari tiga komponen, yaitu:

1. *Mobile Node* (MN), digunakan untuk membentuk *edge* pada akses jaringan nirkabel.
2. *Access Service Network* (ASN), terdiri dari *base stations* dan *gateway* ASN.
3. *IP-based core Conectivity Service Network* (CSN), digunakan untuk menyediakan semua *IP-based core function*.

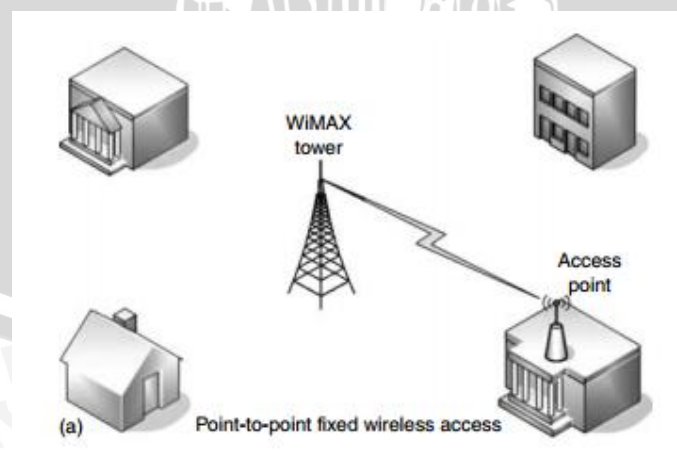
Mobile Node adalah perangkat yang *nomadic* dilengkapi dengan antarmuka WiMAX untuk dapat terhubung ke jaringan ASN. BS atau Base Stations, BS berfungsi untuk membangun hubungan dengan *mobile node*. ASN Gateway atau *Access Service Network Gateway* adalah layer ke dua pada ASN yang menghubungkan ASN dengan CSN. *Connectivity Service Network* (CSN) adalah jaringan inti yang menyediakan konektivitas ke internet, ASP, jaringan *public* dan jaringan *corporate*. Arsitektur WiMAX dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Arsitektur WiMAX

Sumber: Shaikh (2010)

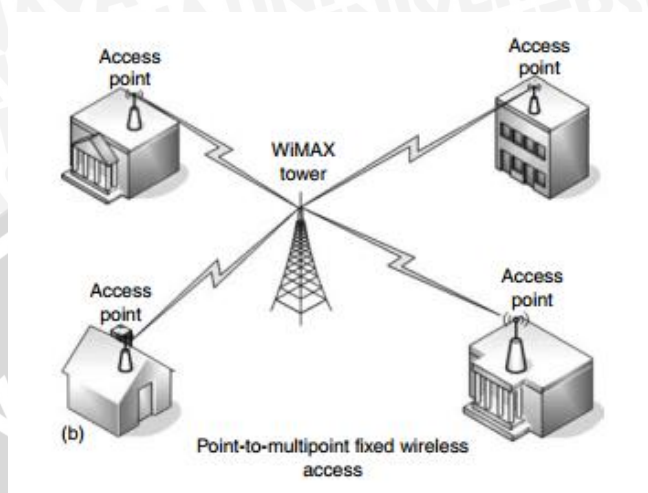
Terdapat beberapa jenis topologi jaringan WiMAX yang dapat digunakan, yaitu *point-to-point* (PTP) dan *point-to-multipoint* (PMP) serta dapat dikembangkan menjadi jaringan yang berbentuk *mesh*. PTP digunakan untuk menghubungkan sebuah *base station* (BS) dengan sebuah *base station* (BS), atau antara sebuah *base station* (BS) dengan *single subscriber station* (SS). Gambar 2.2 merupakan gambaran topologi *Point-to-Point*.



Gambar 2. 2 Topologi Point-to-Point

Sumber: A. Syed & Mohammad Ilyas (2008)

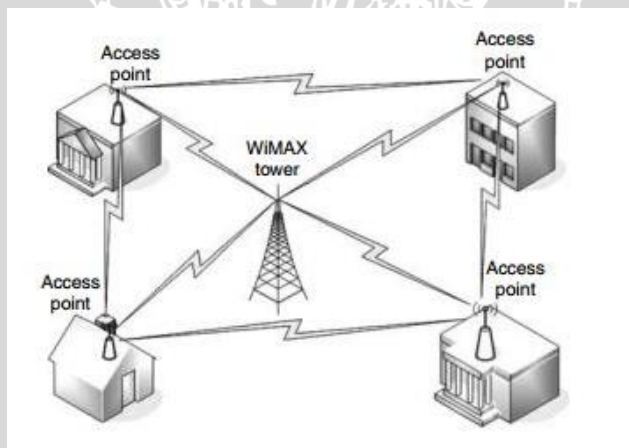
Pada Gambar 2.2 dijelaskan bahwa komunikasi dalam topologi *point-to-point* (PTP) dilakukan satu lawan satu. Topologi *point-to-multipoint* (PTMP) digunakan untuk dapat melayani akses langsung ke pelanggan dan *base station* (BS) berfungsi untuk mengontrol beberapa *subscriber station* (SS) yang ada dalam satu *cell*. Gambar 2.3 merupakan gambaran topologi PTMP.



Gambar 2. 3 Topologi Point-to-Multipoint

Sumber: A. Syed & Mohammad Ilyas (2008)

Topologi *mesh* merupakan topologi pengembangan atau gabungan dari beberapa topologi dasar. Gambar 2.4 merupakan gambaran topologi *mesh*.



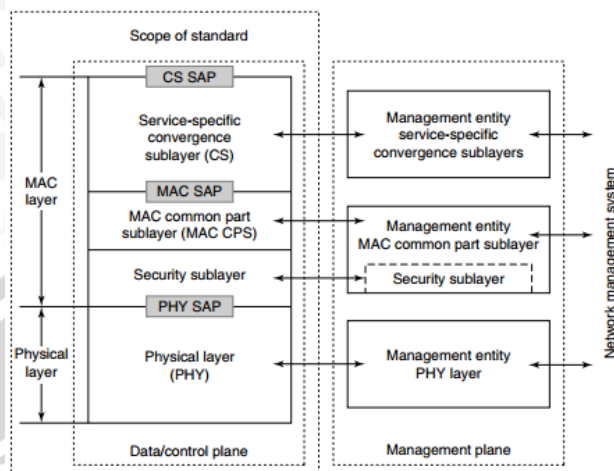
Gambar 2. 4 Topologi Mesh

Sumber: A. Syed & Mohammad Ilyas (2008)

2.2.3 Struktur Layer

Karakteristik standar 802.16e ditentukan oleh spesifikasi teknis dari *Physical Layer* (PHY Layer) dan *Medium Access Control* (MAC). Perbedaan karakteristik kedua layer ini akan membedakan varian-variananya.

Pada gambar 2.5 ditunjukkan lingkup dari standar yang meliputi PHY dan MAC.



Gambar 2. 5 Struktur Layer WiMAX

Sumber: A. Syed & Mohammad Ilyas (2008)

Physical Layer berfungsi untuk dapat mengalirkan suatu data di level fisik. *MAC Layer* berfungsi sebagai penerjemah protokol – protokol yang ada di atasnya seperti ATM dan IP. *MAC Layer* dibagi menjadi tiga sub-layer yaitu : *Convergence Sublayer* (CS), *MAC Common Part Sublayer* dan *Security Sublayer*. Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa MAC IEEE 802.16 terdiri dari tiga sublayer. Menurut Linggar Leopold (2010) ketiga sublayer tersebut yaitu:

- MAC Common Part Sublayer (MAC CPS)**
Layer MAC CPS dapat melakukan sejumlah fungsi seperti sistem dan kanal akses, *connection management* dan aplikasi QoS. Fungsi-fungsi tersebut meliputi sistem akses, alokasi *bandwidth*, pembangunan hubungan, dan perbaikan hubungan.
- MAC Security Sublayer**
MAC security sublayer terdapat di dalam layer MAC CPS. Security sublayer memiliki fungsi untuk menyediakan prosedur autentikasi, dan fungsi enkripsi. Security sublayer mampu memberikan *privacy* bagi pelanggan/SS di jaringan IEEE 802.16 dengan cara melakukan enkripsi untuk hubungan antara SS dan BS.
- MAC Service Specific Convergence Sublayer (CS)**
MAC CS meliputi sejumlah *service-specific convergence sublayer* yang berfungsi sebagai *interface* yang berada diatas lapisan MAC CPS dan melewati CS SAP (*Service Access Point*).

2.2.4 Scheduling Service Class

Schedulling service class adalah layanan yang mengatur besaran *bandwidth* yang akan diberikan kepada setiap aplikasi sesuai dengan jenis aplikasi tersebut. Setiap aplikasi memiliki kelas *scheduling* yang berbeda sesuai karakteristik

aplikasi tersebut. Pada layer MAC merupakan tempat untuk penanganan *scheduling service class*. Menurut Arif Ahmad dkk (2012) ada beberapa jenis dari *scheduling service* pada WiMAX, yaitu:

1. *Unsolicited Grant Service* (UGS)
UGS digunakan untuk layanan yang membutuhkan jaminan pengiriman data dengan prioritas paling utama. UGS memiliki karakteristik yaitu dapat memberikan pengiriman data *secara periodik* dengan ukuran yang sama, untuk layanan yang membutuhkan jaminan *real-time*, efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput*, *latency* dan *jitter*, serta *maximum* dan *minimum bandwidth* yang ditawarkan sama. Contohnya untuk aplikasi VoIP.
2. *Real-time Polling Service* (rtPS)
Karakteristik dari rtPS yaitu efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput* dan *latency*, dan garansi *rate* dan syarat *delay* telah ditentukan. Contohnya adalah *Video Conference*.
3. *Non-real-time Polling Service* (nrtPS)
Karakteristik dari nrtPS yaitu efektif untuk aplikasi yang membutuhkan *throughput* yang intensif, layanan mungkin dapat di *expand* sampai *full bandwidth* namun dibatasi pada kecepatan maksimum yang telah ditentukan, garansi *rate* diperlukan namun *delay* tidak digaransi. Contohnya aplikasi seperti video dan *audio streaming*.
4. *Best Effort* (BE)
Karakteristik dari BE yaitu untuk trafik yang tidak membutuhkan jaminan kecepatan data dan tidak ada jaminan pada *rate* atau *delay*nya. Contohnya aplikasi internet (*web browsing*), *email*, FTP.

2.3 Handover

Menurut Linggar Leopold (2010) pada komunikasi seluler, proses *handover* didasarkan pada proses transfer pada percakapan yang sedang berlangsung (*ongoing call*) atau transfer data (*data session*) dari yang terkoneksi pada satu jaringan kepada jaringan lainnya. Terdapat beberapa alasan mengapa *handover* dapat terjadi (Linggar Leopold, 2010):

1. Saat MS atau *Mobile Station* bergerak dari *coverage area* SBS (*Serving Base Station*) yang melayaninya menuju *coverage area* TBS (*Target Base Station*) sehingga percakapan atau pengiriman data dari SBS ditransfer ke TBS. Dengan tujuan untuk mencegah terjadinya pemutusan proses percakapan atau pengiriman data yang sedang berlangsung saat MS keluar area layanan SBS. MS adalah *mobile station* yang melakukan mobilitas dari satu tempat ke tempat lain, secara langsung dengan melakukan pergantian dari sel yang satu menuju sel yang lain. SBS atau *Serving Base Station* adalah sebuah *base station* yang ada pada suatu sel sedang melayani MS yang terdapat pada sel tersebut. TBS atau *Target Base Station* adalah sel – sel tetangga dari SBS.
2. SBS dengan kapasitas beban koneksi yang telah melewati batas yang ditentukan dapat mentransfer MS yang berada pada daerah layanan SBS

yang juga *overlap* dengan daerah layanan BS (*Base Station*) terdekat dengan tujuan untuk memberikan kapasitas layanan kepada MS yang hanya terkoneksi atau dilayani oleh SBS tersebut

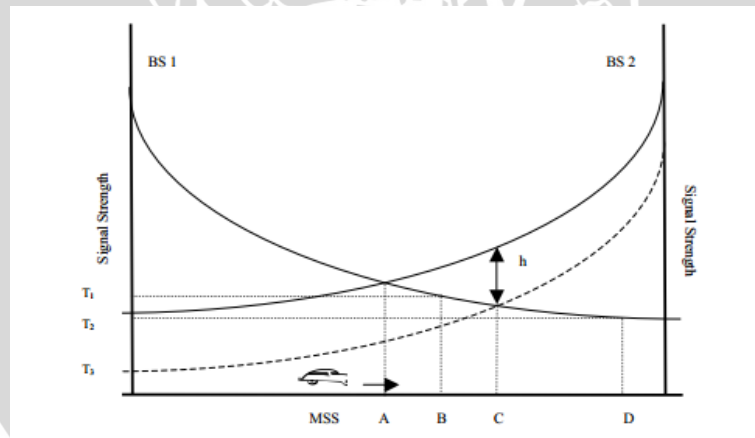
Handover merupakan aspek penting yang perlu untuk ditangani dan dikaji dengan teliti untuk memastikan kondisi panggilan diperbolehkan diteruskan ataupun panggilan diblocking. Secara umum *handover* dibagi menjadi dua katagori yaitu, *soft handover* dan *hard handover*. *Hard handover* adalah katagori dimana koneksi dari SBS diputuskan sebelum koneksi TBS terbangun atau biasanya disebut "*break before make*" connection. Sedangkan *soft handover* memungkinkan sel asal ataupun sel baru untuk melayani user (*mobile station*), koneksi layanan dari SBS diputuskan bila telah terbangunnya koneksi yang baru antara MS dengan TBS yang ada, hal ini memperkecil kemungkinan terganggunya proses percakapan atau transfer data yang sedang berlangsung.

2.3.1 Tahapan *Handover*

Tahapan *handover* terdapat dua proses besar yaitu *Handover Initiation* (permulaan) dan *Handover decision*. Menurut Linggar Leopold (2010) pada setiap proses memiliki beberapa metode.

2.3.1.1 *Handover Initiation* (Permulaan)

Menurut Linggar Leopold (2010) *hard handover* terjadi saat koneksi lama terputus sebelum aktifnya koneksi yang baru. Evaluasi performa *hard handover* didasarkan pada beberapa *initiation* kriteria. Gambar 2.5 berikut menunjukkan pergerakan MS dari BS (BS1) menuju (BS2) menurut Arpan Mandal (2008).



Gambar 2. 6 *Handover* berdasarkan Signal Strength antara dua BS

Sumber: Arpan Mandal (2008)

Dapat dilihat bahwa daya signal pada BS1 berkurang saat MS bergerak meninggalkan BS tersebut. Sebaliknya, daya signal BS2 meningkat saat MS mendekati area layanan. Menurut Arpan Mandal (2008) metode-metode pada *Handover Initiation* (permulaan):

a. *Relative Signal Strength*

Metode ini digunakan untuk memilih BS yang memiliki sinyal terkuat setiap saat. Keputusan ini diambil berdasarkan pengukuran dari sinyal yang diterima. Pada Gambar 2.6, *handover* dapat terjadi pada posisi A. Metode ini dapat menghasilkan terjadinya *handover* yang tidak diperlukan, bahkan pada saat sinyal pada BS berada pada batas yang masih dapat diterima.

b. *Relative Signal Strength dengan Threshold*

Metode ini memungkinkan MS untuk melakukan *handover* hanya jika sinyal yang tersedia cukup lemah (kurang dari *threshold*) efek dari *threshold* bergantung pada nilai dari perbandingan daya signal yang ada pada dua BS digunakan, yang mana merupakan titik kedua BS memiliki daya sinyal yang sama. Bila *threshold* lebih besar dari nilai yang ada (T1 pada Gambar 2.6) maka sama seperti *relative signal strength*, *handover* akan terjadi pada posisi A. Sedangkan jika *threshold* lebih kecil dari nilai yang ada (T2 pada Gambar 2.6), MS akan menunda *handover* sampai pada batasan daya sinyal melewati *threshold* pada posisi B. Pada Gambar 2.6 (T3) menunjukkan *delay* yang terlalu lama sehingga MS bergerak jauh menuju sel yang baru, hal ini menurunkan kualitas dari komunikasi dari BS1 dan dapat menyebabkan putusnya komunikasi yang sedang berlangsung.

c. *Relative Signal Strength dengan Hysteresis*

Metode ini mengijinkan MS untuk melakukan *handover* hanya jika BS yang baru (BS2) memiliki sinyal yang cukup kuat (berdasarkan batasan hysteresis (h pada Gambar 2.6) dibandingkan dengan BS yang lama (BS1). Untuk kasus ini maka proses *handover* akan terjadi pada poin C. Teknik ini digunakan untuk mencegah terjadinya efek ping-pong atau pengulangan *handover* yang disebabkan perubahan daya sinyal yang cepat pada penerima daya sinyal dari kedua BS.

d. *Relative Signal Strength dengan Hysteresis dan Threshold*

Metode ini mengisaratkan MS berpindah pada BS yang baru hanya jika daya sinyal turun dibawah *threshold* dan sinyal pada TBS lebih kuat berdasarkan batasan hysteresis yang diberikan. Berdasarkan Gambar 2.6 *handover* dapat terjadi pada poin D jika *threshold* T3.

e. *Prediction Techniques*

Teknik prediksi adalah teknik pengambilan keputusan untuk melakukan *handover* berdasarkan nilai yang diharapkan atau telah diprediksikan terlebih dahulu pada penerimaan daya sinyal.

2.3.1.2 Handover Decision

Terdapat beberapa metode dalam melakukan *handover*, dimana pengambilan keputusan untuk proses *handover* dapat dipusatkan atau tidak dipusatkan (keputusan *handover* dapat dibuat oleh MS atau Jaringan).

Berdasarkan proses dalam pengambilan keputusan, setidaknya dapat dibagi atas tiga jenis berbeda dari *handover decision*. Menurut Arpan Mandal (2008) metode dalam melakukan *handover* diantaranya yaitu:

a. Network-Controlled Handover

Pada *network-controlled handover protocol*, *network* menentukan keputusan untuk dilakukannya *handover* (termasuk transmisi data, channel switching, serta network switching) yang membutuhkan waktu 100-200 ms.

b. Mobile-Assisted Handover

Proses pada *mobile-assisted handover*, MS membuat ukuran dan jaringan yang menentukan keputusan.

c. Mobile-Controlled Handover

Pada *mobile-controlled handover*, MS sepenuhnya mengontrol proses terjadinya *handover*. Ini merupakan jenis *handover* yang terjadi dalam waktu yang singkat (0.1 detik). *Handover* dapat diajukan apabila kuat sinyal dari SBS lebih rendah dari BS terdekat melewati batas *threshold* yang telah ditentukan. (Arpan Mandal, 2008)

2.3.2 Prosedur *Handover* pada Mobile WiMAX

Menurut Bachtiar, dkk (2014) jaringan *mobile* memungkinkan *user* untuk mengakses layanan dalam keadaan bergerak sehingga memberikan “kebebasan” kepada pengguna dalam hal mobilitas. Akan tetapi, kebebasan ini dapat membawa ketidak-pastian bagi sistem *mobile*. Mobilitas dari pengguna mengakibatkan perbedaan dinamis baik dalam kualitas hubungan maupun level interferensi, kadang terjadi keadaan dimana seorang *user* harus berganti BS yang melayaninya. Proses ini dikenal sebagai *handover* (HO). *Handover* menjamin keberlangsungan layanan nirkabel (*wireless*) ketika *user* bergerak menuju batas-batas sel.

Hard *Handover* (HHO) adalah kelompok dari prosedur HO dimana semua hubungan yang lama dilepaskan sebelum hubungan yang baru dibentuk. Tahapan proses *handover* ada dua yaitu :

1. Tahapan Network Topology Acquisition Phase (NTAP)

Tahapan ini dilakukan sebelum proses *handover* dimulai. Tahapan ini terbagi menjadi 2 bagian utama, yaitu:

a. Scanning

Proses ini dilakukan oleh MS jika daya sinyal dari SBS (BS induk) lebih rendah dari daya sinyal yang sudah ditetapkan, dan proses *handover* dimulai saat daya sinyal dari TBS (BS tetangga) lebih tinggi dari daya sinyal SBS.

b. Ranging

Proses ini dilakukan BS untuk memperkirakan daya sinyal dan waktu kedatangan untuk diketahui MS.

2. Tahapan Actual *Handover* Phase (AHOP)

Setelah semua proses yang terjadi pada tahapan NTAP selesai, langkah selanjutnya untuk melakukan proses *handover* adalah tahapan AHOP. Pada tahapan AHOP terdapat keputusan *handover* yang dilakukan baik MS maupun BS, seperti:

a. *Cell reselection*

MS mengadakan pemilihan sel berdasarkan *network topology acquisition stage*, dimana bila pemilihan sel menggunakan operasi yang sama dengan *network topology acquisition* maka tahapan ini dapat dipersingkat.

b. *Handover decision and initiation*

Proses *handover* dimulai pengambilan keputusan MS untuk perpindahan koneksi dari SBS menuju TBS terdekat. Keputusan ini dapat diambil oleh MS, SBS, maupun bagian lain dari jaringan WiMAX tergantung dari implementasinya.

c. *Synchronization to the BS*

Setelah MS menentukan TBS mana yang akan digunakan, MS melakukan sinkronisasi dengan TBS tersebut. Tahapan ini dapat dipersingkat apabila TBS telah mengetahui tentang proses *handover* yang akan terjadi.

d. *Ranging dengan TBS*

MS melakukan ranging terhadap TBS yang berpotensi untuk proses *handover* yang berguna untuk mendapatkan informasi mengenai waktu kedatangan dan level daya yang digunakan.

e. *Terminating SBS*

Setelah penetapan koneksi dengan TBS, MS memutuskan hubungan dengan SBS dengan cara mengirimkan pesan MOB_HO_IND yang berguna untuk memutuskan komunikasi dengan SBS.

2.4 Voice over Internet Protocol (VoIP)

Voice over Internet Protocol dikenal juga dengan sebutan *Internet Protocol (IP) Telephony* atau *Digital Phone*. Secara umum, *Voice over Internet Protocol (VoIP)* merupakan teknologi yang memanfaatkan *Internet Protocol (IP)* untuk menyediakan suara secara *real-time* (Pramandana Sahada (2012).

VoIP dapat mengubah sinyal digital yang dikirimkan melalui internet kemudian mengubahnya kembali di ujung lainnya sehingga pengguna dapat berbicara dengan lancar (F. Rizki Sepasthika, 2015). VoIP (*Voice over Internet Protocol*) mentransmisikan sinyal suara dengan mengubahnya ke dalam bentuk digital, dan dikelompokkan menjadi paket-paket data yang dikirim dengan menggunakan platform IP (*Internet Protocol*).

2.4.1 Komponen VoIP

Komponen utama dari VoIP, yaitu *User Agent*, *Proxy*, *Protocol* dan *Codec*. Berikut penjelasan mengenai masing – masing komponen dalam jaringan VoIP menurut Pramandana Sahada (2012).

2.4.1.1 User Agent

User agent adalah perangkat yang berfungsi untuk melakukan panggilan atau menerima telepon. *User agent* dapat berupa *software* (*softphone*) dan juga *hardware* (*hardphone*). Contoh dari *user agent* dengan jenis *softphone*, yaitu *X-Lite*, *Sjphone*, *QuteCom*, *VoIP Rakyat Communicator* dan masih banyak yang lainnya.

Hardphone merupakan jenis *user agent* yang berupa *hardware*. *Hardphone* memiliki ragam dan kemampuan serta fitur yang berbeda. Beberapa *hardphone* yang dapat digunakan sebagai *user agent* dalam jaringan VoIP adalah :

a. **IP-Phone**

IP-Phone, bentuknya menyerupai telepon biasa. Cara penyambungannya dengan mengkoneksikan ke jaringan komputer berbasis TCP/IP, dapat juga melalui *switch* pada jaringan computer yang telah memiliki fasilitas VoIP.

b. **USB-Phone**

USB-Phone berbentuk seperti telepon seluler. Koneksi yang digunakan yaitu melalui USB port dari komputer. Umumnya digunakan secara berdampingan dengan *softphone*, oleh karena itu biasanya beberapa *softphone* memiliki *driver* tersendiri agar mengenali perangkat *USB-Phone* ini.

c. **Internet Telephony Gateway (ITG)**

ITG adalah *user agent* VoIP yang memiliki dua jenis port, yaitu port FXS yang terhubung ke telepon biasa dan FXO yang terhubung ke PSTN langsung atau bisa juga melalui PABX.

d. **Analog Telephony Adapter (ATA)**

ATA merupakan alat yang digunakan agar telepon rumah dapat digunakan menjadi *user agent* VoIP. ATA dan ITG memiliki persamaan namun ATA hanya memiliki satu port saja, yaitu FXS.

e. **Mobile Phone**

Semakin berkembangnya *mobile WiMAX* maka diciptakan *mobile phone* yang telah mendukung layanan *mobile WiMAX*. Beberapa perusahaan telekomunikasi seperti HTC, dan Samsung telah membuat beberapa tipe yang telah mendukung layanan WiMAX.

2.4.1.2 Proxy

Proxy pada teknologi VoIP merupakan aplikasi *server* yang mengatur VoIP. *Proxy* merupakan komponen yang menerima registrasi *user agent* dan bertugas mengatur penomoran dan *call routing*. Terdapat dua jenis *proxy* yang digunakan, yaitu berupa hardware mesin IPPBX dan berupa *software* yang disebut *softswitch*.

2.4.1.3 Protocol

Protokol adalah komponen berupa seperangkat aturan atau *rule* komunikasi antar *user agent*, antar *proxy* atau *user agent* dengan *proxy*. Dengan adanya protokol maka akses komunikasi dalam hal komunikasi VoIP dapat terpenuhi dengan melewati jaringan internet. Untuk membangun VoIP terdapat dua protokol, yaitu H.323 dan *Session Initiation Protocol* (SIP). H.323 adalah rekomendasi dari *International Telecommunication Union – Telecommunication* (ITU-T) yang mendefinisikan protokol mengenai komunikasi multimedia melalui internet, sedangkan SIP adalah protokol *signaling* yang dikembangkan *Internet Engineering Task Force* (IETF).

Session Initiation Protocol (SIP) bekerja pada layer aplikasi untuk membangun, memodifikasi dan memutuskan sesi komunikasi. Kontrol panggilan pada SIP adalah menggunakan SDP (*Session Description Protocol*) untuk mendeskripsikan detail dari panggilan tersebut (seperti audio, video, aplikasi, tipe *Codec*, ukuran paket,dll) (Goode,2002).

Menurut Saputra (2010), arsitektur SIP terdiri dari dua komponen dasar, yaitu:

1. *User Agent*

Merupakan terminal akhir yang bertindak sesuai keinginan dari *user*. *User agent* terbagi dua:

- a. *User Agent Client* (UAC), berfungsi untuk melakukan inisiasi *request* ke server SIP.
- b. *User Agent Server* (UAS), berfungsi untuk menerima dan memberikan respon terhadap *request* SIP.

2. *Server SIP*

Arsitektur SIP menjelaskan jenis-jenis *server* pada jaringan untuk membantu layanan dan pengaturan panggilan SIP.

- a. *Registration Server*

Server ini menerima *request* dari *user* SIP dan melakukan update terhadap lokasi *user* dengan *server* ini.

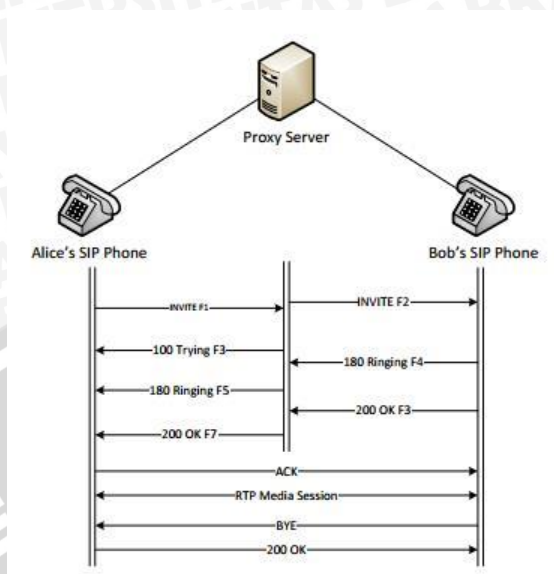
- b. *Proxy Server*

Server ini menerima *request* SIP dan meneruskan ke *server* yang dituju yang memiliki informasi tentang *user* yang dipanggil.

- c. *Redirect Server*

Server ini setelah menerima *request* SIP, menentukan *server* yang dituju selanjutnya dan mengembalikan alamat *server* yang dituju selanjutnya kepada *client* untuk kemudian meneruskan request ke *server* yang dituju tersebut.

Proses panggilan SIP terdapat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Sesi Komunikasi SIP

Sumber : Goode (2002)

Pada Gambar 2.7 terlihat bahwa itu adalah percakapan antara dua *client* yaitu Alice dan Bob. Proses panggilan dari dua *client* tersebut sebagai berikut :

1. Invite : *Client* Alice mengirimkan pesan *invite* untuk melakukan panggilan kepada *client* Bob.
2. 100 Trying : *Client* Bob memberikan respon ke *client* Alice bahwa panggilan sedang diproses.
3. 180 Ringing : *client* Bob mendapat panggilan dari *client* Alice dengan mengirim sinyal dering ke *client* Alice.
4. 200 OK : *client* Bob siap menerima panggilan.
5. ACK : *client* Alice memberitahu *client* Bob bahwa telah menerima pesan 200 OK dari *client* Bob.
6. RTP Media Session : Proses komunikasi suara dua arah menggunakan RTP antara *client* Alice dan Bob sedang berlangsung.
7. Bye : *client* Alice mengakhiri komunikasi suara dengan *client* Bob.
8. 200 CK : *client* Bob mengakhiri komunikasi suara.

2.4.1.4 Codec

Menurut Wattimena Gysberth Maurits (2012), *codec* yaitu *coder / decoder*. *Codec* merupakan komponen IP telepon yang melakukan *digital* suara kemudian mengubahnya kembali menjadi aliran *analog* atau dengan kata lain *converter* dari *analog* ke *digital* ke *analog* kembali. *Codec* juga dapat melakukan kompresi dan dekompresi suara. *Intenational Telecommuniction Union - Telecommunication* (ITU-T) membuat beberapa standar untuk VoIP *codec* yang

direkomendasikan untuk transmisi VoIP. Beberapa standarisasi kompresi suara menurut ITU-T terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Standarisasi kompresi suara menurut ITU-T

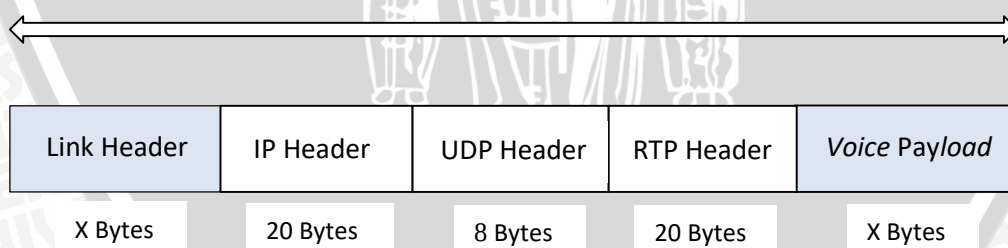
Teknik kompresi	Bitrate (Kbps)	Delay Kompresi (mdetik)	MOS
G.711 PCM	64	0.75	4.1
G.726 ADPCM	32	1	3.85
G.728 LD – CELP	16	3 - 5	3.61
G.729 CS – ACELP	8	10	3.92
G.729A CS - ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

Sumber : Tharom Tabratas dkk (2001)

Pada Table 2.2 Menunjukkan variasi standarisi kompresi suara yang telah dikeluarkan oleh ITU-T. Pada kolom *bit rate* menunjukkan lebar *bandwidth* yang digunakan untuk mengirim suara yang dikompres menggunakan teknik kompresi tertentu. *Delay Kompresi* adalah *delay* yang terjadi untuk melakukan kompresi. *Mean Opinion Score* (MOS) adalah nilai pendengar di sisi penerima.

2.4.2 Format Paket VoIP

Pada VoIP, format paket yang digunakan ada dua bagian yaitu *header* dan *payload* (beban). Header terdiri atas *header IP*, *User Datagram Protocol* (UDP), *Real-time Transport Protocol* (RTP) dan *link header*. Pada Gambar 2.7 menunjukkan format dari paket VoIP.



Gambar 2. 8 Format Paket VoIP

Sumber : Herwidyawan Adyoso (2007)

Menurut Herwidyawan Adyoso (2007) format paket VoIP memiliki tugas, yaitu :

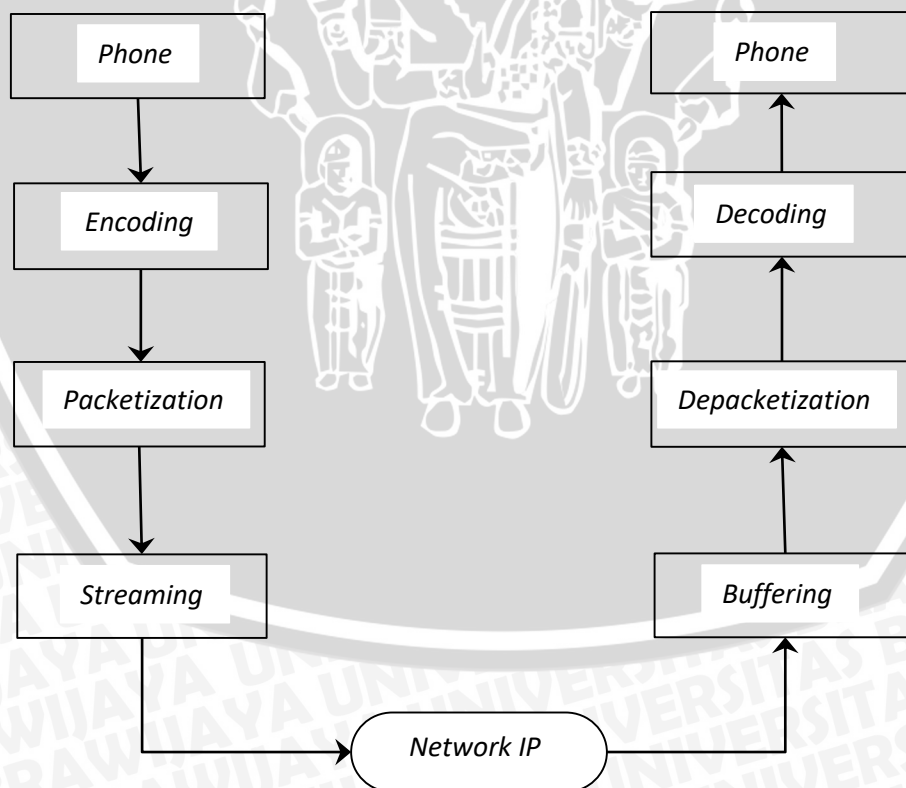
1. *IP header* bertugas untuk melakukan penyimpanan informasi *routing* untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Di setiap *header IP* disertakan tipe

layanan atau *Type of Services* (TOS) yang memungkinkan paket tertentu seperti paket suara diperlakukan berbeda dengan paket yang *non real-time*.

2. UDP *header* memiliki ciri tertentu yaitu tidak dapat menjamin paket akan sampai ditujuan sehingga UDP cocok digunakan pada aplikasi *voice real time* yang sangat peka terhadap *delay* dan *latency*.
3. RTP *header* adalah header yang dimanfaatkan untuk melakukan *framing* dan segmentasi data *real time*. RTP ini juga tidak mendukung realibilitas paket untuk dapat sampai ke tujuan. Protokol kendali RTP adalah RTCP (*Real Time Control Protocol*) yang mampu mengendalikan QoS dan sinkronisasi media stream yang berbeda.
4. Besarnya *link header* bergantung pada media yang digunakan. Sedangkan besarnya *voice payload* antara 14 Bytes sampai 160 Bytes.

2.4.3 Cara Kerja VoIP

VoIP adalah suatu teknologi yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lainnya menggunakan perantara protokol IP (Internet Protocol). Desain arsitektur jaringan VoIP secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.7 sebagai berikut (Ebna Masum, 2011) :



Gambar 2. 9 Desain arsitektur jaringan VoIP

Sumber : Ebna Masum (2011)

Cara kerja VoIP dengan melakukan pengiriman sebuah sinyal secara digital. Sebelum proses transmisi (pengiriman) dilakukan, data yang berupa sinyal analog dikonversikan dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) menjadi bentuk data digital. Selain adanya perubahan menjadi format digital, data suara juga mengalami proses kompresi agar penggunaan *bandwidth* di dalam proses transmisi dapat dikurangi. Data digital yang telah dikompresi kemudian dienkapsulasi ke dalam paket-paket sehingga dapat dengan mudah ditransmisi melalui IP. Kemudian, data digital ditransmisikan ke tujuan. Sesampainya di tujuan, data digital didekapsulasi dan dikonversi kembali menjadi sinyal analog dengan DAC (*Digital to Analog Converter*) sehingga dapat diterima sesuai dengan data sinyal yang ditransmisi.

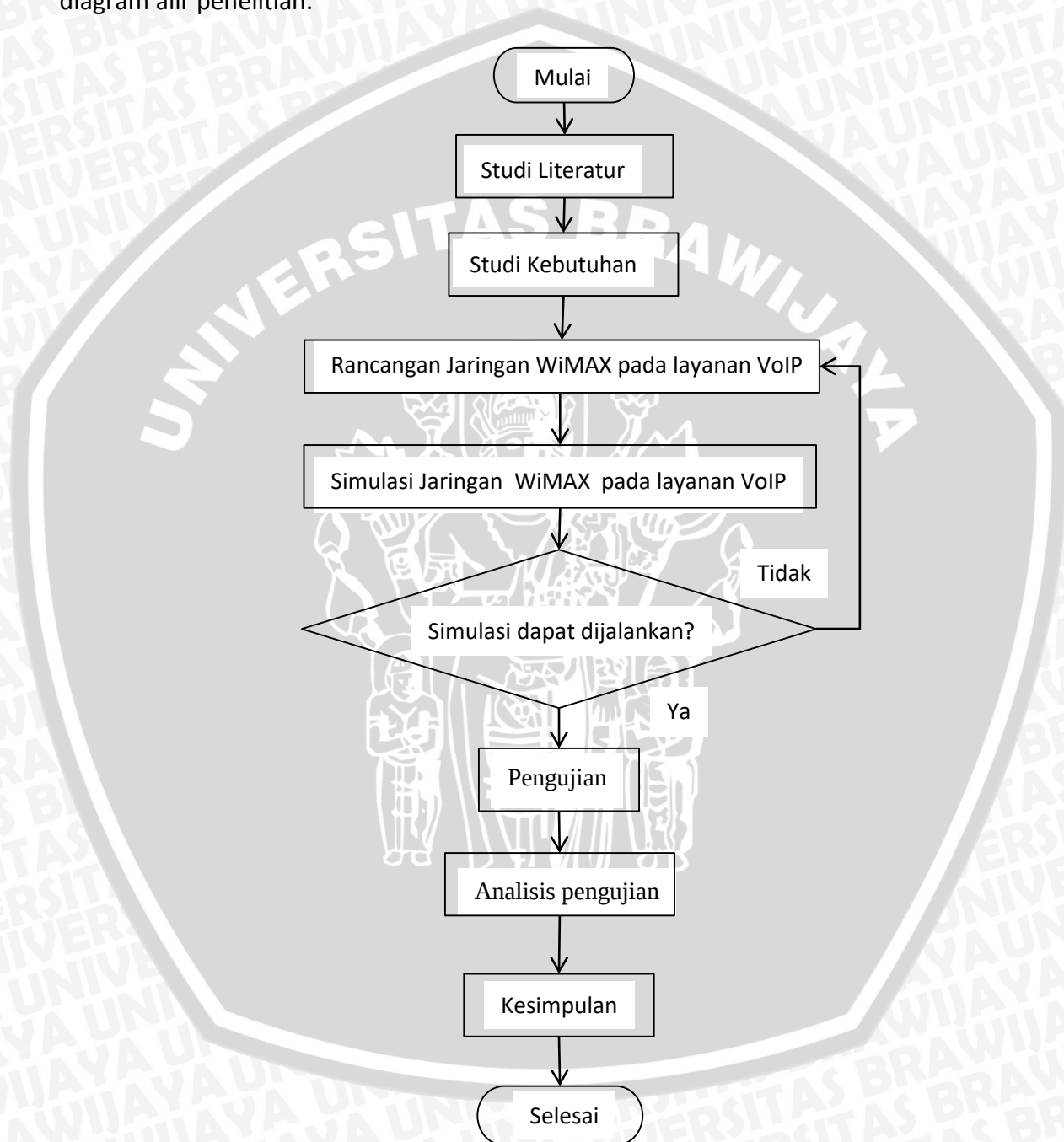
2.5 OPNET Modeler v14.5

OPNET adalah Optimized Network Engineering Tools dan diciptakan oleh OPNET Technologies, Inc. yang didirikan pada tahun 1986. OPNET adalah alat untuk simulasi jaringan. OPNET Modeler adalah produk komersial terkemuka yang menyediakan pemodelan jaringan dan simulasi solusi perangkat lunak di antara keluarga produk OPNET yang digunakan secara luas oleh para peneliti, insinyur, mahasiswa, dan militer AS. OPNET Modeler adalah acara simulator diskrit dinamis dengan *user-friendly* interface pengguna grafis (GUI), didukung oleh object-oriented dan hirarkis pemodelan, debugging, dan analisis.

Menurut Pramandana Sahada (2012), teknologi terbaru OPNET Modeler adalah menyediakan sebuah lingkungan untuk dapat mendesain protokol dan teknologi juga menguji dan mendemonstrasikan dengan skenario yang realistic sebelum diproduksi. OPNET Modeler adalah sebuah perangkat lunak untuk memodelkan dan mensimulasi jaringan kabel maupun jaringan nirkabel. OPNET menyediakan lingkungan kerja yang luas untuk pemodelan dan evaluasi kehandalan berbagai jaringan komunikasi (Arif Ahmad dkk, 2012).

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini dijelaskan metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian, analisis kebutuhan, perancangan dan pembangunan jaringan, dan teknik yang digunakan dalam pengujian. Gambar 3.1 menjadi gambaran sebagai diagram alir penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Metodologi.

3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan persiapan yang dilakukan untuk menentukan objek penelitian yang sesuai dengan tema penelitian dan menjadi fokus kajian peneliti. Studi literatur dan studi kebutuhan menjadi bagian dari studi pendahuluan untuk mengetahui kebutuhan yang diperlukan dalam mewujudkan WiMAX pada layanan VoIP.

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah suatu metode untuk pengumpulan informasi dengan menghimpun dan menganalisis buku, jurnal, makalah ilmiah dan berbagai informasi baik artikel maupun dokumentasi. Bahan studi literatur dikelompokkan sebagai berikut:

a. Penelitian Terkait

- *Performance Evaluation of VoIP and Video Streaming Over WiMAX IEEE 802.16d and 802.16e.*
- Evaluasi Kinerja Tahapan *Handover* Pada Pengguna Tunggal Layanan FTP Jaringan *Mobile WiMAX* (ieee 802.16e)

b. Penyedia Konektivitas

- WiMAX
 1. Pengertian WiMAX
 2. Standar WiMAX
 3. Arsitektur Jaringan WiMAX
 4. Struktur Layer
 5. *Scheduling Service Class*
- *Handover*
 1. Tahapan *Handover*
 2. Prosedur *Handover* pada WiMAX
- Layanan VoIP
 1. Komponen VoIP
 2. Format Paket VoIP
 3. Cara Kerja VoIP

c. Perancangan

- Opnet Modeler v14.5

3.1.2 Studi Kebutuhan

Studi kebutuhan didapatkan dari pembahasan studi literatur untuk merancang kebutuhan penelitian. Kebutuhan untuk perancangan jaringan WiMAX dibagi menjadi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.1.2.1 Perangkat Keras

Untuk merancang jaringan WiMAX pada layanan VoIP dibutuhkan perangkat keras yang mendukung untuk penyediaan perangkat lunak, yaitu :

- Laptop : ASUS K43SD
- Processor : Intel Core i3 Processor (2.40 GHz)
- RAM : 8GB
- Sistem Operasi : Windows 10 Pro N

3.1.2.2 Perangkat Lunak

Rancangan jaringan WiMAX pada layanan VoIP dibuat menggunakan aplikasi yang berupa simulasi, yaitu aplikasi OPNET Modeler 14.5. OPNET Modeler adalah sebuah perangkat lunak untuk memodelkan dan mensimulasi jaringan kabel maupun jaringan nirkabel. OPNET menyediakan lingkungan kerja yang luas untuk pemodelan dan evaluasi kehandalan berbagai jaringan komunikasi (Arpan Mandal, 2008). Aplikasi pendukung berupa Microsoft Visual Studio 2008.

3.2 Perancangan dan Pembangunan Jaringan

Metode perancangan dan pembangunan jaringan merupakan proses yang meliputi penetapan lokasi penelitian, penentuan skenario jaringan dan implementasi. Untuk mengetahui *handover* WiMAX pada layanan VoIP, maka peneliti perlu merancang dan membangun skenario WiMAX pada layanan VoIP. Terdapat empat skenario untuk merancang dan membangun skenario *handover* WiMAX pada layanan VoIP, yaitu :

1. Skenario WiMAX pada Layanan VoIP dengan dua *mobile node* saling menjauh
2. Skenario WiMAX pada Layanan VoIP dengan dua *mobile node* saling mendekat
3. Skenario WiMAX pada Layanan VoIP dengan satu *mobile node* mendekati satu *fixed node*
4. Skenario WiMAX pada Layanan VoIP dengan satu *mobile node* mendekati satu *fixed node*

Dari empat skenario diatas terdapat variabel kontrol yaitu *codec* VoIP dan variasi kecepatan. *Codec* VoIP yang digunakan adalah G.711 (PCM), G.723.a (ACELP) dan G.723.b (MP-MLQ). Variasi kecepatan yaitu 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam. Variabel kontrol ini diterapkan kedalam empat skenario yang

telah disebutkan diatas. Pemilihan *codec* yang digunakan berdasarkan *bitrate* tertinggi dan terendah yang terdapat pada standarisasi kompresi suara menurut ITU-T. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, kecepatan minimal 30 km/jam pada jalan arteri primer. Dalam penelitian ini memilih 25 km/jam karena untuk mengamati kecepatan dibawah batas minimal, sedangkan kecepatan 50 km/jam dan 75 km/jam diambil dari kelipatan batas minimal yang digunakan. Jarak yang digunakan dalam penelitian adalah 3,3 km. Hal ini dikarenakan peneliti membuat desain jarak dari *base station* ke batas sel adalah 1 km. Penelitian ini difokuskan pada analisis *handover* WiMAX pada layanan VoIP yang merupakan kemampuan jaringan dalam melakukan komunikasi langsung antar *node*, dan melihat *handover* yang terjadi dari perpindahan SBS ke TBS. Untuk proses implementasi secara lebih rinci dijelaskan pada Bab 4.

3.3 Pengujian

Pengujian yang dilakukan oleh peneliti yaitu dengan menggunakan aplikasi simulasi OPNET Modeler v14.5. Aplikasi ini dapat menjalankan skenario yang telah dibuat oleh peneliti dan juga aplikasi simulasi ini dapat memberikan hasil *result* untuk dilakukan analisis dan juga mendapatkan data yang diinginkan. Pengujian simulasi dilakukan dalam waktu 5 menit.

3.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data yang dilakukan peneliti adalah pada saat pengujian telah dilakukan. Setelah pengujian selesai maka dapat diketahui hasil *result* dan juga data berupa *excel*. Kemudian data *excel* yang telah didapat maka dilakukan pengolahan data berupa grafik dan dilakukan analisis.

3.5 Analisis

Analisis pengujian yang dilakukan memiliki 2 analisis pengujian yaitu pengujian yang mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar dkk (2014) dan pengujian *handover delay*. Analisis pengujian pertama terdapat empat parameter untuk skenario yang telah ditentukan, yaitu :

1. *Troughput*
2. *Load* jaringan *mobile* WiMAX
3. *Delay* yang dibutuhkan jaringan *mobile* WiMAX untuk proses *handover*
4. *Scanning* yang dibutuhkan untuk proses *handover* pada jaringan WiMAX

Setelah melakukan analisis pengujian yang mengacu pada peneliti sebelumnya, maka dilakukan analisis pengujian untuk *handover delay* pada ke empat skenario. Analisis pengujian ini untuk dapat menarik kesimpulan dari hasil penelitian. Untuk mengetahui hasil dari *handover delay* maka penulis mengacu pada standarisasi versi TIPHON. Tabel 3.1 merupakan tabel standarisasi *delay* menurut TIPHON.

Tabel 3. 1 Standarisasi *Delay* (Sumber TIPHON)

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>	Indeks
Sangat Baik	< 150 ms	4
Baik	150 – 300 ms	3
Sedang	300 – 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

Sumber : Yanto (2014)

Setelah melakukan ke dua analisis pengujian, maka dapat melakukan penarikan kesimpulan.

3.6 Kesimpulan

Peneliti melakukan penarikan kesimpulan setelah melakukan analisis. Dimana kesimpulan ini merujuk pada hasil *result* dan perhitungan dari data *excel*.

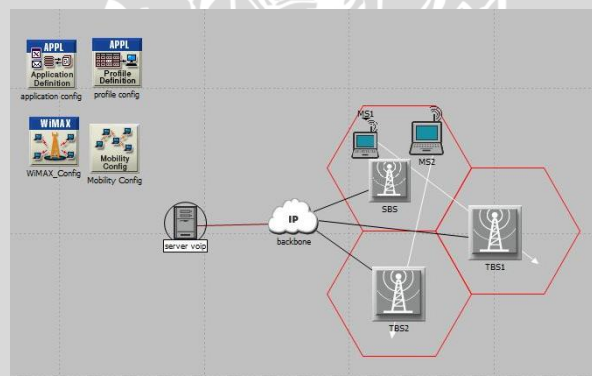


BAB 4 PERANCANGAN SIMULASI JARINGAN

Evaluasi tentang performansi suatu rancangan model jaringan pada dunia nyata merupakan hal yang sangat penting namun juga menjadi tugas yang kompleks dalam skenario nyata. Untuk mengatasi hal tersebut, terdapat simulator yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi model jaringan dengan perspektif yang berbeda. Simulator yang dapat digunakan salah satunya adalah *Optimized Network Engineering Tool* (OPNET) Modeler. Simulator ini memiliki fitur yang beragam dan mudah untuk melakukan proses desain skenario jaringan di dunia nyata kedalam suatu model simulasi jaringan. Dengan melakukan instalasi OPNET Modeler v.14.5 maka skenario dapat dirancang dengan membuat model simulasi jaringan.

4.1 Topologi Jaringan

Topologi jaringan dalam simulasi ini dibuat dengan standar WiMAX dengan implementasi yang hampir mendekati kehidupan nyata dimana jaringan dibuat dalam satu bagian *subnetwork*, disetiap *cell* terdapat satu *base station*. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat konfigurasi jaringan WiMAX pada simulasi OPNET.



Gambar 4. 1 Simulasi Jaringan WiMAX

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.1 terdapat *server* dimana *server* disimulasikan menyimpan dan memberi layanan VoIP sesuai dengan permintaan *client*. *Server VoIP* terhubung pada *router* yang digunakan untuk merepresentasikan *gateway* yang menghubungkan dengan jaringan internet. Penghubung *server VoIP* dengan *router* adalah *Ethernet 1000baseX*. Gambar 4.1 merupakan skenario dimana dua *mobile node* saling menjauh.

4.2 Skenario Simulasi

Skenario untuk terjadinya *handover* dirancang dengan membuat jaringan WiMAX dimana *mobile station* (MS) berjalan dari *Serving Base Station* (SBS) menuju *Target Base Station* (TBS) berdasarkan *trajectory* yang telah ditentukan. Selain itu perbedaan *codec* VoIP dan kecepatan dari MS di ubah-ubah untuk

mengetahui pengaruh proses *handover* dalam simulasi. Tahapan dan parameter simulasi yang dibuat yaitu :

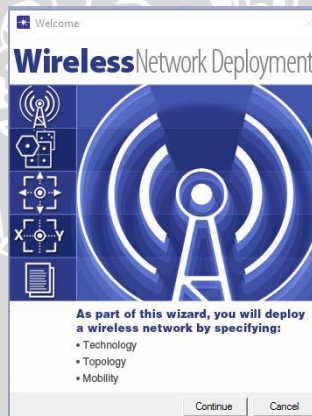
1. Pembuatan model jaringan yang mendukung penggunaan *mobile* WiMAX dan konfigurasi yang mendukung proses *handover*.
2. Konfigurasi parameter sistem, dimana parameter sistem diatur dengan melakukan pengaturan pada BS dan MS.
3. Konfigurasi statistik simulasi dilakukan untuk mengatur hasil keluaran simulasi yang dilakukan.
 - a. Variasi *codec* VoIP yang digunakan dalam simulasi adalah G.711 (PCM), G.723.1 (ACELP) dan G.723.1 (MP-MLQ).
 - b. Variasi kecepatan gerak, yang digunakan dalam simulasi adalah 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam.

4.3 Konfigurasi Jaringan WiMAX

Program diawali dengan membuka simulator OPNET kemudian membuat *project* baru. Memilih lingkungan untuk dapat menerapkan project yaitu dengan memilih lingkungan *campus* dan memilih teknologi WiMAX_adv.

4.3.1 Pengaturan Parameter Sistem WiMAX

Setelah membangun topologi dengan menggunakan metode *Wireless Network Deployment* (WND). Menu tersebut memberikan kemudahan untuk membangun dan melakukan konfigurasi jaringan *wireless*. Gambar 4.2 merupakan tampilan awal WND.



Gambar 4. 2 Tampilan Menu *Wireless Network Deployment* (WND)

Sumber : Perancangan

Langkah selanjutnya adalah memilih parameter untuk membentuk topologi yang diinginkan, yaitu :

1. Memilih *use wizard to provide network specifications*. Klik *Next*
2. Pada *location* klik *Next*

3. Pilih teknologi yaitu WiMAX. Klik *Next*
4. Masukkan *Number of Cell* 3 dan klik *Next*
5. Pada *base Station* pilih pada bagian *node* model. Pilih edit. Pilih WiMAX_*adv* dan pilih WiMAX_*bs_router_adv*. Pilih ok.
6. Pada *subscriber station* pilih *node* model. Pilih edit. Pilih WiMAX_*adv* dan pilih WiMAX_*ss_wkstn_adv* yang *mobile node*. Pilih ok. Tentukan jumlahnya yaitu 2. Klik *Next*.
7. Klik *Next* hingga pada *configuration summary* lalu pilih *finish*.

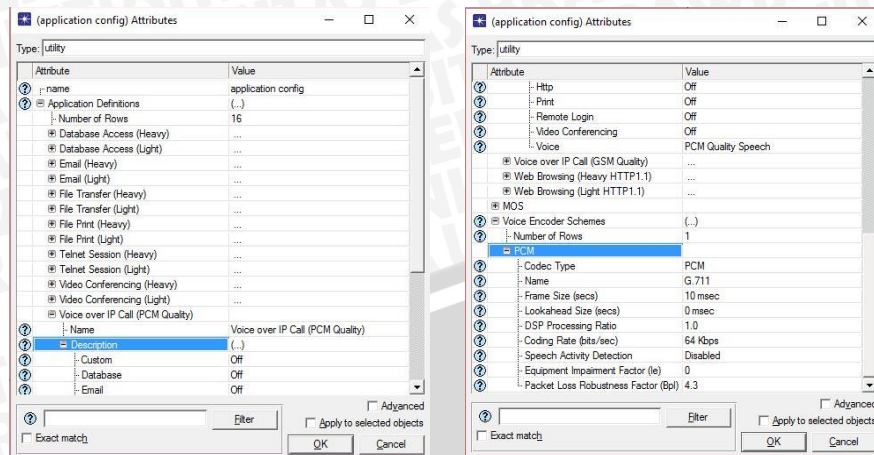
Setelah itu muncul topologinya, karena yang diterapkan hanya 2 *mobile node* maka 4 *mobile node* lainnya dihapus dan juga ditambahkan *ethernet_server* untuk menjadi server VoIP yang dihubungkan pada *router* dengan menggunakan *Ethernet 1000baseX*. *Router* diganti dengan *ethernet4_slip8_cloud* untuk dapat terhubung dengan server. Simulasi ini membutuhkan 4 komponen utama untuk pengaturan jaringan secara umum terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Komponen Utama Pengaturan Jaringan WiMAX

No.	Nama	Fungsi	Simbol
1	WiMAX <i>configuration</i>	Komponen yang digunakan untuk mengatur konfigurasi jaringan WiMAX.	
2	<i>Application Profiles</i>	Komponen yang digunakan untuk menentukan <i>profile</i> layanan yang digunakan.	
3	<i>Application Configuration</i>	Komponen yang digunakan untuk mengatur jenis aplikasi yang berlangsung pada <i>subscriber</i> , dalam penelitian ini berupa layanan VoIP.	
4	<i>Mobility Config</i>	Komponen yang digunakan untuk menentukan kecepatan, arah gerak, jarak dan hal-hal yang terkait dengan pergerakan <i>subscriber</i> .	

Sumber : Perancangan

Jenis aplikasi yang digunakan dalam simulasi ini adalah layanan VoIP dengan memanfaatkan jaringan WiMAX yang menjadi tempat terjadinya *handover*. Untuk implementasi aplikasi VoIP digunakan *Application Config*. Pada *Application Config* dilakukan konfigurasi seperti pada Gambar 4.3.

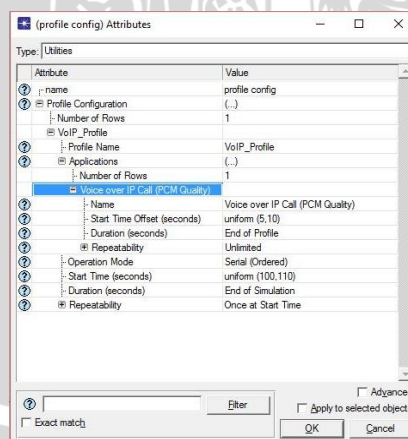


Gambar 4. 3 konfigurasi Application Config

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.3 pengaturan *application config* yaitu menentukan *Application Definitions* yang digunakan yaitu *Voice over IP Call (PCM Quality)*. Pilih *Description* pada *Voice over IP Call (PCM Quality)*, tentukan *voice* dengan memilih *PCM Quality Speech* untuk variabel *codec* PCM dan *Low Quality Speech* untuk variabel *codec* ACELP dan MP-MLQ. Pada *Voice Encoder Scheme* memilih *codec* sesuai dengan *Application Definitions* sebelumnya. *Codec* VoIP yang digunakan adalah G.711 (PCM), G.723.a (ACELP) dan G.723.b (MP-MLQ). Pemilihan *codec* yang digunakan berdasarkan *bitrate* tertinggi dan terendah yang terdapat pada standarisasi kompresi suara menurut ITU-T.

Untuk menentukan perilaku *user* maka perlu adanya konfigurasi pada *Profile Config* yang digunakan selama proses simulasi. Gambar 4.4 menunjukkan konfigurasi pada *Profile Config*.

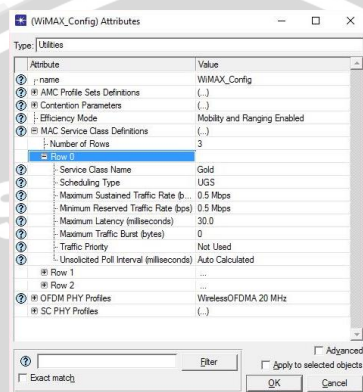


Gambar 4. 4 Konfigurasi Profile Config

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.4 dilakukan pemilihan pada *Profile Config* yaitu pada *Profile Configuration* memilih *Application*. Pada *Application* memilih *name* dengan *Voice over IP Call (PCM Quality)*.

Setelah melakukan konfigurasi *profile config*, WiMAX *config* juga melalui tahap konfigurasi. WiMAX *config* mengatur konfigurasi jaringan. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan *service class Gold* dengan *type* UGS, hal ini dikarenakan VoIP cocok menggunakan *type* UGS. Alasan menggunakan UGS karena UGS memberikan layanan yang membutuhkan jaminan pengiriman data dengan prioritas paling utama seperti VoIP. Pada *Mobility Config* tidak dilakukan konfigurasi dikarenakan peneliti ingin membuatnya secara default. Gambar 4.5 konfigurasi pada sisi WiMAX *config*.



Gambar 4. 5 Konfigurasi WiMAX Config

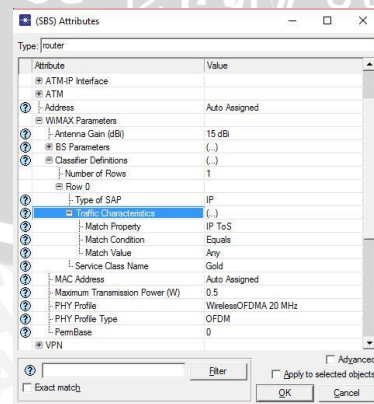
Sumber : Perancangan

4.3.2 Pengaturan Parameter Sistem Pendukung Simulasi

Untuk membuat simulasi berjalan secara tepat diperlukan kesinambungan dalam konfigurasi sistem, hal ini sangat mempengaruhi hasil dari simulasi. Konfigurasi parameter sistem diantaranya sebagai berikut :

1. Parameter Sistem WiMAX Base Station

Parameter ini digunakan untuk mengatur layer fisik layanan yang dapat diberikan kepada *mobile station*. Pada sisi SBS dan juga TBS terdapat kesamaan dalam mengatur parameter. Gambar 4.5 menunjukkan parameter yang dibutuhkan untuk membuat WiMAX *base station*.



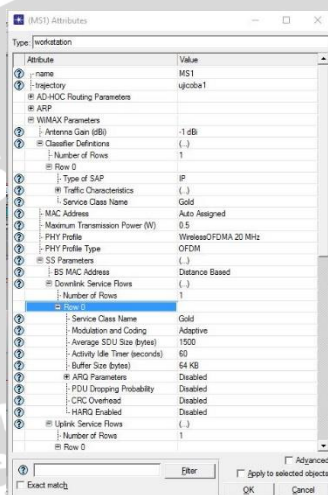
Gambar 4. 6 Parameter Sistem WiMAX Base Station

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.6 dilakukan pemilihan *Classifier Definition* dan memilih *Service Class Name* dengan pilihan *Gold*. Pemilihan ini digunakan untuk menentukan layanan yang dimiliki SBS.

2. Parameter Sistem WiMAX Mobile Station

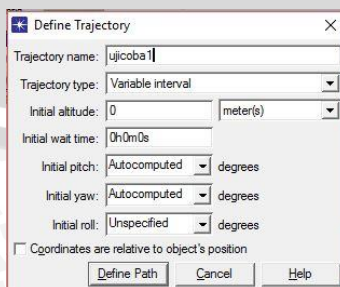
Parameter ini dapat digunakan untuk mengatur layer fisik, jenis layanan yang digunakan dan juga melakukan pengaturan *handover* pada setiap *mobile node*. Gambar 4.7 menunjukkan parameter yang digunakan *mobile node*.



Gambar 4. 7 Parameter Sistem Mobile Station

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.7 MS untuk dapat berjalan pada aplikasi VoIP maka perlu konfigurasi parameter. Pada *Classifier Definition* dan memilih *Service Class Name* dengan pilihan *Gold*. Kemudian pada *SS Parameters*, terdapat *Downlink* dan *Uplink Service Flow* untuk *Service Class Name* juga memilih *Gold*. Untuk *Application*, pada *Supported Profiles* memilih *profile* yang telah dilakukan konfigurasi sebelumnya. Pada *Application : Supported Services* memilih *Voice over IP Call (PCM Quality)*. Untuk melakukan pengaturan *handover* pada *mobile node*, dibutuhkan *trajectory* untuk mengatur arah *mobile node* bergerak. Pilih *Define Trajectory* dan buat *trajectory name* seperti pada Gambar 4.8.



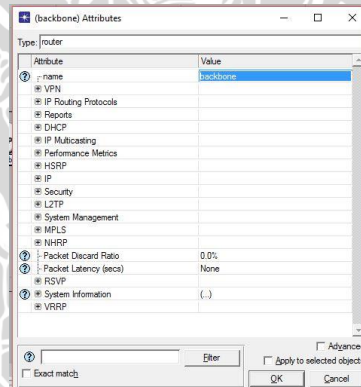
Gambar 4. 8 Parameter Trajectory Mobile Station

Sumber : Perancangan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, kecepatan minimal 30 km/jam pada jalan arteri primer. Dalam penelitian ini memilih 25 km/jam karena untuk mengamati kecepatan dibawah batas minimal, sedangkan kecepatan 50 km/jam dan 75 km/jam diambil dari kelipatan batas minimal yang digunakan. Jarak yang digunakan dalam penelitian adalah 3,3 km. Hal ini dikarenakan peneliti membuat desain jarak dari *base station* ke batas sel adalah 1 km. Pada Gambar 4.8 membuat *trajectory* bernama “ujicoba1”. Setelah itu pilih *Define Path* dan tentukan *speed* yang digunakan untuk mengatur kecepatan gerak *mobile*. Pada ujicoba1 peneliti menggunakan 25 km/jam, dan melakukan pengarahannya dari SBS menuju TBS2. *Trajectory* telah dibuat maka langkah selanjutnya adalah mengatur pada *mobile station* seperti pada Gambar 4.7, *trajectory* yang dipilih adalah “ujicoba1”.

3. Parameter Sistem Router

Parameter ini berfungsi untuk menghubungkan *mobile* WiMAX dengan *Server* VoIP. Pada *router* ini tidak dilakukan konfigurasi karena peneliti ingin *router* dalam keadaan default. Gambar 4.9 menunjukkan pengaturan parameter *router*.

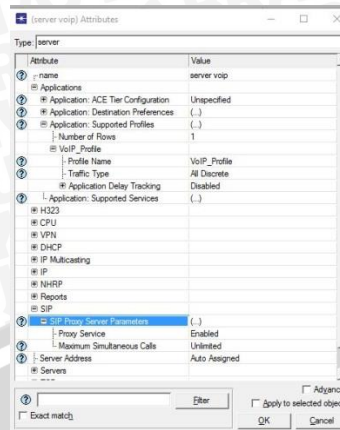


Gambar 4. 9 Parameter Sistem WiMAX Router

Sumber : Perancangan

4. Parameter Sistem Server VoIP

Parameter ini digunakan untuk dapat menyediakan layanan VoIP, layanan disimpan dan didistribusikan saat diminta oleh MS. Gambar 4.10 menunjukkan parameter *server* VoIP.



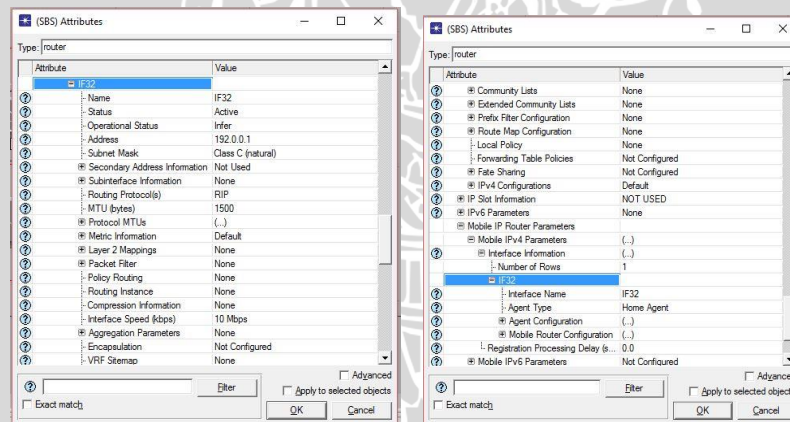
Gambar 4. 10 Parameter Sistem WiMAX Server VoIP

Sumber : Perancangan

Gambar 4.10 untuk *Application*, pada *Supported Profiles* memilih *profile* yang telah dilakukan konfigurasi sebelumnya. Pada *Application : Supported Services* memilih *Voice over IP Call (PCM Quality)*.

5. Parameter pengaturan IP

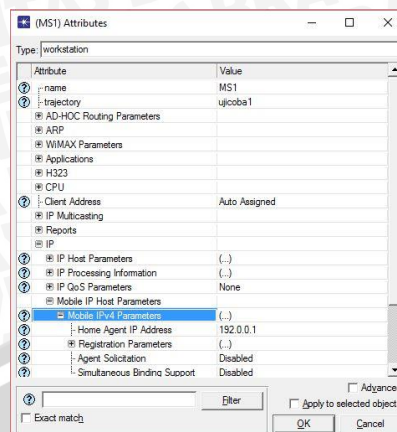
Pengaturan IP digunakan untuk dapat menentukan jaringan WiMAX seperti menentukan SBS yang menjadi *Home agent* dan TBS yang menjadi *Foreign Agent*. Pada Gambar 4.11 menunjukkan pengaturan IP pada sisi SBS.



Gambar 4. 11 Parameter Pengaturan IP pada sisi SBS

Sumber : Perancangan

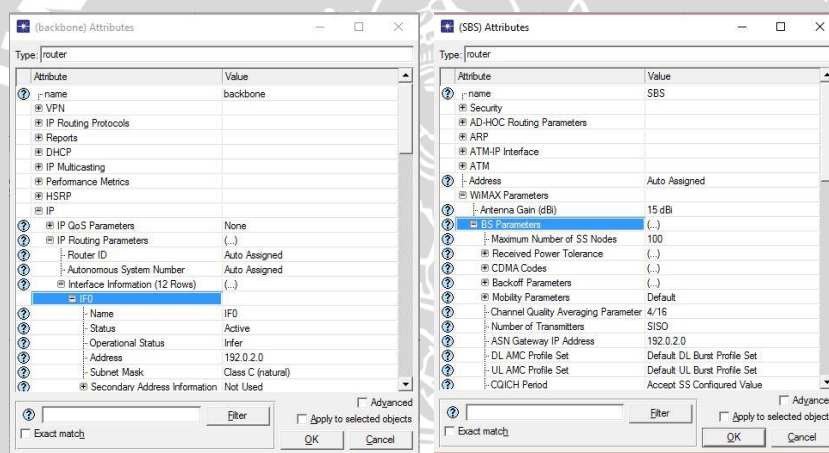
Untuk sisi TBS1 pilih IF2 dan IP *address* adalah 192.0.0.2. untuk *mobile IPv4* Parameter, *interface* name IF32 dan *agent type* adalah *foreign agent*. Untuk TBS2 pilih IF3 dan IP *address* adalah 192.0.0.3, serta *mobile IPv4* sama seperti TBS2. MS juga diatur untuk dapat menemukan *home agent*, seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Parameter Pengaturan Home Agent pada Mobile Subscriber

Sumber : Perancangan

Setelah BS dan MS diatur, maka *router* juga perlu diatur IP *router* agar BS dapat terhubung dengan *router* melalui *ASN gateway*. Gambar 4.13 merupakan pengaturan IP pada *router*.



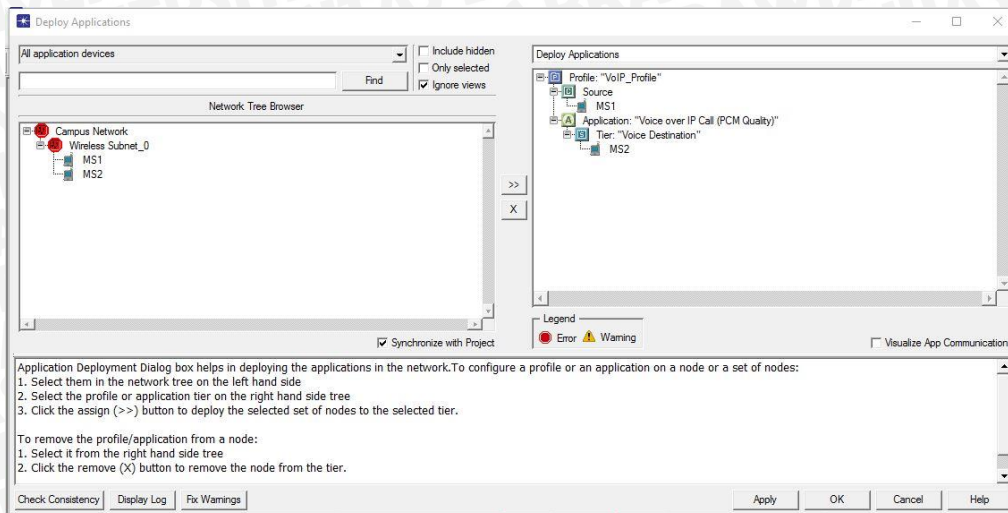
Gambar 4. 13 Pengaturan IP Router

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.13 sebelah kiri menunjukkan pengaturan pada sisi *router* dan pada sebelah kanan pengaturan untuk setiap BS.

6. Parameter Pengaturan VoIP

Pengaturan VoIP digunakan untuk mengatur dua sisi, yaitu *source* dan *voice destination*. *Source* merupakan sisi dari yang melakukan panggilan dan *voice destination* merupakan sisi dari yang menerima telepon. Pengaturan yang dilakukan yaitu dengan memilih "*protocols*" pada bar yang terdapat pada bagian atas. Selanjutnya memilih "*Application*" dan memilih "*Deploy Defined Applications*". Langkah berikutnya yaitu seperti Gambar 4.14 berikut.

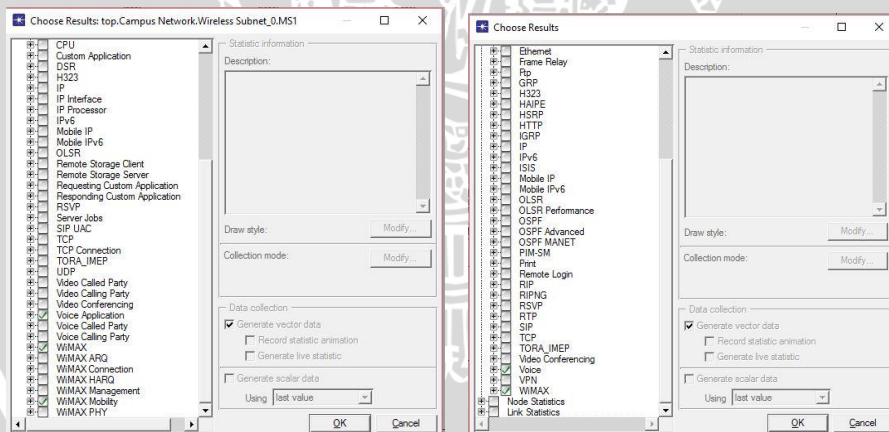


Gambar 4. 14 Pengaturan VoIP

Sumber : Perancangan

7. Parameter Sistem *individual statistic*

Parameter ini digunakan untuk melakukan pemilihan aplikasi hasil *output* yang dianalisis berdasarkan layanan dan juga konfigurasi jaringan. Parameter yang digunakan ada dua bagian, yaitu *Global statistic* dan masing-masing *individual statistic*. Gambar 4.14 menunjukkan aplikasi yang ditentukan dalam simulasi ini.



Gambar 4. 15 Parameter *Individual* dan *Global Statistic*.

Sumber : Perancangan

4.4 Skenario *Handover* WiMAX pada Layanan VoIP

Skenario yang peneliti gunakan yaitu :

1. Dua *mobile node* saling menjauh

Pada skenario ini digunakan untuk mengetahui pengaruh *handover* saat ke dua *mobile node* ini yang menuju *Trajectory* yang berbeda.

2. Dua *mobile node* saling mendekat

Pada skenario ini digunakan untuk mengetahui pengaruh *handover* saat ke dua *mobile node* ini yang menuju TBS yang sama.

3. Satu *mobile node* mendekati satu *fixed node*

Pada skenario ini digunakan untuk mengetahui pengaruh *handover* satu *mobile node* saat mendekati satu *fixed node*.

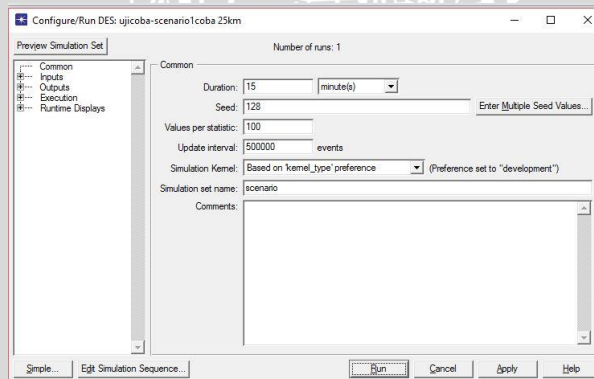
4. Satu *mobile node* menjauhi satu *fixed node*

Pada skenario ini digunakan untuk mengetahui pengaruh *handover* satu *mobile node* saat menjauhi satu *fixed node*.

Ke empat skenario ini dibuat sesuai dengan langkah-langkah pada sub bab sebelumnya. Ke empat skenario ini memiliki variabel *kontrol* yaitu variasi *codec* dan variasi kecepatan gerak. Variasi *codec* yang peneliti gunakan adalah G.711 (PCM), G.723.1 (ACELP) dan G.723.1 (MP-MLQ). Variasi kecepatan gerak yang digunakan adalah 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam.

4.5 Pelaksanaan Simulasi

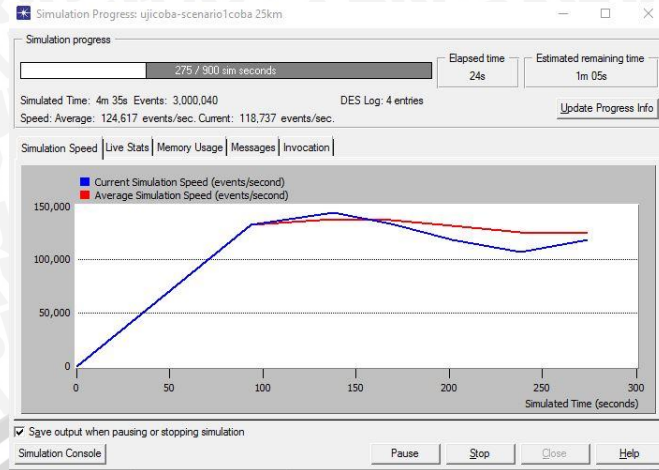
Simulasi adalah suatu proses merancang model dari suatu sistem yang sebenarnya, beserta kondisi sekelilingnya dengan tujuan menggambarkan sifat-sifat karakteristik kunci dari perilaku sistem fisik tertentu (Pramandana Sahada, 2012). Setelah tahap pembuatan skenario pada simulator OPNET selesai, tahap selanjutnya adalah menjalankan simulasi. Model simulasi yang peneliti gunakan adalah *Discrete Event Simulation* (DES). Gambar 4.15 merupakan tampilan dari DES OPNET Modeler.



Gambar 4. 16 Tampilan DES OPNET Modeler

Sumber : Perancangan

Pada Gambar 4.15 menunjukkan durasi simulasi yang ditentukan 5 menit, sesuai yang ditentukan oleh peneliti. Setelah memilih run maka simulasi mulai berjalan dan Gambar 4.16 menunjukkan proses saat simulasi sedang berlangsung.



Gambar 4. 17 Simulasi sedang berjalan

Sumber : Perancangan



BAB 5 HASIL DAN ANALISIS

Bab hasil dan analisis berisi tentang hasil pengujian dan analisis dari hasil pengujian. Untuk analisis dari hasil pengujian penulis mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar, dkk (2014) dan analisis *handover delay*. Setiap skenario dilakukan analisis dari hasil pengujian yang mempengaruhi kesimpulan akhir pada bab selanjutnya.

5.1 Analisis Hasil

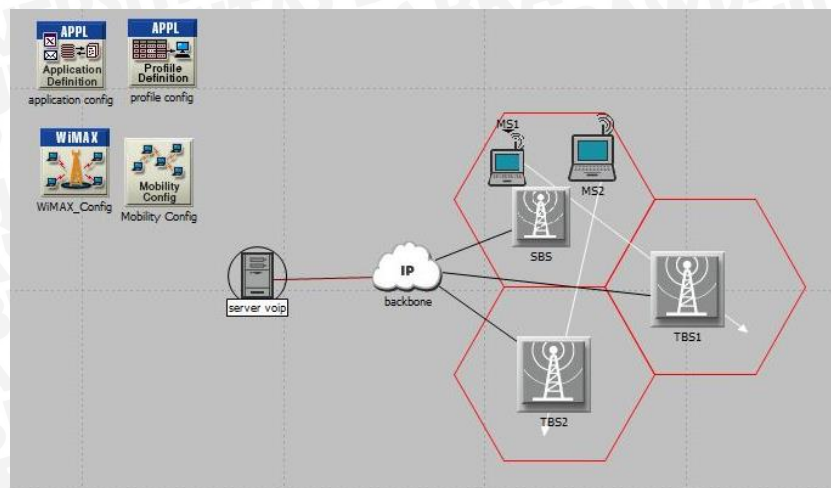
Pada bab sebelumnya telah dilakukan tahapan perancangan skenario yang diinginkan dan menjalankan simulasi pada OPNET Modeler. Untuk tahap selanjutnya, yaitu hasil dari simulasi yang telah dijalankan dapat dianalisis. Peneliti memiliki 2 analisis pengujian, yaitu analisis yang mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bachtiar, dkk (2014) dan analisis *handover delay*. Analisis pertama menurut Bachtiar, dkk (2014) terdapat empat parameter yang di analisis yaitu :

1. *Troughput*
2. *Load Jaringan Mobile WiMAX*
3. *Delay* yang dibutuhkan Jaringan *Mobile WiMAX* untuk melakukan proses *handover*
4. *Scanning* yang dibutuhkan untuk proses *handover* pada Jaringan *Mobile WiMAX*

Meskipun mengacu pada penelitian yang dilakukan Bachtiar, dkk (2014), peneliti tetap melakukan analisis pada ke empat skenario yang dua diantaranya skenario yang berisi 1 *mobile node* dan 1 *fixed node*. Peneliti ingin mengetahui analisis hasil dari empat skenario yang mengacu pada peneliti sebelumnya. Setelah melakukan analisis yang mengacu pada penelitian sebelumnya, peneliti melakukan analisis hasil yang dilakukan dengan mengamati *handover delay* yang terjadi pada 4 skenario dengan membandingkan *handover delay* dari ketiga *codec* pada ketiga kecepatan gerak yang berbeda.

5.2 Dua *Mobile Node* Saling Menjauh

Sub bab ini merupakan analisis hasil yang dilakukan pada skenario satu, dimana setiap skenario mempunyai variabel kontrol yaitu variasi *codec* dan variasi kecepatan. Skenario ini kedua MS saling menjauh, MS1 menuju TBS1 dan MS2 menuju TBS2. Peneliti fokus untuk mengetahui hasil dari skenario dengan *codec* yang sama namun berbeda kecepatan geraknya. Gambar 5.1 merupakan gambaran skenario dua *mobile node* saling menjauh.

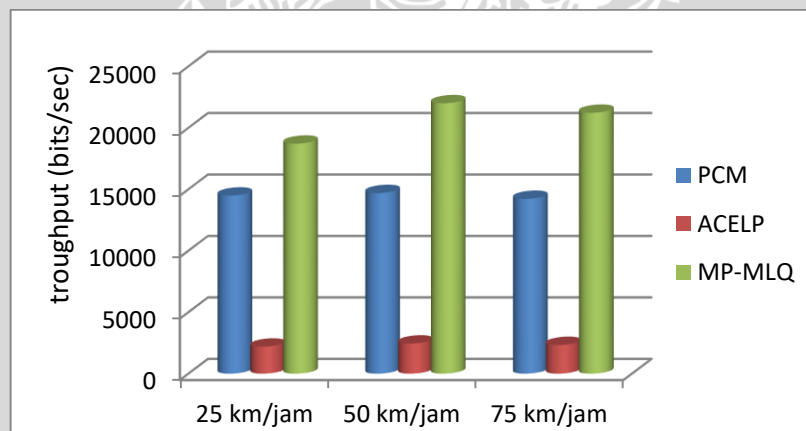


Gambar 5. 1 Skenario Dua Mobile Node Saling Menjauh

Sumber : Perancangan

5.2.1 Troughput

Troughput merupakan salah satu ukuran performansi suatu jaringan untuk proses pengiriman data. Untuk pengujian *troughput* dilakukan pengujian parameter *troughput* dan parameter *serving BS ID* yang dilakukan tiap MS. Pada Gambar 5.2 merupakan grafik analisis *troughput* skenario 1.



Gambar 5. 2 Grafik Troughput Skenario 1

Gambar 5.2 menjelaskan hasil *troughput* pada skenario 1 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *troughput* dari MS1 dan MS2. *Troughput* pada *codec* PCM dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 14000 *bits/sec*. *Troughput* pada *codec* ACELP dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 2000 *bits/sec*. *Troughput* pada *codec* MP-MLQ pada kecepatan 50 km/jam memiliki nilai tertinggi yaitu 21997 *bits/sec*, namun *codec* MP-MLQ juga masih dikatakan stabil karena *troughput* sekitar 18700 *bits/sec* – 22000 *bits/sec*. Untuk perpindahan yang terjadi pada MS1 dan MS2 dapat terlihat pada Tabel 5.1.

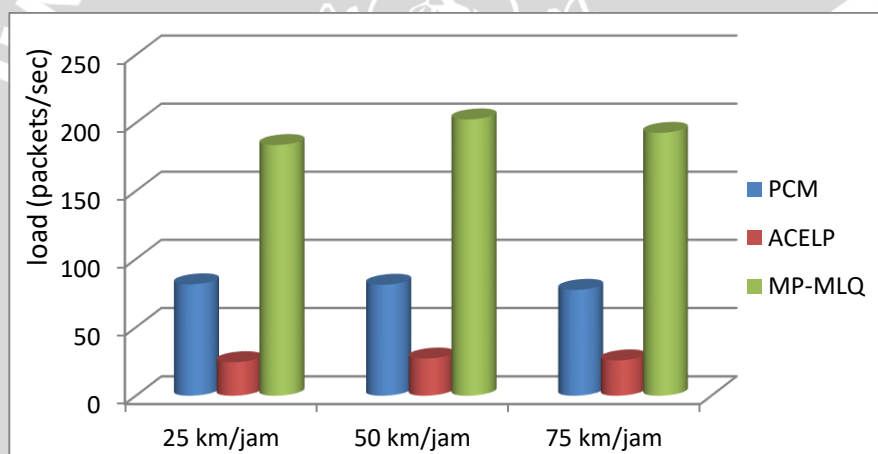
Tabel 5. 1 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 1 (sec)

	MS1 25 km/jam	MS1 50 km/jam	MS1 75 km/jam	MS2 25 km/jam	MS2 50 km/jam	MS2 75 km/jam
PCM	221.8502	112.1552	75.6752	254.3652	122.6302	86.9402
ACELP	221.8452	112.1552	75.6752	254.3652	122.6352	86.9402
MP-MLQ	221.8452	112.1552	75.6752	254.3652	122.6302	86.9402

Tabel 5.1 menjelaskan *serving* BS ID atau dapat dikatakan waktu terjadinya perpindahan dari SBS menuju TBS. Terlihat pada ketiga *codec* untuk MS1 dan MS2 waktu perpindahannya sama. Dari Gambar 5.2 dan Tabel 5.1 dapat terlihat bahwa pada ketiga *codec* seberapa besar kecepatan gerak nilai *throughput* tetap stabil dan semakin besar kecepatan gerak maka semakin cepat perpindahan MS1 dan MS2 dari SBS menuju TBS1 dan TBS2.

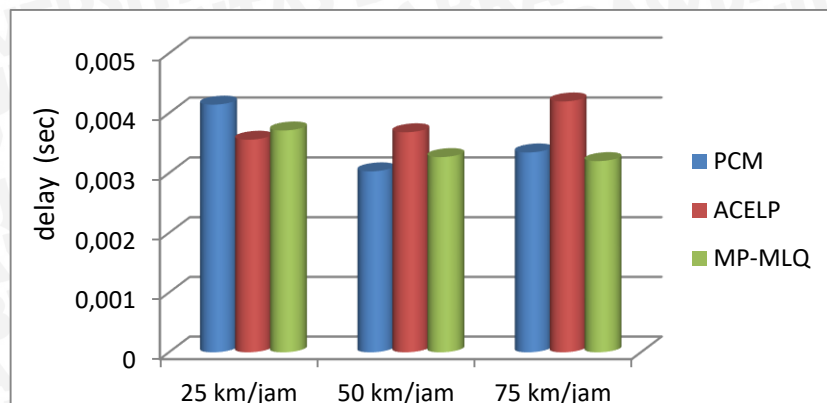
5.2.2 Load

Total beban data meliputi transmisi paket data dari VoIP. Untuk pengujian *load* / beban data dilakukan pengujian parameter *delay* secara global dan parameter *load* secara global. Gambar 5.3 merupakan grafik *load* skenario 1.



Gambar 5. 3 Grafik Load Global Skenario 1

Pada Gambar 5.3 merupakan grafik *load* yang terjadi pada skenario 1 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *load*. *Load* pada *codec* PCM dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 81 *packets/sec*. *Load* pada *codec* ACELP dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 25 *packets/sec*. *Load* pada *codec* MP-MLQ pada kecepatan 50 km/jam merupakan *load* tertinggi yaitu 201 *packets/sec*. Untuk *delay* yang terjadi pada ketiga kecepatan terdapat pada Gambar 5.4.

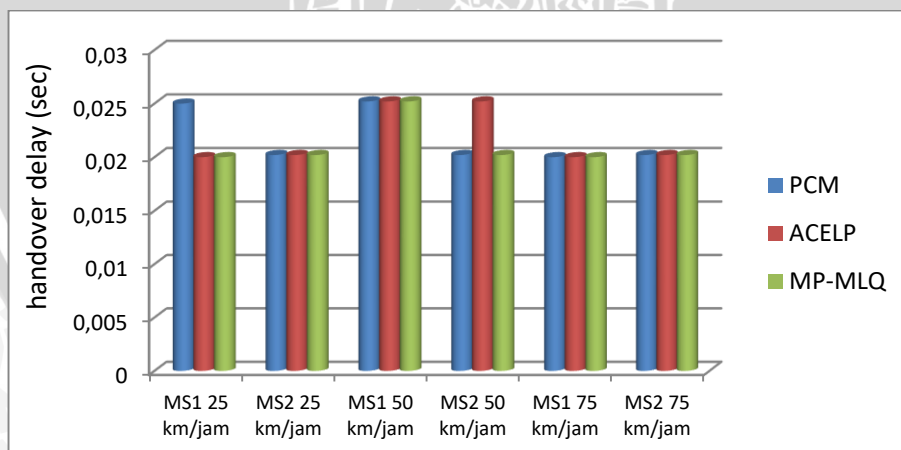


Gambar 5. 4 Grafik Delay Global Skenario 1

Gambar 5.4 merupakan grafik *delay* (global) dari skenario 1 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Dari Gambar 5.5 terlihat *delay codec* PCM dan MP-MLQ tertinggi adalah pada kecepatan 25 km/jam. *Delay codec* ACELP tertinggi adalah pada kecepatan 75 km/jam. *Delay* pada ketiga *codec* masih dikatakan bagus karena kurang dari 150 msec / 0.15 sec.

5.2.3 Delay untuk Proses Handover

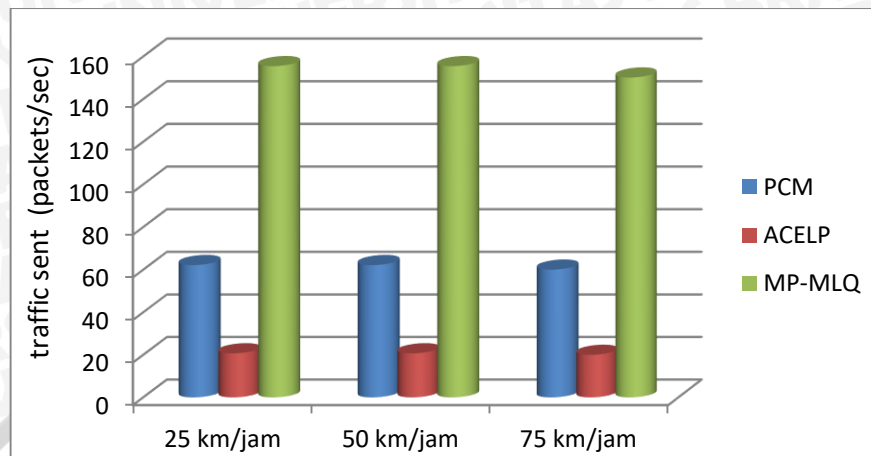
Delay merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan performansi dari suatu sistem. Untuk pengujian *delay* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter *voice traffic sent* secara global, parameter *handover delay* setiap MS dan parameter *serving BS ID* yang dilakukan tiap MS. Pada Gambar 5.5 menunjukkan grafik *delay* untuk proses *handover* MS1 dan MS2 skenario 1.



Gambar 5. 5 Grafik Delay untuk Proses Handover Skenario 1

Gambar 5.5 merupakan hasil grafik *handover delay* pada MS1 dan MS2 dari skenario 1 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Hasil grafik diatas terlihat bahwa ketiga kecepatan gerak memiliki *handover delay* 0.02 sec dan 0.025 sec, dimana dapat dikatakan

bahwa *delay* untuk VoIP termasuk katagori baik karena kurang dari 150 msec / 0.15 sec. Gambar 5.6 merupakan grafik *traffic sent* secara global.



Gambar 5. 6 Grafik *Traffic sent* Skenario 1

Gambar 5.6 merupakan grafik *traffic sent* pada skenario 1 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. *Traffic sent* pada *codec* PCM stabil pada 62 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* ACELP stabil pada 20 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* MP-MLQ stabil pada 156 *packets/sec*. Dari Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 terlihat bahwa *handover delay* tidak mempengaruhi proses pengiriman VoIP.

5.2.4 Scanning untuk Proses Handover

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil aktifitas *scanning interval* dari MS terhadap BS pada saat melakukan proses *handover*. Pengujian *scanning* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* dan parameter WiMAX *mobility scanning interval activity* yang dilakukan tiap MS. Parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* digunakan untuk mengetahui seberapa besar pesan MOB_NBR_ADV yang dapat diterima TBS tujuan. Pesan MOB_NBR_ADV bertujuan untuk SBS pada waktu-waktu tertentu mengirimkan informasi topologi dari BS terdekat yang berpotensi untuk *handover*.

Pada ketiga *codec* dengan kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam, dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km, menunjukkan pesan MOB_NBR_ADV yang diterima TBS1 dan TBS2 sama yaitu sekitar 13000 *bits/sec*. MS1 dan MS2 terlihat bahwa waktu *scanning* yang dibutuhkan oleh tiap TBS kurang dari satu detik. Untuk lebih jelasnya terdapat contoh data proses *scanning* pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Tabel Waktu *Scanning* MS 1 Skenario 1

Waktu (detik)	Nilai <i>Scanning</i> (MS1)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 5.005	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan

5.035	1	1	1	scanning berjalan
5.04	1	1	1	scanning berjalan
5.045	1	1	1	scanning berjalan
5.05	1	1	1	scanning berjalan
5.055	1	1	1	scanning berjalan
5.06	0	0	0	operasi biasa
16.085	-1	-1	-1	scanning dimatikan

Proses *scanning* MS1 dan MS2 untuk ketiga kecepatan gerak juga memiliki waktu *scanning* yang sama. Pada Tabel 5.3 menunjukkan contoh data proses *scanning* MS 2 untuk ketiga kecepatan gerak.

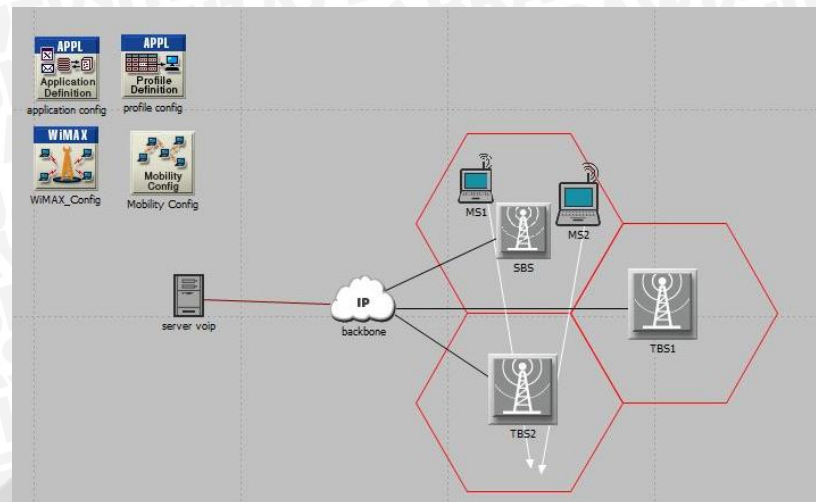
Tabel 5. 3 Tabel Waktu *Scanning* MS 2 Skenario 1

Waktu (detik)	Nilai <i>Scanning</i> (MS2)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 4.405	-1	-1	-1	scanning dimatikan
4.435	1	1	1	scanning berjalan
4.44	1	1	1	scanning berjalan
4.445	1	1	1	scanning berjalan
4.45	1	1	1	scanning berjalan
4.455	1	1	1	scanning berjalan
4.46	0	0	0	operasi biasa
15.485	-1	-1	-1	scanning dimatikan

Dari ketiga kecepatan gerak yang menempuh jarak 3,3 km dapat dilihat bahwa kedua MS sama sama memiliki pesan MOB_NBR_ADV yang bernilai sekitar 13000 *bits/sec*. Kemudian untuk proses *scanning* antara MS1 dan MS2 berbeda karena kedua MS memiliki *trajectory* yang berbeda.

5.3 Dua *Mobile Node* Saling Mendekat

Pada sub bab ini berisi analisis hasil yang dilakukan pada skenario dua, dimana setiap skenario mempunyai variabel kontrol yaitu variasi *codec* dan variasi kecepatan. Skenario ini kedua MS saling mendekat dengan tujuan adalah TBS2. Penelitian fokus untuk mengetahui hasil dari skenario dengan *codec* yang sama namun berbeda kecepatan geraknya. Gambar 5.7 merupakan gambaran skenario dua *mobile node* saling mendekat.

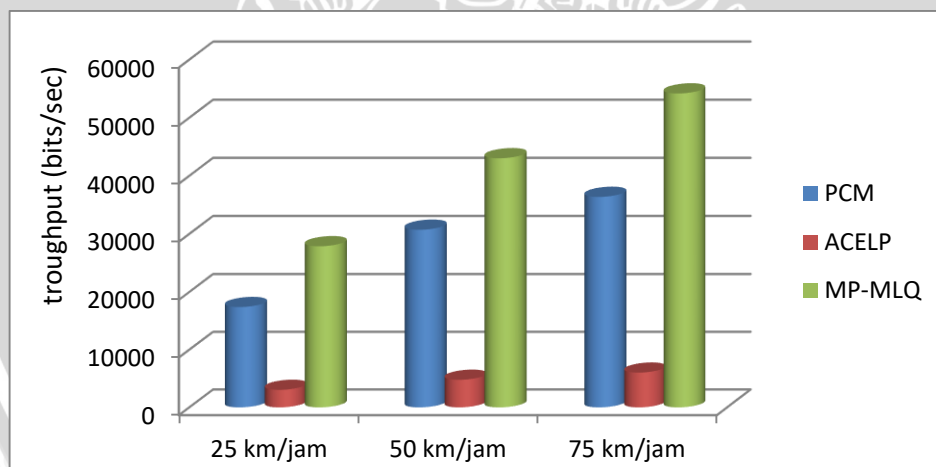


Gambar 5. 7 Skenario Dua Mobile Node Saling Mendekat

Sumber : Perancangan

5.3.1 Troughput

Troughput merupakan salah satu ukuran performansi suatu jaringan untuk proses pengiriman data. Untuk pengujian *troughput* dilakukan pengujian parameter *troughput* dan parameter *serving BS ID* yang dilakukan tiap MS. Pada Gambar 5.8 merupakan grafik analisis hasil *troughput* skenario 2.



Gambar 5. 8 Grafik Troughput Skenario 2

Gambar 5.8 menjelaskan hasil *troughput* pada skenario 2 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *troughput* dari MS1 dan MS2. *Troughput* pada ketiga *codec* dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat semakin besar kecepatan maka semakin besar nilai *troughput*. Untuk perpindahan yang terjadi pada MS1 dan MS2 dapat terlihat pada Tabel 5.4.

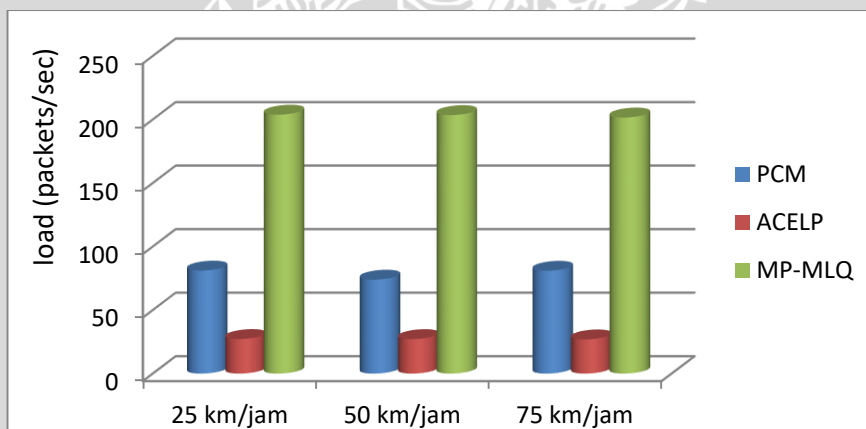
Tabel 5. 4 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 2 (sec)

	MS1 25 km/jam	MS2 25 km/jam	MS1 50 km/jam	MS2 50 km/jam	7MS1 5 km/jam	MS2 75 km/jam
PCM	230.9802	229.8052	111.5502	109.1552	77.4802	80.8352
ACELP	230.9852	229.8102	121.4102	119.0102	77.4802	80.8352
MP-MLQ	229.8102	229.8102	121.4052	119.0102	77.4802	80.8352

Tabel 5.4 menjelaskan *servicing* BS ID atau dapat dikatakan waktu terjadinya perpindahan dari SBS menuju TBS2. Terlihat pada ketiga *codec* untuk MS1 dan MS2 kecepatan 25 km/jam dan 50 km/jam waktu perpindahannya sama. Untuk kecepatan 50 km/jam *codec* ACELP dan MP-MLQ waktu perpindahannya sama pada detik ke 119 sedangkan *codec* PCM waktu perpindahannya pada detik ke 109. Dari Gambar 5.8 dan Tabel 5.4 dapat terlihat bahwa pada ketiga *codec* semakin besar kecepatan gerak maka semakin besar nilai *throughput* dan semakin besar kecepatan gerak maka semakin cepat perpindahan MS1 dan MS2 dari SBS menuju TBS2.

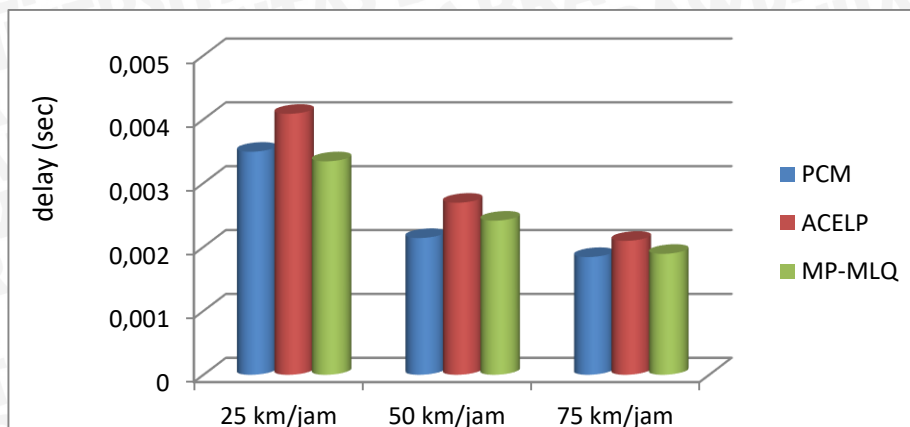
5.3.2 Load

Total beban data meliputi transmisi paket data dari VoIP. Untuk pengujian *load* / beban data dilakukan pengujian parameter *delay* secara global dan parameter *load* secara global. Pada Gambar 5.9 merupakan grafik *load* yang terjadi pada skenario 2.



Gambar 5. 9 Grafik Load Global Skenario 2

Pada Gambar 5.9 merupakan grafik *load* yang terjadi pada skenario 2 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *load*. *Load* pada *codec* PCM dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 81 *packets/sec*. *Load* pada *codec* ACELP dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 27 *packets/sec*. *Load* pada *codec* MP-MLQ pada kecepatan 50 km/jam merupakan *load* tertinggi yaitu 203 *packets/sec*. Untuk *delay* yang terjadi pada ketiga kecepatan terdapat pada Gambar 5.10.

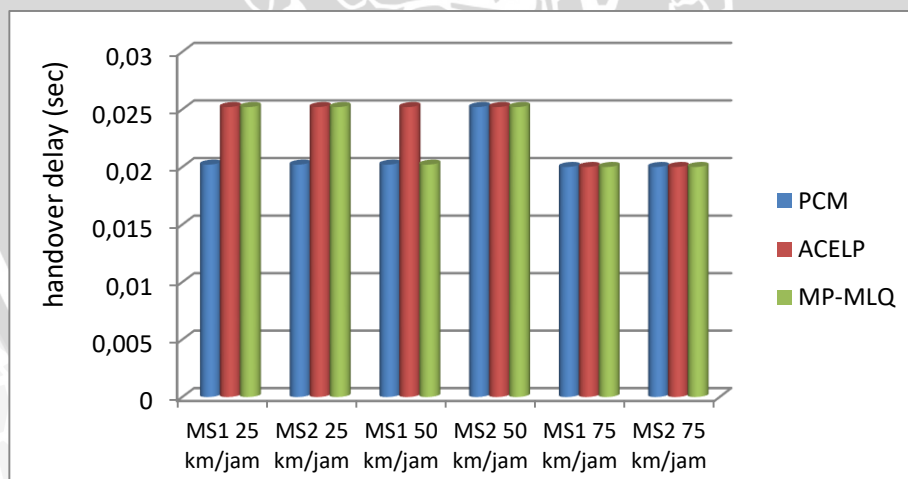


Gambar 5. 10 Grafik Delay Global Skenario 2

Gambar 5.10 merupakan grafik *delay* (global) dari skenario 2 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Dari Gambar 5.5 ketiga *codec* terlihat bahwa semakin besar kecepatan gerak maka semakin kecil *delay* yang terjadi.

5.3.2.1 Delay untuk Proses Handover

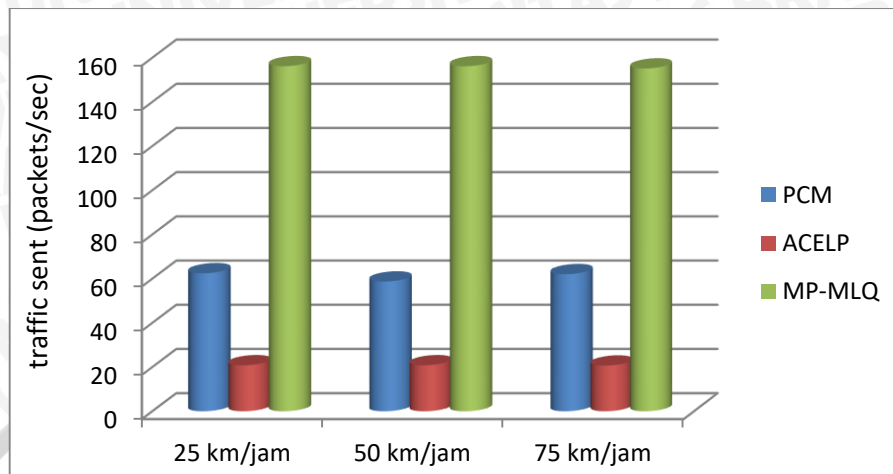
Delay merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan performansi dari suatu sistem. Untuk pengujian *delay* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter *voice traffic sent* secara global, parameter *handover delay* setiap MS dan parameter *serving BS ID* yang dilakukan tiap MS. Pada Gambar 5.11 menunjukkan grafik *delay* untuk proses *handover* pada skenario 3.



Gambar 5. 11 Grafik Delay untuk Proses Handover Skenario 2

Gambar 5.11 merupakan hasil grafik *handover delay* pada MS1 dan MS2 dari skenario 2 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Hasil grafik diatas terlihat bahwa ketiga kecepatan gerak memiliki *handover delay* 0.02 sec dan 0.025 sec, dimana dapat dikatakan

bahwa *delay* untuk VoIP termasuk katagori baik karena kurang dari 150 msec / 0.15 sec. Gambar 5.12 merupakan grafik *traffic sent* secara global.



Gambar 5. 12 Grafik Traffic sent Skenario 2

Gambar 5.12 merupakan grafik *traffic sent* pada skenario 2 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. *Traffic sent* pada *codec* PCM stabil pada 62 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* ACELP stabil pada 20 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* MP-MLQ stabil pada 156 *packets/sec*. Dari Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 terlihat bahwa *handover delay* tidak mempengaruhi proses pengiriman VoIP.

5.3.3 Scanning untuk Proses Handover

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil aktifitas *scanning* interval dari MS terhadap BS pada saat melakukan proses *handover*. Pengujian *scanning* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* dan parameter WiMAX *mobility scanning interval activity* yang dilakukan tiap MS. Parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* digunakan untuk mengetahui seberapa besar pesan MOB_NBR_ADV yang dapat diterima TBS tujuan. Pesan MOB_NBR_ADV bertujuan untuk SBS pada waktu-waktu tertentu mengirimkan informasi topologi dari BS terdekat yang berpotensi untuk *handover*.

Pada ketiga *codec* dengan kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam, dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km, menunjukkan pesan MOB_NBR_ADV yang diterima TBS2 sama yaitu sekitar 13000 *bits/sec*. MS1 dan MS2 terlihat bahwa waktu *scanning* yang dibutuhkan oleh TBS2 kurang dari satu detik. Untuk lebih jelasnya terdapat contoh data proses *scanning* pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Tabel Waktu Scanning MS1 Skenario 2

Waktu (detik)	Nilai Scanning (MS1)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 4.405	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan

4.435	1	1	1	scanning berjalan
4.44	1	1	1	scanning berjalan
4.445	1	1	1	scanning berjalan
4.45	1	1	1	scanning berjalan
4.455	1	1	1	scanning berjalan
4.46	0	0	0	operasi biasa
15.485	-1	-1	-1	scanning dimatikan

Scanning MS1 dan MS2 untuk ketiga kecepatan gerak juga memiliki waktu scanning yang sama. Pada Tabel 5.6 menunjukkan waktu scanning MS 2 untuk ketiga kecepatan gerak.

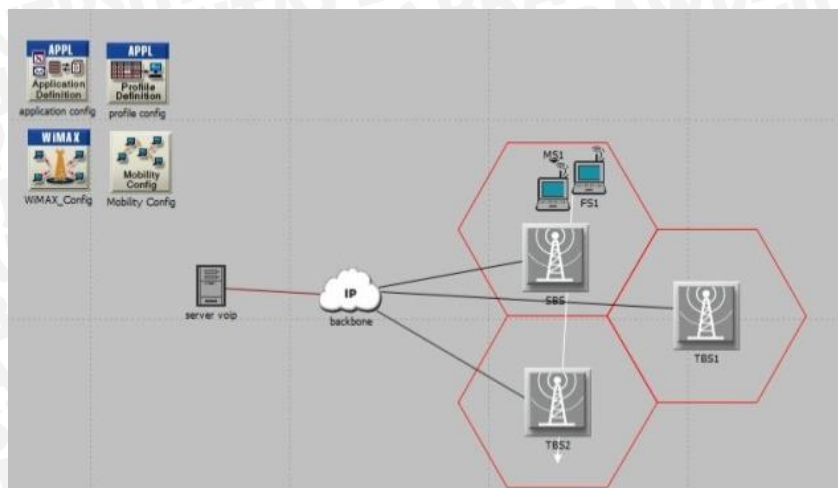
Tabel 5. 6 Tabel Waktu Scanning MS 2 Skenario 2

Waktu (detik)	Nilai Scanning (MS2)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 2.005	-1	-1	-1	scanning dimatikan
2.035	1	1	1	scanning berjalan
2.04	1	1	1	scanning berjalan
2.045	1	1	1	scanning berjalan
2.05	1	1	1	scanning berjalan
2.055	1	1	1	scanning berjalan
2.06	0	0	0	operasi biasa
13.085	-1	-1	-1	scanning dimatikan

Dari ketiga kecepatan gerak yang menempuh jarak 3,3 km dapat dilihat bahwa kedua MS sama-sama memiliki pesan MOB_NBR_ADV yang bernilai sekitar 13000 *bits/sec*. Kemudian untuk proses scanning antara MS1 dan MS2 berbeda karena kedua MS memiliki *trajectory* yang berbeda.

5.4 Satu Mobile Node Menjauhi Satu Fixed Node

Pada sub bab ini berisi analisis hasil yang dilakukan pada skenario tiga, dimana setiap skenario mempunyai variabel kontrol yaitu variasi *codec* dan variasi kecepatan. Skenario ini terdapat satu MS yang menjauhi satu FS, dimana MS berjalan menuju TBS2. Penelitian fokus untuk mengetahui hasil dari skenario dengan *codec* yang sama namun berbeda kecepatan geraknya. Gambar 5.13 merupakan gambaran skenario satu *mobile node* menjauhi satu *fixed node*.

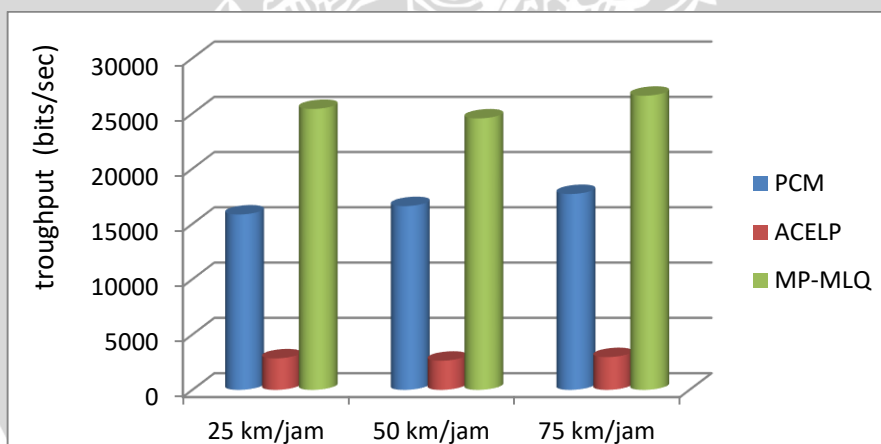


Gambar 5. 13 Skenario Satu *Mobile Node* Menjauhi Satu *Fixed Node*

Sumber : Perancangan

5.4.1 *Troughput*

Troughput merupakan salah satu ukuran performansi suatu jaringan untuk proses pengiriman data. Untuk pengujian *troughput* dilakukan pengujian parameter *troughput* dan parameter *serving BS ID*. Pada Gambar 5.14 merupakan grafik analisis hasil *troughput* pada skenario 3.



Gambar 5. 14 Grafik *Troughput* Skenario 3

Gambar 5.14 menjelaskan hasil *troughput* pada skenario 3 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *troughput* dari FS1 dan MS1. *Troughput* pada *codec* PCM semakin besar kecepatan maka semakin besar nilai *troughput*. *Codec* ACELP dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 2600 *bits/sec*. *Troughput* pada *codec* MP-MLQ pada kecepatan 50 km/jam memiliki nilai terendah yaitu 24549 *bits/sec*, namun *codec* MP-MLQ juga masih dikatakan stabil karena *troughput* sekitar 24500 *bits/sec* – 26000 *bits/sec*. Untuk perpindahan yang terjadi pada MS1 dapat terlihat pada Tabel 5.7.

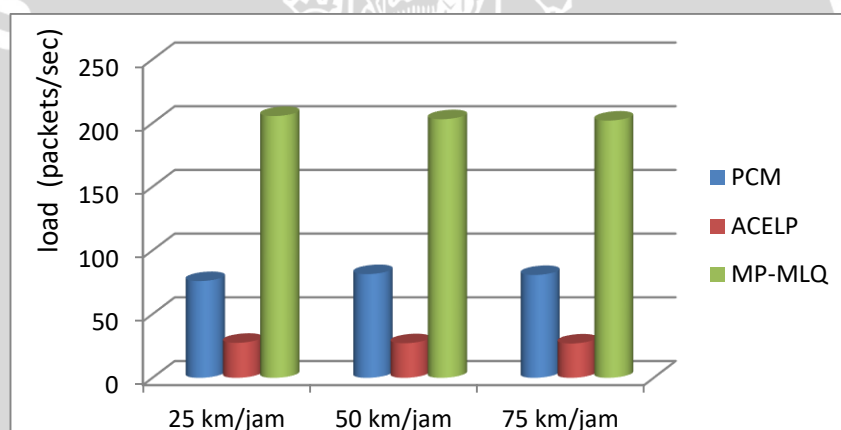
Tabel 5. 7 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 3 (sec)

	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam
PCM	261.8752	129.7402	87.5402
ACELP	261.8702	129.7352	87.5402
MP-MLQ	261.8702	129.7402	87.5402

Tabel 5.7 menjelaskan *serving* BS ID atau dapat dikatakan waktu terjadinya perpindahan dari SBS menuju TBS2. Terlihat pada ketiga *codec* untuk MS1 perpindahan pada tiga kecepatan sama. Dari Gambar 5.14 dan Tabel 5.7 dapat terlihat bahwa pada ketiga *codec* seberapa besar kecepatan gerak nilai *throughput* tetap stabil dan semakin besar kecepatan gerak maka semakin cepat perpindahan SBS menuju TBS2.

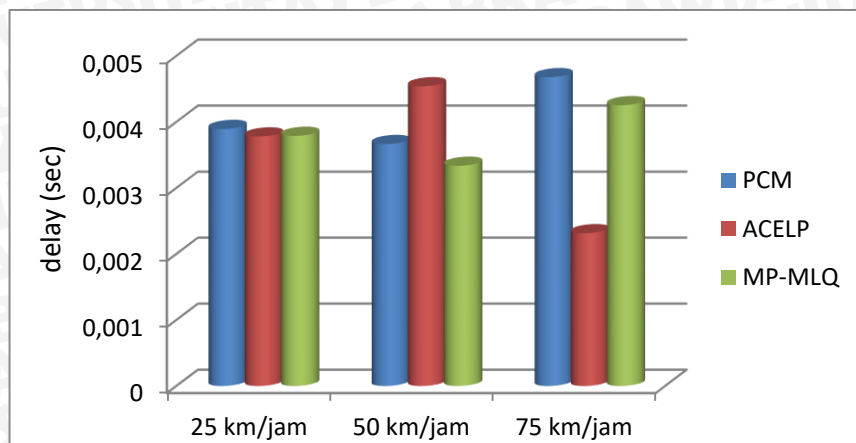
5.4.2 Load

Total beban data meliputi transmisi paket data dari VoIP. Untuk pengujian *load* / beban data dilakukan pengujian parameter *delay* secara global dan parameter *load* secara global. Pada Gambar 5.15 merupakan grafik *load* skenario 3.



Gambar 5. 15 Grafik Load Global Skenario 3

Gambar 5.15 merupakan grafik *load* yang terjadi pada skenario 3 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *load*. *Load* pada *codec* PCM dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 81 *packets/sec*. *Load* pada *codec* ACELP dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 27 *packets/sec*. *Load* pada *codec* MP-MLQ pada kecepatan 50 km/jam merupakan *load* tertinggi yaitu 203 *packets/sec*. Untuk *delay* yang terjadi pada ketiga kecepatan terdapat pada Gambar 5.16.

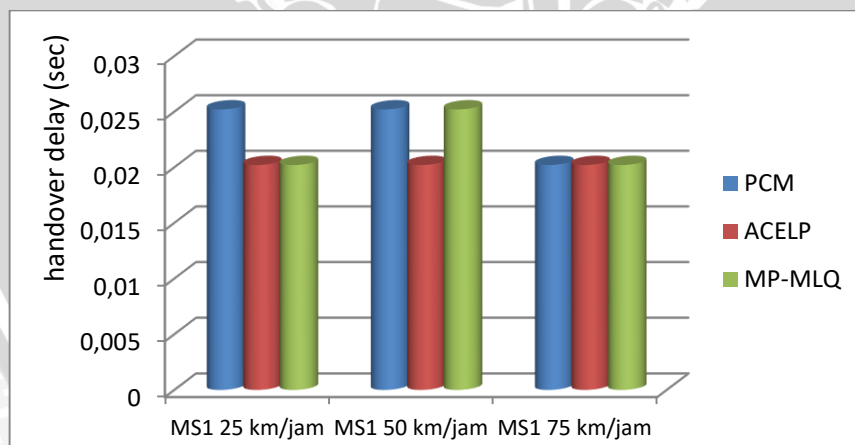


Gambar 5. 16 Grafik Delay Global Skenario 3

Gambar 5.16 merupakan grafik *delay* (global) dari skenario 3 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana pada *codec* PCM dan ACELP *delay* tertinggi terjadi pada kecepatan 75 km/jam yaitu 0.00467 sec dan 0.004252 sec, namun *codec* ACELP pada kecepatan 75 km/jam memiliki *delay* terendah diantara dua kecepatan lainnya.

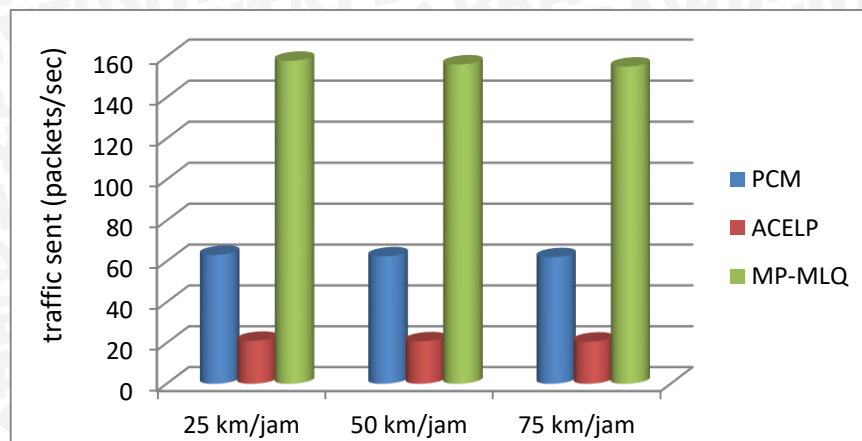
5.4.3 Delay untuk Proses Handover

Delay merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan performansi dari suatu sistem. Untuk pengujian *delay* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter *voice traffic sent* secara global, parameter *handover delay* dan parameter *serving BS ID*. Pada Gambar 5.17 menunjukkan grafik *delay* untuk proses *handover* skenario 3.



Gambar 5. 17 Grafik Delay untuk Proses Handover Skenario 3

Gambar 5.17 merupakan hasil grafik *handover delay* pada MS1 dari skenario 3 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Hasil grafik diatas terlihat bahwa ketiga kecepatan gerak memiliki *handover delay* 0.02 sec dan 0.025 sec, dimana dapat dikatakan bahwa *delay* untuk VoIP termasuk katagori baik karena kurang dari 150 msec / 0.15 sec. Gambar 5.18 merupakan grafik *traffic sent* secara global.



Gambar 5. 18 Grafik *Traffic sent* Skenario 3

Gambar 5.18 merupakan grafik *traffic sent* pada skenario 3 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. *Traffic sent* pada *codec* PCM stabil pada 62 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* ACELP stabil pada 20 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* MP-MLQ stabil pada 156 *packets/sec*. Dari Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 terlihat bahwa *handover delay* tidak mempengaruhi proses pengiriman VoIP.

5.4.4 Scanning untuk Proses Handover

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil aktifitas *scanning* interval dari MS terhadap BS pada saat melakukan proses *handover*. Pengujian *scanning* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* dan parameter WiMAX *mobility scanning interval activity* yang dilakukan tiap MS. Parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* digunakan untuk mengetahui seberapa besar pesan MOB_NBR_ADV yang dapat diterima TBS tujuan. Pesan MOB_NBR_ADV bertujuan untuk SBS pada waktu-waktu tertentu mengirimkan informasi topologi dari BS terdekat yang berpotensi untuk *handover*.

Pada ketiga *codec* dengan kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam, dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km, menunjukkan pesan MOB_NBR_ADV yang diterima TBS2 sama yaitu sekitar 13000 *bits/sec*. FS1 dan MS1 terlihat bahwa waktu *scanning* yang dibutuhkan oleh TBS kurang dari satu detik. Untuk lebih jelasnya terdapat contoh data proses *scanning* pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Tabel Waktu *Scanning* FS 1 Skenario 3

Waktu (detik)	Nilai <i>Scanning</i> (FS1)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 4.405	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan
4.435	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
4.44	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan

4.445	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
4.45	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
4.455	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
4.46	0	0	0	operasi biasa
15.485	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan

FS1 dan MS1 untuk ketiga kecepatan gerak juga memiliki waktu *scanning* yang sama. Pada Tabel 5.9 menunjukkan waktu *scanning* MS 1 untuk ketiga kecepatan gerak.

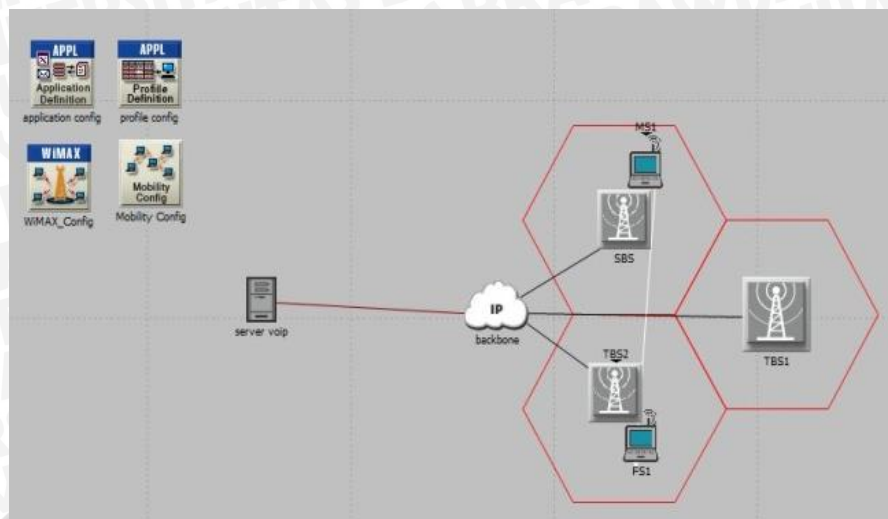
Tabel 5. 9 Tabel Waktu *Scanning* MS 1 Skenario 3

Waktu (detik)	Nilai <i>Scanning</i> (MS1)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 5.005	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan
5.035	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
5.04	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
5.045	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
5.05	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
5.055	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
5.06	0	0	0	operasi biasa
16.085	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan

Dari ketiga kecepatan gerak yang menempuh jarak 3,3 km dapat dilihat bahwa FS1 dan MS1 sama sama memiliki pesan MOB_NBR_ADV yang bernilai sekitar 13000 *bits/sec*. Kemudian untuk proses *scanning* antara FS1 dan MS1 berbeda karena MS1 memiliki tujuan ke TBS2 sedangkan FS1 tetap berada pada SBS.

5.5 Satu *Mobile Node* Mendekati Satu *Fixed Node*

Pada sub bab ini berisi analisis hasil yang dilakukan pada skenario empat, dimana setiap skenario mempunyai variabel kontrol yaitu variasi *codec* dan variasi kecepatan. Skenario ini terdapat satu MS yang menjauhi satu FS, dimana MS berjalan menuju TBS2 dan posisi FS berada pada TBS2. Penelitian fokus untuk mengetahui hasil dari skenario dengan *codec* yang sama namun berbeda kecepatan geraknya. Gambar 5.19 merupakan gambaran skenario satu *mobile node* mendekati satu *fixed node*.

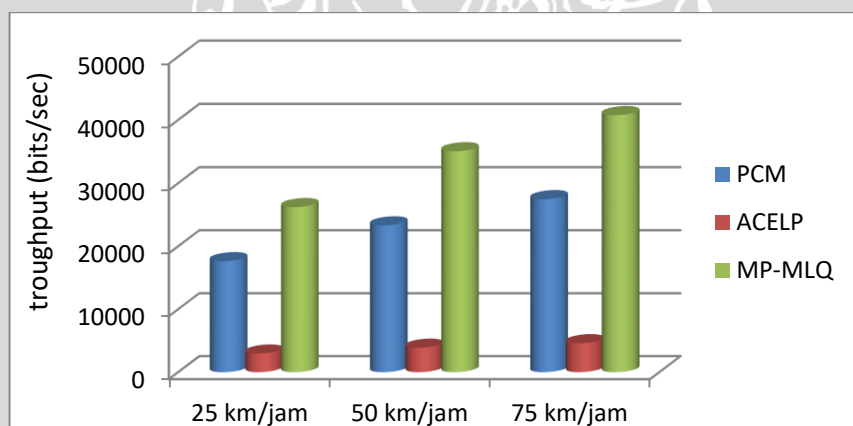


Gambar 5. 19 Skenario Satu Mobile Node Mendekati Satu Fixed Node

Sumber : Perancangan

5.5.1 Throughput

Throughput merupakan salah satu ukuran performansi suatu jaringan untuk proses pengiriman data. Untuk pengujian *throughput* dilakukan pengujian parameter *throughput* dan parameter *serving BS ID*. Pada Gambar 5.20 merupakan grafik analisis hasil *throughput* skenario 4.



Gambar 5. 20 Grafik *Throughput* Skenario 4

Gambar 5.20 menjelaskan hasil *throughput* pada skenario 4 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *throughput* dari FS1 dan MS1. *Throughput* pada ketiga *codec* dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat semakin besar kecepatan maka semakin besar nilai *throughput*. Untuk perpindahan yang terjadi pada MS1 dapat terlihat pada Tabel 5.10.

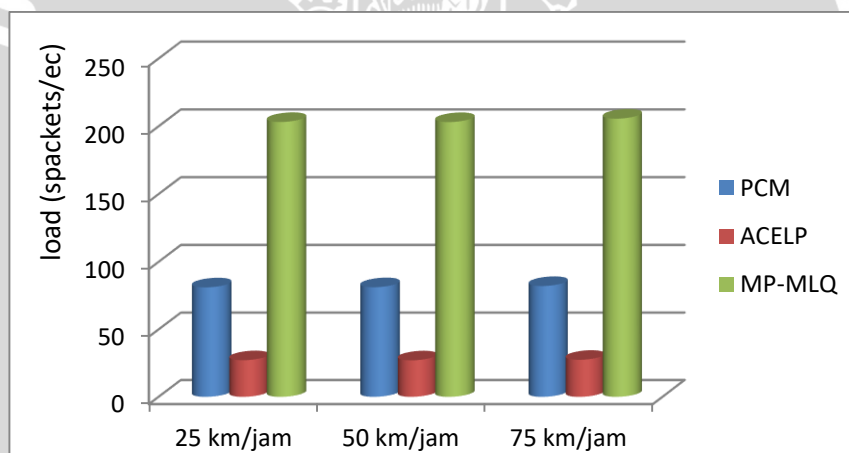
Tabel 5. 10 Tabel Waktu Terjadinya Perpindahan Skenario 4 (sec)

	MS1 25 km/jam	MS1 50 km/jam	MS1 75 km/jam
PCM	230.3602	115.8302	77.6852
ACELP	230.3602	115.8252	77.6852
Mp-MLQ	230.3552	115.8252	77.6852

Tabel 5.10 menjelaskan *serving* BS ID atau dapat dikatakan waktu terjadinya perpindahan dari SBS menuju TBS2. Terlihat pada ketiga *codec* untuk MS1 perpindahan pada tiga kecepatan sama. Dari Gambar 5.20 dan Tabel 5.10 dapat terlihat bahwa pada ketiga *codec* semakin besar kecepatan gerak maka semakin besar nilai *throughput* dan semakin besar kecepatan gerak maka semakin cepat perpindahan SBS menuju TBS2.

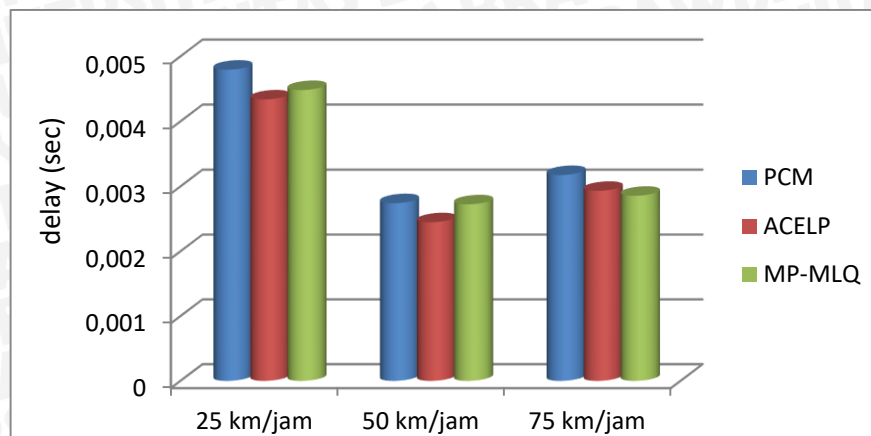
5.5.2 Load

Total beban data meliputi transmisi paket data dari VoIP. Untuk pengujian *load* / beban data dilakukan pengujian parameter *delay* secara global dan parameter *load* secara global. Pada Gambar 5.21 merupakan grafik *load* skenario 4.



Gambar 5. 21 Grafik Load Global Skenario 4

Gambar 5.21 merupakan grafik *load* yang terjadi pada skenario 4 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Grafik ini didapatkan dari rata-rata *load*. *Load* pada *codec* PCM dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 81 *packets/sec*. *Load* pada *codec* ACELP dengan kecepatan 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam terlihat stabil sekitar 27 *packets/sec*. *Load* pada *codec* MP-MLQ pada kecepatan 50 km/jam merupakan *load* tertinggi yaitu 203 *packets/sec*. Untuk *delay* yang terjadi pada ketiga kecepatan terdapat pada Gambar 5.22.

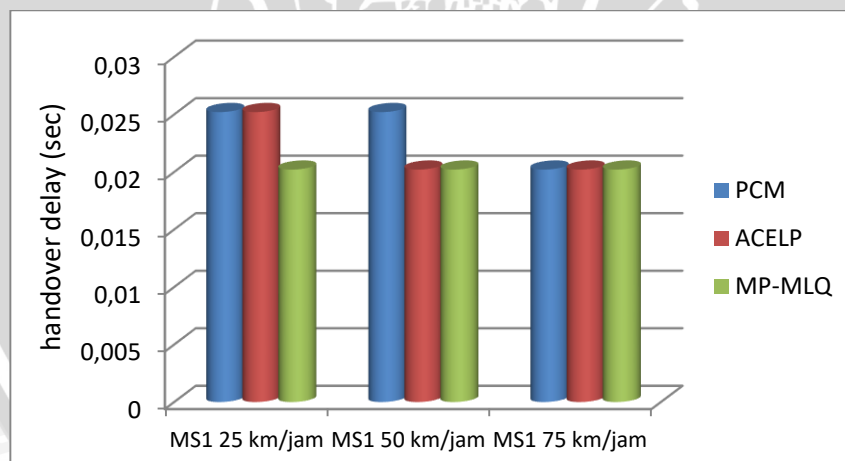


Gambar 5. 22 Grafik Delay Global Skenario 4

Gambar 5.22 merupakan grafik *delay* (global) dari skenario 4 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dari Grafik diatas terlihat bahwa ketiga *codec* pada kecepatan 50 km/jam memiliki *delay* terendah diantara kedua kecepatan gerak lainnya.

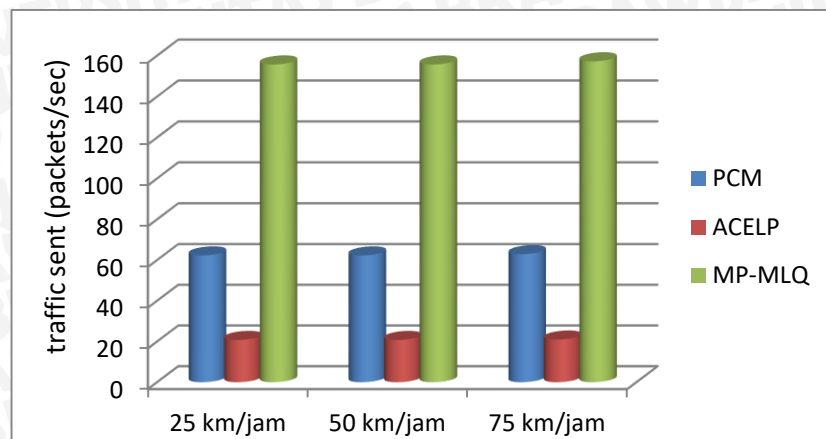
5.5.3 Delay untuk Proses Handover

Delay merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan performansi dari suatu sistem. Untuk pengujian *delay* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter *voice traffic sent* secara global, parameter *handover delay* dan parameter *serving BS ID*. Pada Gambar 5.23 menunjukkan grafik *delay* untuk proses *handover* skenario 4.



Gambar 5. 23 Grafik Delay untuk Proses Handover Skenario 4

Gambar 5.23 merupakan hasil grafik *handover delay* pada MS1 dari skenario 4 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. Hasil grafik diatas terlihat bahwa ketiga kecepatan gerak memiliki *handover delay* 0.02 sec dan 0.025 sec, dimana dapat dikatakan bahwa *delay* untuk VoIP termasuk katagori baik karena kurang dari 150 msec / 0.15 sec. Gambar 5.24 merupakan grafik *traffic sent* secara global.



Gambar 5. 24 Grafik *Traffic sent* Skenario 4

Gambar 5.24 merupakan grafik *traffic sent* pada skenario 4 dengan variabel *codec* PCM, ACELP dan MP-MLQ. Dimana ketiga *codec* memiliki kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km. *Traffic sent* pada *codec* PCM stabil pada 62 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* ACELP stabil pada 20 *packets/sec*. *Traffic sent* pada *codec* MP-MLQ stabil pada 155 *packets/sec*. Dari Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 terlihat bahwa *handover delay* tidak mempengaruhi proses pengiriman VoIP.

5.5.4 Scanning untuk Proses Handover

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil aktifitas *scanning* interval dari MS terhadap BS pada saat melakukan proses *handover*. Pengujian *scanning* untuk proses *handover* dilakukan pengujian parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* dan parameter WiMAX *mobility scanning interval activity* yang dilakukan tiap MS. Parameter WiMAX *mobility neighbor advertisement received* digunakan untuk mengetahui seberapa besar pesan MOB_NBR_ADV yang dapat diterima TBS tujuan. Pesan MOB_NBR_ADV bertujuan untuk SBS pada waktu-waktu tertentu mengirimkan informasi topologi dari BS terdekat yang berpotensi untuk *handover*.

Pada ketiga *codec* dengan kecepatan gerak 25 km/jam, 50 km/jam, dan 75 km/jam yang menempuh jarak 3,3 km, menunjukkan pesan MOB_NBR_ADV yang diterima TBS2 sama yaitu sekitar 13000 *bits/sec*. FS1 dan MS1 terlihat bahwa waktu *scanning* yang dibutuhkan oleh TBS kurang dari satu detik. Untuk lebih jelasnya terdapat contoh data proses *scanning* pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Tabel Waktu Scanning FS 1 Skenario 4

Waktu (detik)	Nilai Scanning (FS1)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 4.405	-1	-1	-1	<i>scanning</i> dimatikan
4.435	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan
4.44	1	1	1	<i>scanning</i> berjalan

4.445	1	1	1	scanning berjalan
4.45	1	1	1	scanning berjalan
4.455	1	1	1	scanning berjalan
4.46	0	0	0	operasi biasa
15.485	-1	-1	-1	scanning dimatikan

FS1 dan MS1 untuk ketiga kecepatan gerak juga memiliki waktu *scanning* yang sama. Pada Tabel 5.12 menunjukkan waktu *scanning* MS 1 untuk ketiga kecepatan gerak.

Tabel 5. 12 Tabel Waktu Scanning MS 1 Skenario 4

Waktu (detik)	Nilai Scanning (MS1)			Keterangan
	25 km/jam	50 km/jam	75 km/jam	
0 sampai 5.005	-1	-1	-1	scanning dimatikan
5.035	1	1	1	scanning berjalan
5.04	1	1	1	scanning berjalan
5.045	1	1	1	scanning berjalan
5.05	1	1	1	scanning berjalan
5.055	1	1	1	scanning berjalan
5.06	0	0	0	operasi biasa
16.085	-1	-1	-1	scanning dimatikan

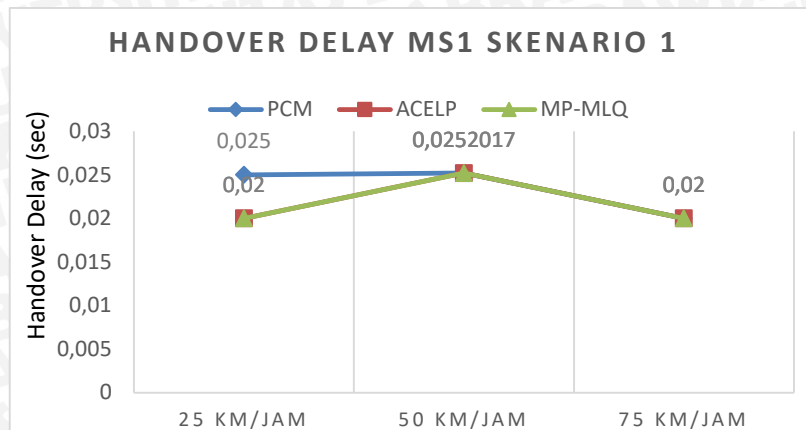
Dari ketiga kecepatan gerak yang menempuh jarak 3,3 km dapat dilihat bahwa FS1 dan MS1 sama sama memiliki pesan MOB_NBR_ADV yang bernilai sekitar 13000 *bits/sec*. Kemudian untuk proses *scanning* antara FS1 dan MS1 berbeda karena MS1 memiliki tujuan ke TBS2 sedangkan FS1 tetap berada pada TBS2.

5.6 Analisis Hasil Pengujian *Handover Delay*

Sub bab ini menjelaskan hasil dari skenario yang telah dilakukan, yaitu *handover delay* yang terjadi pada setiap *mobile node*. Dari hasil ini dapat menjelaskan bagaimana *handover delay* yang terjadi setiap *codec* dengan kecepatan gerak yang berbeda. Berikut hasil dari setiap skenario :

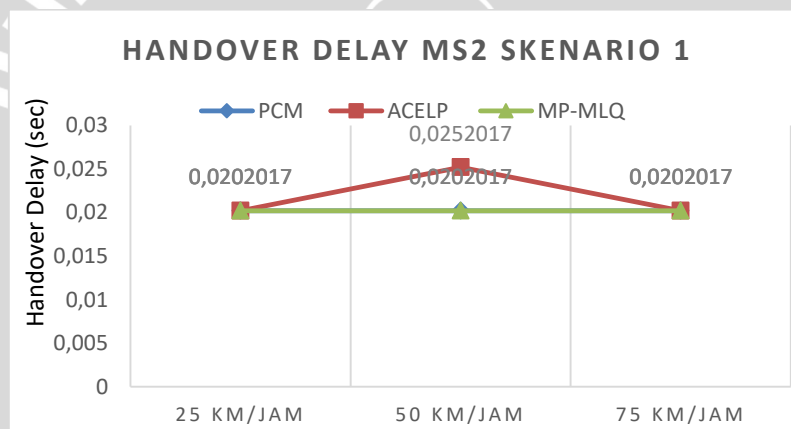
1. Skenario 1

Pada skenario 1 untuk MS1 dapat terlihat bahwa pada kecepatan gerak 25 km/jam *handover delay codec* PCM mencapai 0.025 *sec* sedangkan pada *codec* ACELP dan MP-MLQ mencapai 0.02 *sec*. Pada kecepatan gerak 50 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.0252 *sec*. Pada kecepatan gerak 75 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.02 *sec*. Gambar 5.25 merupakan grafik *handover delay* MS1 dari skenario 1.



Gambar 5. 25 Grafik Handover delay MS1 Skenario 1

Pada Gambar 5.25 terlihat bahwa pada ketiga *codec* kecepatan 75 km/jam *handover delay* yang terjadi yaitu 0.02 sec dan juga semakin besar kecepatan gerak semakin kecil *delay* yang terjadi. Pada Gambar 5.26 merupakan grafik *handover delay* MS2 pada skenario 1.



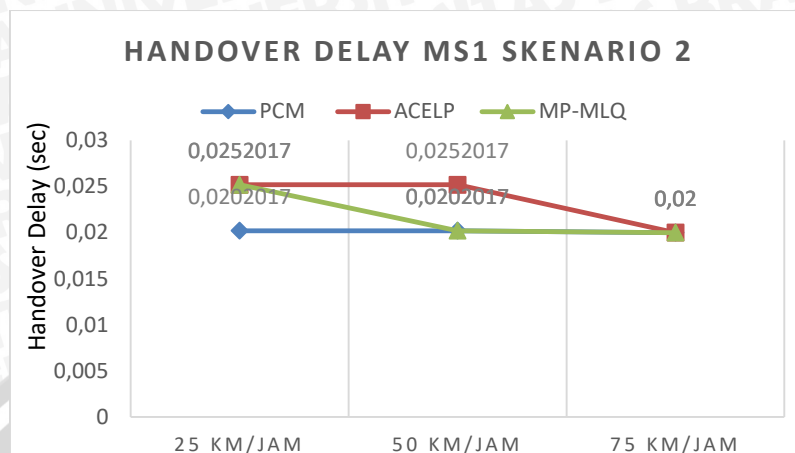
Gambar 5. 26 Grafik Handover delay MS2 Skenario 1

Gambar 5.26 merupakan grafik *handover delay* MS2 skenario 1. Pada kecepatan gerak 25 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.0202 sec. Pada kecepatan gerak 50 km/jam *handover delay* *codec* PCM dan Mp-MLQ mencapai 0.0202 sec sedangkan *codec* ACELP mencapai 0.0252 sec. Pada kecepatan gerak 75 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.0202 sec. Jadi, pada ketiga *codec* kecepatan 75 km/jam *handover delay* yang terjadi yaitu 0.0202 sec dan juga semakin besar kecepatan gerak semakin kecil *delay* yang terjadi.

2. Skenario 2

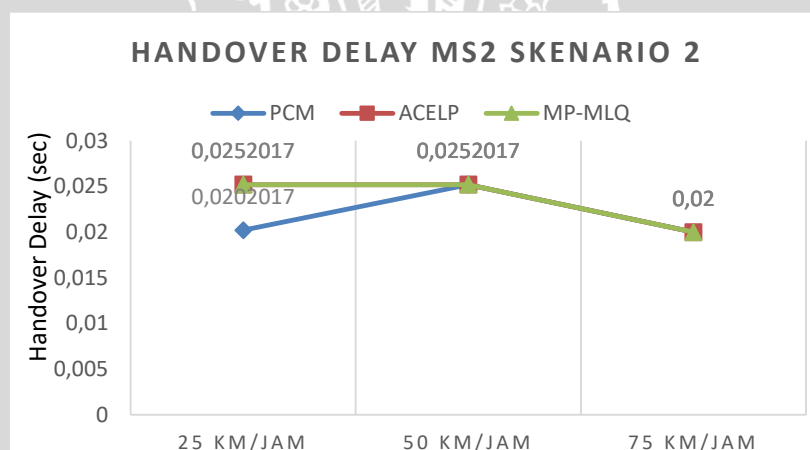
Pada skenario 2 untuk MS1 dapat terlihat bahwa pada kecepatan gerak 25 km/jam *handover delay* *codec* PCM mencapai 0.0202 sec sedangkan pada *codec* ACELP dan MP-MLQ mencapai 0.0252 sec. Pada kecepatan gerak 50 km/jam *handover delay* *codec* PCM dan MP-MLQ mencapai 0.0202 sec sedangkan *codec* ACELP mencapai 0.0252 sec. Pada kecepatan gerak 75 km/jam *handover delay*

ketiga *codec* mencapai 0.02 sec. Gambar 5.27 merupakan grafik *handover delay* MS1 dari skenario 2.



Gambar 5. 27 Grafik *Handover delay* MS1 Skenario 2

Gambar 5.27 terlihat bahwa pada ketiga *codec* kecepatan 75 km/jam *handover delay* yang terjadi yaitu 0.02 sec dan juga semakin besar kecepatan gerak semakin kecil *delay* yang terjadi. Pada Gambar 5.28 merupakan grafik *handover delay* MS2 pada skenario 2.



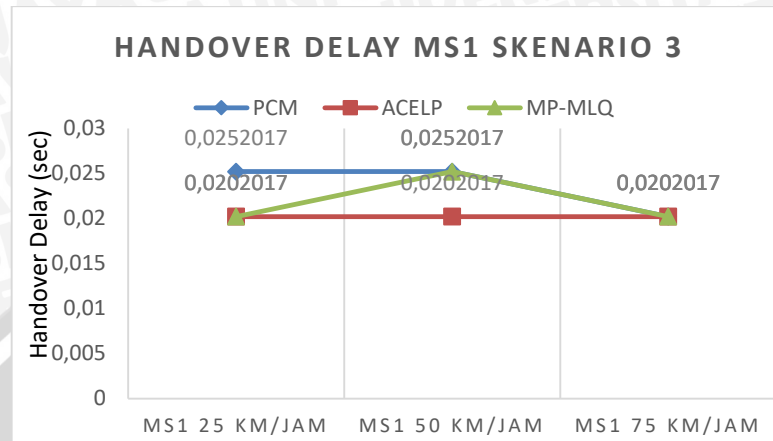
Gambar 5. 28 Grafik *Handover delay* MS2 Skenario 2

Gambar 5.28 merupakan grafik *handover delay* MS2 skenario 2. Pada kecepatan gerak 25 km/jam *handover delay* *codec* PCM mencapai 0.0202 sec sedangkan *codec* ACELP dan MP-MLQ mencapai 0.0252 sec. Pada kecepatan gerak 50 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.0252 sec. Pada kecepatan gerak 75 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.02 sec. Jadi, pada ketiga *codec* kecepatan 75 km/jam *handover delay* yang terjadi yaitu 0.02 sec dan juga semakin besar kecepatan gerak semakin kecil *delay* yang terjadi.

3. Skenario 3

Pada skenario 3 untuk MS1 dapat terlihat bahwa pada kecepatan gerak 25 km/jam *handover delay* *codec* PCM mencapai 0.0252 sec sedangkan pada *codec* ACELP dan MP-MLQ mencapai 0.0202 sec. Pada kecepatan gerak 50 km/jam

handover delay codec PCM dan MP-MLQ mencapai 0.0252 sec sedangkan *codec* ACELP mencapai 0.0202 sec. Pada kecepatan gerak 75 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.0202 sec. Gambar 5.29 merupakan grafik *handover delay* MS1 dari skenario 3.

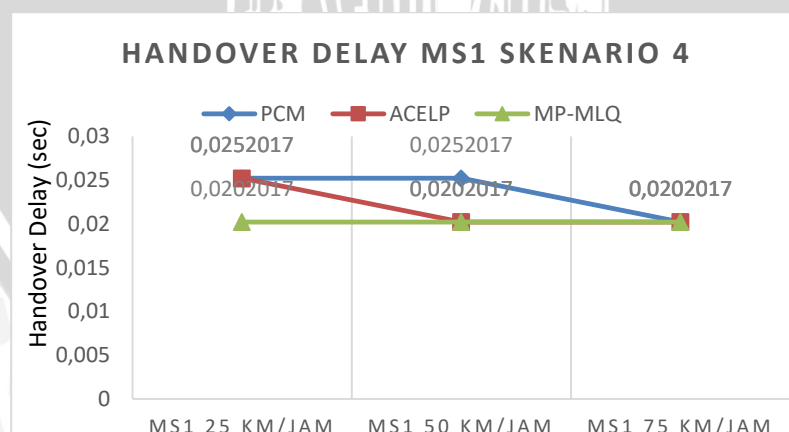


Gambar 5. 29 Grafik *Handover delay* MS1 Skenario 3

Gambar 5.29 terlihat bahwa pada ketiga *codec* kecepatan 75 km/jam *handover delay* yang terjadi yaitu 0.0202 sec dan juga semakin besar kecepatan gerak semakin kecil *delay* yang terjadi.

4. Skenario 4

Pada skenario 3 untuk MS1 dapat terlihat bahwa pada kecepatan gerak 25 km/jam *handover delay codec* PCM dan ACELP mencapai 0.0252 sec sedangkan pada *codec* MP-MLQ mencapai 0.0202 sec. Pada kecepatan gerak 50 km/jam *handover delay codec* PCM mencapai 0.0252 sec sedangkan *codec* ACELP dan MP-MLQ mencapai 0.0202 sec. Pada kecepatan gerak 75 km/jam *handover delay* ketiga *codec* mencapai 0.0202 sec. Gambar 5.30 merupakan grafik *handover delay* MS1 dari skenario 4.



Gambar 5. 30 Grafik *Handover delay* MS1 Skenario 4

Gambar 5.30 terlihat bahwa pada ketiga *codec* kecepatan 75 km/jam *handover delay* yang terjadi yaitu 0.0202 sec dan juga semakin besar kecepatan gerak semakin kecil *delay* yang terjadi.

BAB 6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Analisis Performansi *Handover* WiMAX pada Layanan VoIP telah dilakukan simulasi menggunakan software OPNET Modeler 14.5v. Simulasi terdiri dari empat skenario, yaitu dua *mobile node* saling menjauh, dua *mobile node* saling mendekat, satu *mobile node* menjauhi satu *fixed node* dan satu *mobile node* mendekati satu *fixed node*. Ke empat skenario memiliki variabel kontrol, yaitu variabel *codec* dan variabel kecepatan gerak. Variabel *codec* yang digunakan adalah PCM, ACELP dan MP-MLQ. Variabel kecepatan gerak yang digunakan adalah 25 km/jam, 50 km/jam dan 75 km/jam. Pengujian dilakukan dalam waktu 5 menit.

Analisis dari pengujian ada 2 yaitu analisis menurut peneliti sebelumnya, yaitu analisis *throughput*, *load* jaringan *Mobile* WiMAX, *delay* yang dibutuhkan jaringan *Mobile* WiMAX untuk melakukan proses *handover* dan *scanning* yang dibutuhkan untuk proses *handover* pada jaringan *Mobile* WiMAX. Analisis ke dua yaitu analisis *handover delay* yang terjadi pada ke empat skenario. Hasil dari analisis menurut peneliti sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Parameter *throughput* pada skenario 1 dan 3 stabil sedangkan pada skenario 2 dan 4 *throughput* semakin besar bersamaan dengan semakin besar kecepatan gerak. Untuk parameter *serving* BS ID, semakin besar kecepatan maka semakin cepat MS melakukan perpindahan dari SBS menuju TBS.
2. Parameter *load* (global) pada ke empat skenario stabil, ketiga kecepatan gerak memiliki nilai *load* yang sama sesuai dengan *codec*nya. Parameter *delay* (global) pada skenario ke dua memiliki nilai yang bagus karena semakin besar kecepatan gerak maka semakin kecil *delay* yang terjadi, namun *delay* (global) dari ke empat skenario kurang dari 150 msec / 0.15 sec yang artinya *delay* masih dalam katagori bagus.
3. Parameter *delay* untuk proses *handover*, pada ke empat skenario terlihat bahwa *handover delay* tidak mempengaruhi proses pengiriman VoIP.
4. Parameter *scanning*, pada ke empat skenario *scanning* berjalan kurang dari 1 detik.

Hasil dari analisis ke dua adalah *handover delay* dari 4 skenario, dimana pada ke empat skenario membuktikan ketiga *codec* dengan kecepatan gerak 75 km/jam mencapai *delay* lebih rendah dibandingkan kecepatan gerak lainnya. Hal ini karena pada kecepatan 75 km/jam MS lebih cepat untuk melakukan perpindahan SBS menuju TBS dibandingkan dua kecepatan lainnya. Ketiga *codec* dengan tiga kecepatan gerak dikatakan baik karena *delay* yang terjadi adalah

0.02 sec, 0.0202 sec dan 0.025 sec. VoIP dikatakan bagus jika *delay* kurang dari 150 msec/ 0.15 sec. Jadi, semakin cepat kecepatan gerak maka semakin stabil *delay* yang terjadi saat *handover*. Dari ketiga *codec* dapat terlihat bahwa *codec* MP-MLQ merupakan *codec* terbaik. Sebagai sampel dapat terlihat pada skenario 1 dimana nilai *throughput*, *load* dan *traffic sent* memiliki nilai tertinggi dan pada *delay (global)* terjadi *delay* tertinggi pada kecepatan 25 km/jam. Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat dibuktikan bahwa *handover delay* WiMAX pada layanan VoIP yang terjadi masih dikatakan baik sesuai dengan standarisasi *delay* versi TIPHON.

6.2 Saran

Analisis Performansi *Handover* WiMAX pada Layanan VoIP masih terdapat banyak kekurangan. Saran yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Skenario dapat ditambahkan MS dan FS untuk melihat perbandingan dengan hasil penelitian ini, sehingga dapat memperoleh hasil pengujian yang lebih baik.
2. Skenario dapat ditambahkan TBS yang dilewati untuk melihat perbandingan dengan hasil penelitian ini, sehingga dapat memperoleh hasil pengujian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Syed, Mohammad Ilyas. 2008. *WiMAX Application*. Taylor and Francis Group LLC.
- Arif Ahmad, Fitriawan Helmy & Komarudin Muhamad. 2012. *Simulasi Dan Analisa Scheduling Service Class Pada Jaringan WiMAX Menggunakan Opnet Modeler*. Universitas Lampung.
- Arpan Mandal. 2008. *Mobile WiMAX : Pre-Handover Optimization Using Hybrid Base Station Selection Procedure*. University of Canterbury.
- Bachtiar Yudha, Santoso Imam & Zahra Ajub Ajulian. 2014. *Evaluasi Kinerja Tahapan Handover Pada Pengguna Tunggal Layanan FTP Jaringan Mobile WiMAX (IEEE 802.16e)*. Universitas Diponegoro Semarang.
- F. Rizki Sepasthika. 2015. *Analisa Kinerja Real-Time Transport Protocol dan Real-Time Transport Control Protocol pada VoIP Menggunakan Codec GSM dan G.711*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Firdaus, Nuraini Etika & Setiawan Hendra. 2013. *Performance Evaluation of VoIP and Video Streaming Over WiMAX IEEE 802.16d and 802.16e*. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- Goode, Bur. 2002. *Voice over Internet Protocol (VoIP)*.
- Herwidyawan Adyoso. 2007. *Pengujian Performansi VoIP Pada Jaringan WiMAX (Worldwide Interoperability For Microwave Access)*. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung.
- Linggar Leopold. 2010. *Analisa Optimasi Tahapan Handover NTAP dan AHP pada Mobile WiMAX (IEEE 802.16E) untuk Layanan VoD*. Universitas Indonesia.
- Pramandana Sahada. 2012. *Performansi VoIP (Voice Over Internet Protocol) Melalui Mobile WiMAX 802.16e Menggunakan Opnet Modeler v.14.5*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Sabiq Muhammad Wildan Aula, Santoso Imam & Zahra Ajub Ajulian. 2014. *Analisis Kinerja Handover pada Jaringan Komunikasi Seluler UMTS Menggunakan Opnet*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Shaikh Fatema Sabeen. 2010. *Intelligent Proactive Handover and QoS Management using TBVH in Heterogeneous Networks*. United Kingdom.
- Tharom Tabratas & Purbo Onno W. 2001. *Teknologi VoIP (Voice Over Internet Protocol)*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- Wattimena Gysberth Maurits. 2012. *Analysis performance VoIP Codecs over WiMAX Access Network*. University of Information Technologies Mechanics and Optics, Saint Petersburg Rusia.
- Yanto. 2014, "Analisis QOS (Quality Of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura)".