

## Analisa Metode Handover Pada Jaringan WiMAX

Murhaban\*<sup>1</sup>, Ahmad Ashari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, F.Teknik, Universitas Teuku Umar

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: \*<sup>1</sup>murhabani@gmail.com , <sup>2</sup>ashari@ugm.ac.id

### Abstrak

Metode Handover digunakan untuk mempertahankan koneksi tetap terjaga. Hal tersebut berkaitan dengan performansi dikarenakan proses pengalihan kanal trafik secara otomatis pada mobile station untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan. Faktor utama keberhasilan dalam melakukan handover terletak pada quality of service yang menyediakan tingkat jaminan layanan berbeda-beda dalam mengatur dan memberikan prioritas trafik pada jaringan seperti aplikasi voice over IP (VoIP) atau komunikasi voice memanfaatkan jaringan internet.

Penelitian ini menganalisis kinerja quality of service pada jaringan WiMAX standar 802.16e menggunakan metode hard handover dan soft handover dengan aplikasi VoIP pada mobile station.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan untuk metode hard handover dan metode soft handover menggunakan aplikasi voice over internet protocol pada mobile station. Diperoleh hasil dengan nilai jitter 0.001 ms – 0.31 ms, dan hasil delay 10,5 ms – 39 ms hal tersebut membuktikan bahwa pengaruh jitter dan delay terhadap handover dengan aplikasi VoIP masih dalam tahapan toleransi yang diizinkan. Berbeda dengan output throughput 85 Bit/detik – 550 Bit/detik terlalu rendah dan mengindikasikan bahwa throughput tidak sensitif terhadap handover dengan aplikasi voice over internet protocol.

**Kata kunci**— Wimax, handover, hard handover, soft handover, VoIP

### Abstract

Handover method is used to keep the stabilization of connection. Its connected with the performance was caused the process canal traffic transfer automatically in mobile station (MS) that was used to communicate without cutting off the connection. The main factor of success in handover was quality of service to provide the difference level of service in arranging and giving the traffic priority in the network like voice over IP (VoIP) application or communication voice using internet network.

This research will analyse the achievement quality of service in the WiMax network standard 802.16e used hard handover and soft handover method with the VoIP application in mobile station.

Based on the testing that was carried out hard handover and soft handover method used the application of voice over internet protocol in mobile station has obtained value jitter 0.001 Ms – 0.31 ms, and delay 10.5 ms 39 ms this is proved that the influence of jitter and delay against handover with the VoIP application still in the tolerance stage that was permitted. It is different with the output throughput 85 Bit/Secon - 550 Bit/Secon that is too low and indicated that throughput is not sensitif against handover with the voice over internet protocol application.

**Keywords**— Wimax, handover, hard handover, soft handover, VoIP

## 1. PENDAHULUAN

**B**roadband wireless access (BWA) dengan teknologi *worldwide interoperability for microwave access (WiMAX)*, merupakan salah satu teknologi akses nirkabel pita lebar (*broadband wireless access* atau disingkat BWA) yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dengan jangkauan yang luas. *WiMAX* sendiri mengacu pada standar yang dikeluarkan oleh *institute of electrical and electronics engineering (IEEE)* yaitu 802.16, standar tersebut terus dikembangkan dengan varian-varian yang memiliki keunggulan pada penggunaan atau kondisi tertentu diantaranya varian 802.16a, 802.16rev.d-2004, dan 802.16e [1].

Dalam perkembangannya terdapat beberapa masalah yang sering terjadi jaringan *WiMAX*. Salah satu diantaranya adalah *handover* (penyerahan) untuk mempertahankan koneksi tetap terjaga dengan menggunakan aplikasi *voice over internet protocol (VoIP)*. Dimana *handover* merupakan hal penting yang berkaitan dengan performansi, dikarenakan proses pengalihan kanal *traffic* secara otomatis pada *mobile station (MS)* yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan [2].

Faktor utama keberhasilan dalam melakukan proses *hard handover* dan *soft handover* dengan aplikasi user *VoIP* terletak pada *quality of service (QoS)*. Tugas dari *QoS* untuk menyediakan tingkat jaminan layanan yang berbeda-beda untuk mengatur dan memberikan prioritas trafik pada jaringan seperti *voice over IP (VoIP)* atau komunikasi *voice* memanfaatkan jaringan internet. Aplikasi tersebut sangat dipengaruhi oleh *jitter* dan *delay*. Sehingga tujuan akhir dari *QoS* untuk memberikan *network service* yang lebih baik dan terencana dengan *dedicated bandwidth*, *jitter* dan *latency* yang terkontrol dan meningkatkan *loss* karakteristik [3].

Kestabilan dalam memberikan *quality of service* untuk layanan *VoIP* merupakan suatu tantangan yang besar untuk komunikasi berbasis *IP* dan *internet* secara keseluruhan, di mana *QoS* seharusnya dapat membantu *end user (client)* menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa *user* mendapatkan performansi yang baik. Dengan *service class* yang disediakan *QoS* yaitu *unsolicited grant service (UGS)*, *real time polling service (RTPS)*, *non real time polling service (nRTPS)*, *extended real-time polling service (ertPS)* dan *best effort (bE)* [4].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini akan merancang sebuah model jaringan *WiMAX* dan mensimulasikannya. *Node-node* yang akan di implementasikan yaitu *server*, *IP backbone*, *base station*, dan *mobile station (user)*. Dimana fungsi dan peran masing-masing *node* tersebut dalam mengirim dan menerima paket data akan sangat berpengaruh pada hasil yang akan di dapat, berikut fungsi dari setiap *node* yang dirancang.

#### A. Server

Untuk memberikan paket data sesuai dengan permintaan layanan dari *service voice over internet protocol*, yang selanjutnya paket data sebesar 64 Kbps (standar G.711) akan dikirim untuk melayani permintaan layanan *voice over internet protocol* ketika melakukan mobiltasnya [5].

#### B. Backbone

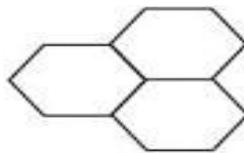
Sebagai perantara atau penghubung antara *server* dan *base station*, agar kedua *node* tersebut dapat berkomunikasi dalam mengirim paket data, serta dapat berkomunikasi untuk melakukan perintah-perintah ketika *mobile* melakukan *handover*.

C. Peran *base station* sebagai pengirim dan penerima (*transceiver*) sinyal komunikasi dari/ke *MS* yang menyediakan *radio interface* antara *MS*, karena fungsinya sebagai *transceiver*, maka bentuk fisik sebuah *BS* adalah *tower* dengan dilengkapi antena sebagai *transceiver*

D. *Mobile station* melakukan komunikasi dengan *base station* yang terdiri dari *terminal* yang disebut *mobile equipment* dan pengguna yang disimpan pada kartu *subscriber identity module* (SIM).

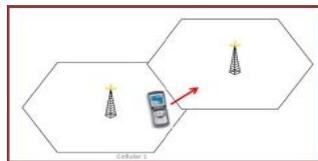
## 2.2. Mobiltas *Mobile Station* dengan Aplikasi VoIP dan Handover

Skenario mobiltas *mobile station* akan dirancang untuk melewati delapan *base station*, dengan *trajectory* (rute) melewati *base station* hanya *one way* (satu arah) sesuai rekomendasi ITU-T [6]. Konsep *cell base station* akan digunakan dengan model *cell hexagonal* dikarenakan *cell hexagonal* dinilai lebih efektif karena sebuah *hexagonal* dibentuk oleh 6 buah segitiga sama sisi. Sehingga jarak sisi-sisinya dan jarak jari-jari selnya akan sama panjang dan dapat mengatasi masalah *blank spot* dan *overlap coverage*, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Bentuk *cell hexagonal*

Mobiltas *mobile station* dimulai dari *servicing BS* dan melewati *BS target* sesuai dengan *trajectory* (rute) yang telah ditentukan. *Trajectory* ini diperlukan agar *mobile station* mengetahui *area* yang harus dilewati, serta akan melakukan *handover* ketika memasuki *area service* sinyal dari *servicing BS* berkurang dan melakukan pengalihan ke *area service* sinyal *BS target*. Hal ini diperlukan agar komunikasi antara *base station* dan *mobile station* dengan aplikasi VoIP tidak terputus seperti pada Gambar 2.

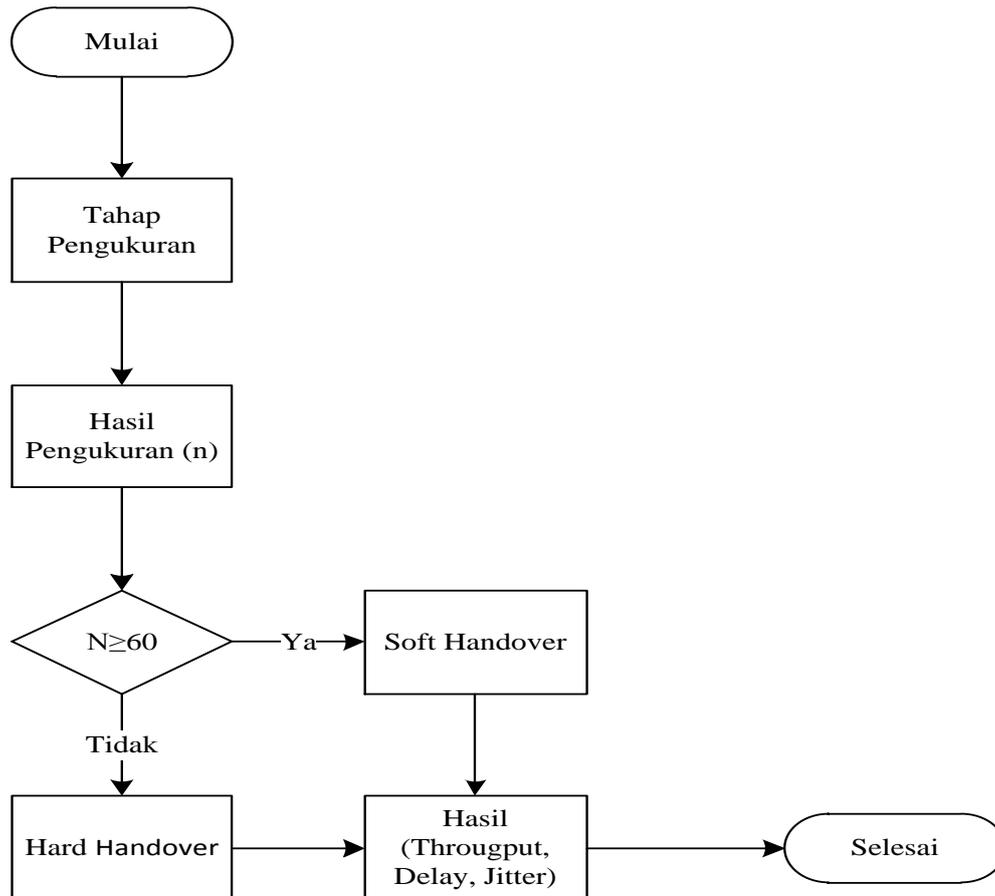


Gambar 2 *Mobile station* melakukan *handover*

Penentuan *handover* ketika *mobile station* melakukan mobiltasnya akan menggunakan dua metode yaitu metode *hard handover* dimana ketika terjadinya peralihan sinyal antara *servicing BS* ke *BS target*, dalam penerapannya *servicing BS* akan memutuskan lebih dahulu komunikasi dengan *mobile station* sebelum *mobile station* membangun komunikasi dengan *BS target* atau dikenal dengan "*break-before-make*". Sedangkan metode *soft handover* ketika melakukan peralihan *service* untuk *mobile station*, *servicing BS* dan *BS target* dapat bekerjasama terlebih dahulu sebelum layanan dari *servicing BS* diputuskan dan metode ini masuk dalam tipe "*make before-break connection*" [2].

Tahap-tahap ketika *mobile station* melakukan mobiltas dan akan terjadinya proses *handover*.

1. Tahap Pengukuran dilakukan untuk mengukur informasi (sinyal) yang dibutuhkan selama *mobile station* (VoIP) melakukan mobiltas (menurut kecepatan dan batasan coverage area), selanjutnya informasi sinyal tersebut diberikan ketahap berikutnya.
2. Tahap Keputusan, hasil pengukuran sebelumnya akan diputuskan apakah *mobile* akan melakukan *handover* atau tidak melakukan *handover*.
3. Tahap Eksekusi, proses *handover* pada tahap ini akan dilakukan dengan menggunakan metode *hard handover* (kecepatan < 60 km/jam) dan metode *soft handover* (kecepatan > 60 km/jam). Sehingga diperoleh hasil throughput, delay dan jitter. Berikut alur sistem *handover* pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan Proses Handover

### 2.3 Rancangan Pengujian

Berdasarkan rumusan masalah Sub Bab I, maka rancangan pengujian dalam penelitian ini akan menggunakan dua metode handover yaitu metode *hard handover* dan *soft handover* dengan aplikasi *user VoIP*. Masing-masing metode akan menggunakan tiga skenario pengujian dan dilakukan hanya sekali jalan (searah) dengan arah berlawanan jarum jam, dan *mobile station* dengan layanan *voice over internet protocol* akan melewati 8 Target BS. Dalam pengujian ini hanya akan menggunakan frekuensi kerja (frekuensi band) 2.5 GHz (lisensi *WiMAX Forum*), dengan *quality of service* yang menggunakan kelas layanan *real time polling service* dimana kelas layanan ini mendukung aliran *service real-time* untuk membangkitkan paket data *variable-size*, efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput*, *delay (latency)* dan *jitter* namun dengan toleransi yang lebih longgar bila dibandingkan dengan *UGS*.

Setiap skenario yang disimulasi menggunakan *simulator OPNET Modeler 14.5 educational*, akan dilakukan *running* berdurasi 20 menit dengan *codec* yang paling umum digunakan untuk aplikasi layanan *voice over internet protocol* yaitu *codec G.711* dan menggunakan *PCM* untuk digitalisasi suara.

Skenario *handover* yang menggunakan metode *hard handover* dan *soft handover* akan divariasikan kecepatan *mobile station* dan jarak jangkauan *base station*. Setiap skenario akan dilakukan pengujian sebanyak tiga kali, dengan pengujian pertama menggunakan satu *user*, pengujian kedua menggunakan 3 *user* dan pengujian terakhir akan menggunakan enam *user*, hal ini diperlukan untuk melihat pengaruh yang akan terjadi untuk hasil akhir, apabila *user* ditambah berikut variasi skenario handover pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Variasi Skenario *Hard Handover*

Kecepatan (Km/jam)	Jarang Antar BS (Km)	Skenario	User		
20	7	1	1	3	6
45	8	2	1	3	6
60	6	3	1	3	6

Tabel 2 Variasi Skenario *Soft Handover*

Kecepatan (Km/jam)	Jarang Antar BS (Km)	Skenario	User		
65	7	1	1	3	6
85	8	2	1	3	6
100	9	3	1	3	6

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur *quality of service* pada jaringan *WiMAX* ketika terjadi handover dengan layanan *mobile station voice over internet protocol*. Hasil yang akan dianalisis yaitu, (1) *throughput* dalam sebuah jaringan *WiMAX* adalah *bandwidth* yang sebenarnya (aktual) yang diukur dengan satuan waktu tertentu dan pada kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk melakukan *transfer* paket dengan ukuran tertentu [7], perhitungannya menggunakan persamaan (1).

$$\text{Throughput} = \frac{\Sigma \text{Paket dikirim (bit)}}{\text{Waktu pengiriman paket (s)}} \text{ bps} \quad (1)$$

(2) *delay* waktu total yang dibutuhkan paket mulai dari dikirim oleh *sender* sampai diterima oleh *receiver*. *Delay* merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas VoIP dan merupakan musuh terbesar dalam suatu jaringan VoIP. Semakin besar *delay* yang terjadi maka akan semakin rendah kualitas VoIP yang dihasilkan [8]. Perhitungannya menggunakan persamaan (2).

$$\text{Delay Rata-rata} = \frac{\text{TotalDelay}}{\text{TotalPaketterima}} \quad (2)$$

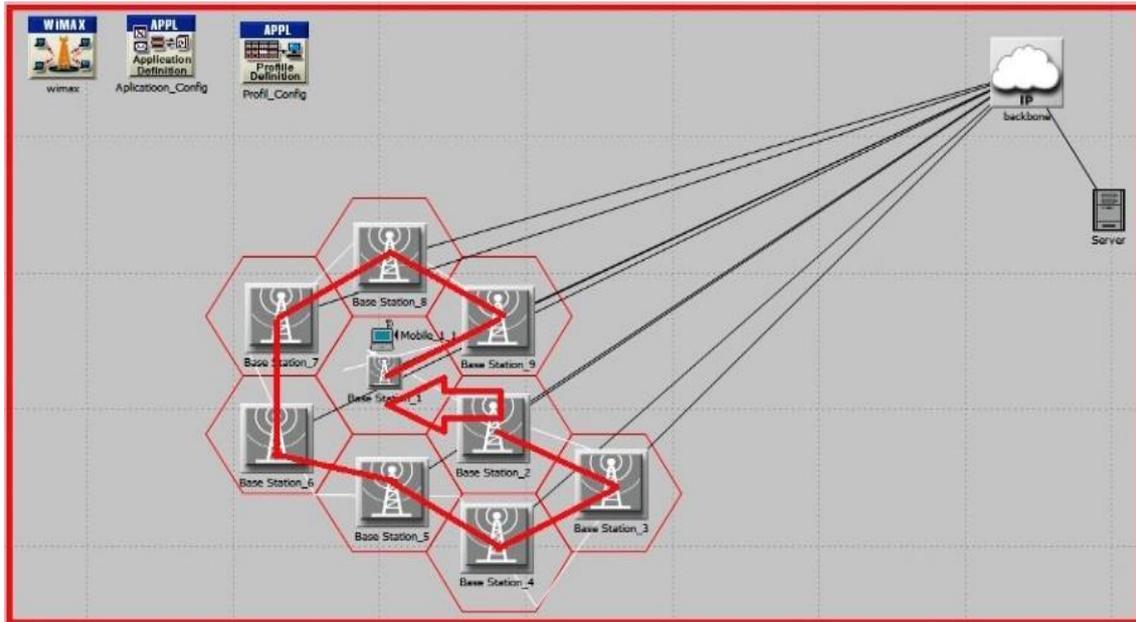
(3) *jitter* *Jitter* merupakan variasi *delay* antar paket yang terjadi pada jaringan IP. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan IP [8], dan perhitungan menggunakan persamaan (3)

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket terima}} \quad (3)$$

#### 2.4 Implementasi

Implementasi sistem pada konfigurasi jaringan *WiMAX*, secara umum dibagi dua bagian yaitu konfigurasi pendukung dan konfigurasi *node*. Dimana konfigurasi pendukung akan mendukung sebuah jaringan dalam mengatur kelas *quality of service* yang digunakan, besaran aliran trafik data yang digunakan, frekuensi kerja, *rangging* ketika *mobile* melakukan mobilitasnya serta pembuatan dan penggunaan aplikasi *voice over internet protocol* pada *mobile station*, hal ini sesuai kebutuhan dari sebuah jaringan.

Konfigurasi *node - node* utama dalam jaringan akan berkomunikasi atau saling berhubungan dalam memberikan layanan secara kontinu, untuk memastikan paket data yang dikirim sesuai dengan permintaan. Dalam berkomunikasi *server*, *backbone*, *base station* dan *mobile station* akan di berikan IP *address*, hal ini diperlukan agar pengiriman paket data akan tertuju sesuai dengan yang diharapkan. Dimana permintaan paket dilakukan ketika *mobile station* pergerakannya dari *serving BS* hingga *BS target* untuk melakukan *handover* disetiap *BS target* yang dilewati satu arah (*one way*) berlawanan jarum jam. Pemilihan *node base station* menggunakan *cell hexagonal* dikarenakan lebih efektif karena dapat mengatasi *blank spot* dan *overlap coverage* dalam sebuah jaringan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Implementasi jaringan WiMAX

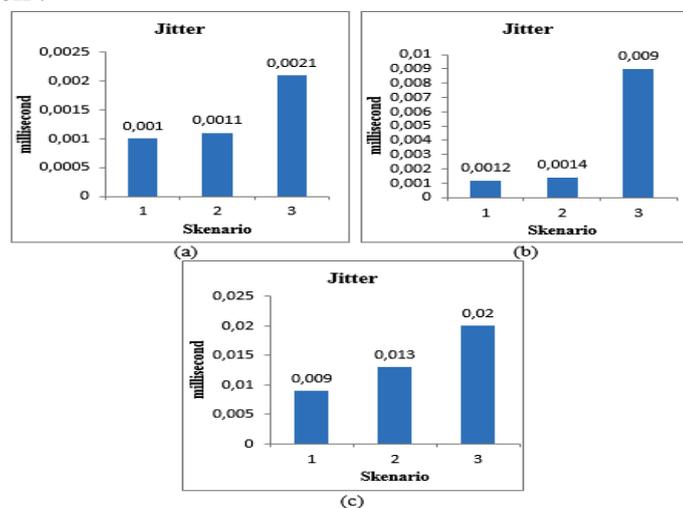
Kecepatan ketika *mobile* melakukan mobilitas disetiap skenario akan dibedakan, dengan perlakuan mem-variasikan kecepatan yang dibutuhkan. Skenario *low mobility* untuk *hard handover* dan *full mobility* untuk *soft handover*. Jarak tempuh antar *base station* juga divariasikan untuk memudahkan prediksi *area handover*. Rute yang akan dilewati oleh *mobile station* akan berlawanan arah jarum jam secara berurutan dalam melewati *base station*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Jitter

##### 3.3.1 Hard handover

Gambar 5 memperlihatkan rata-rata nilai *jitter* pada jaringan WiMAX dengan *user* menggunakan aplikasi *voice over internet protocol*. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, ketika jumlah *user* bertambah akan mengalami peningkatan nilai *jitter*. Hal ini dipengaruhi oleh kepadatan trafik pada jaringan ketika semua *user* aktif melakukan komunikasi dengan aplikasi VoIP.

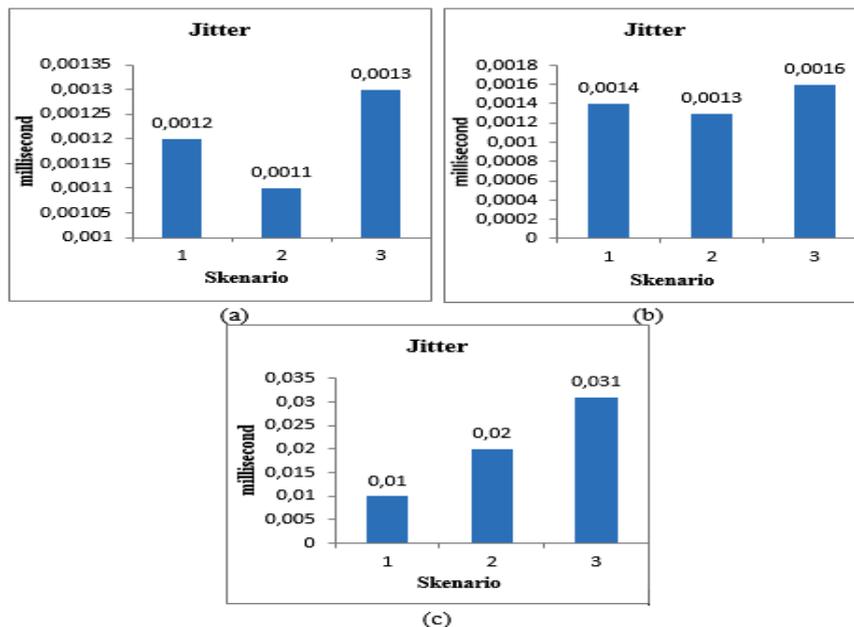


Gambar 5 Jitter Hard Handover : a) 1 User; b) 3 User; c) 6 User

Dengan *running* pengujian 20 menit didapatkan hasil rata-rata pada setiap skenario dengan nilai yang bervariasi dalam rentang indeks ke-3 dan masuk dalam katagori degradasi 0 ms sampai dengan 75 ms. Besaran nilai tertinggi *jitter* terjadi pada skenario ketiga dengan 6 user yaitu 0.02 seperti Gambar 5c. Besaran paket data yang dikirim akan mendapatkan kualitas tinggi (*codec* G.711) dan didukung kelas *service* yang responsif sangat baik untuk aliran trafik *real-time*. Sehingga *sending rate* trafik secara konstan disetiap penambahan beban *user* akan sangat mempengaruhi kualitas *jitter* pada VoIP.

### 3.3.2 Soft Handover

Kinerja jaringan WiMAX ketika *server* mengirim paket data menggunakan bandwidth 64 Kbps. Penggunaan *bandwidth* yang kecil maka *congestion* dalam jaringan akan dapat dihindari sehingga *jitter* dapat ditekan. Gambar 6a memperlihatkan pengaruh *jitter* pada skenario kedua dan terjadi penurunan *jitter* secara signifikan, hal tersebut akibatnya pada pengujian pertama skenario ke-2 terjadi perbedaan interval waktu yang tidak terlalu lama terhadap pengiriman paket data dan kedatangan paket data. Pada Gambar 6c memperlihatkan nilai rata-rata *jitter* dari tiga skenario dengan tiga pengujian, dimana terjadi kenaikan nilai *jitter* hingga 0.031 pada skenario ketiga, yang diakibatkan oleh banyak *user* yang menggunakan aplikasi layanan *voice over internet protocol* secara bersama dalam jaringan yang sama (jaringan WiMAX).



Gambar 6 *Jitter Soft Handover* : a) 1 User; b) 3 User; c) 6 User

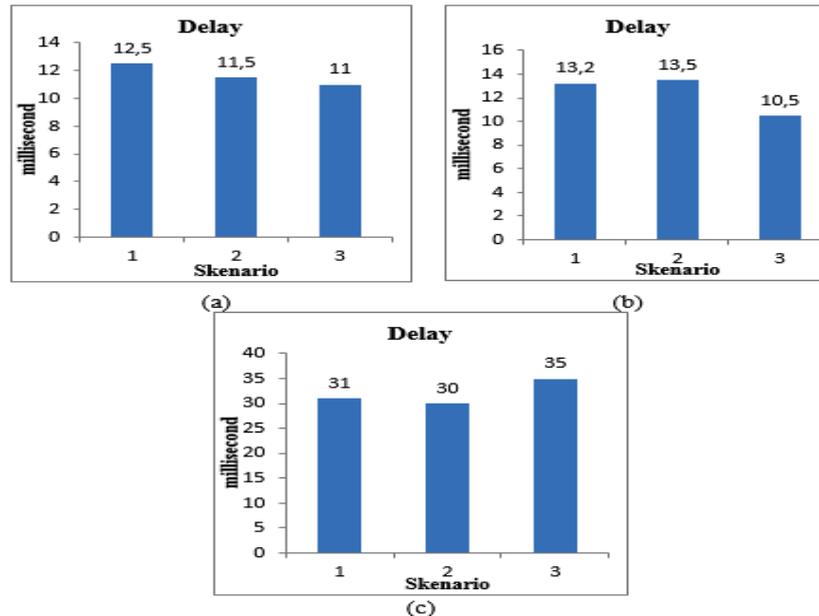
Pengujian dilakukan untuk mendapat nilai *jitter* dilakukan *one way* (satu arah) sesuai rekomendasi ITU-T [5]. Gambar 6 menunjukkan peningkatan nilai *jitter* rata-rata per skenario untuk setiap pengujian, dimana nilai *jitter* tertinggi terdapat pada kecepatan *user* maksimal 100 Km/jam. *Sending rate* data untuk aplikasi *voice over internet protocol* harus selalu kontinu dan konstan, untuk menghindari penurunan *quality of service* yang berakibatkan tidak maksimalnya kualitas aplikasi.

## 3.2 Pengujian Delay

### 3.2.1 Hard handover

Skenario pengujian *hard handover* pada jaringan WiMAX menggunakan *bandwidth* yang rendah, dengan hasil *delay* rata-rata yang diperoleh masih dalam tahapan sangat bagus dimana katagori latensi dengan besaran *delay* < 150 ms. Pada Gambar 7 terjadi peningkatan *delay* yang diakibatkan oleh *propagation delay* dimana transmisi melalui jarak antara pengirim (*server*) dan

penerima (*user*) aktif, diakibatkan variasi jarak antar *base station* (*covarage*) disetiap skenario yang berbeda. *Delay* ketika melakukan *handover* juga diakibatkan oleh *processing delay* saat sistem melakukan *proses coding* atau penggabungan data, *compression*, *decompression* hingga melakukan *decoding* atau menguraikan data yang telah digabungkan. Pada Gambar 7b menampilkan rata-rata *delay* yang terjadi pada pengujian menggunakan metode *hard handover* dengan nilai *delay* minimum pada skenario ketiga pengujian ke-2 dengan besaran *delay* rata – rata 10,5 milli detik dengan 3 *user* aktif.

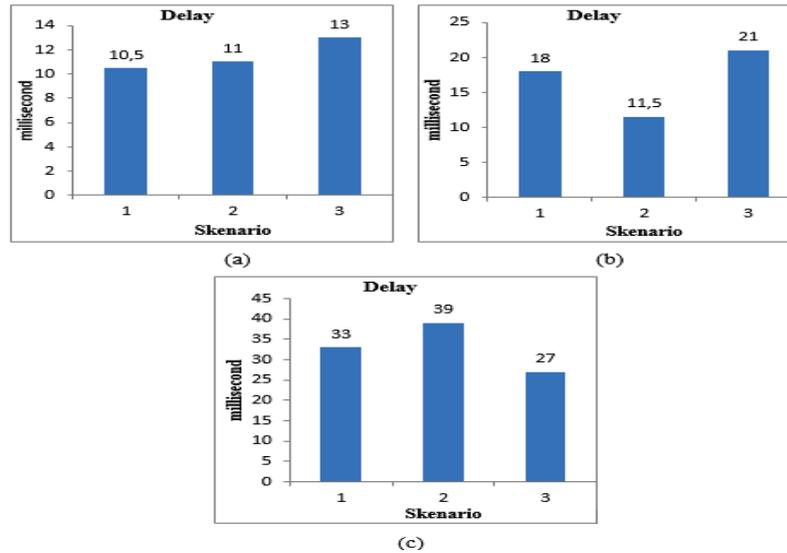


Gambar 7 Delay Hard Handover : a) 1 User; b) 3 User; c) 6 User

Gambar 7c menunjukkan peningkatan *delay* signifikan terjadi kenaikan hingga 35 ms, peningkatan tersebut terjadi akibat bertambahnya beban *user* aktif yang berdampak pada waktu tunggu paket sampai dilayani (*queuing delay*) menjadi terganggu. Gambar 7a menunjukkan *delay* masih dalam tahap yang sangat bagus dengan perubahan rata-rata *delay* disetiap kecepatan 11-12,5 ms. Penggunaan *codec* G.711 dengan proses digitalisasi suara menggunakan PCM akan mempengaruhi nilai *delay* saat paketisasi digital *voice sample* (*paketization delay*) yang pengaruhnya terjadi ketika paket data dikirim melewati jaringan hingga sampai ke *user* sebagai penerima akhir.

### 3.2.2 Soft Handover

Gambar 8a pengujian menggunakan metode *soft handover* pada setiap skenario dengan variasi rata – rata *delay* minimum 10,5 ms terjadi pada skenario pertama, dikarenakan *codec* G.711 dengan beban 1 *user* memiliki performa yang lebih baik sehingga menghasilkan *delay* lebih kecil. Perbedaan *delay* yang signifikan terjadi pada pengujian selanjutnya, ketika penambahan beban *user* dilakukan. Sehingga penambahan *user* tersebut sangat mempengaruhi kualitas *output* yang dihasilkan.

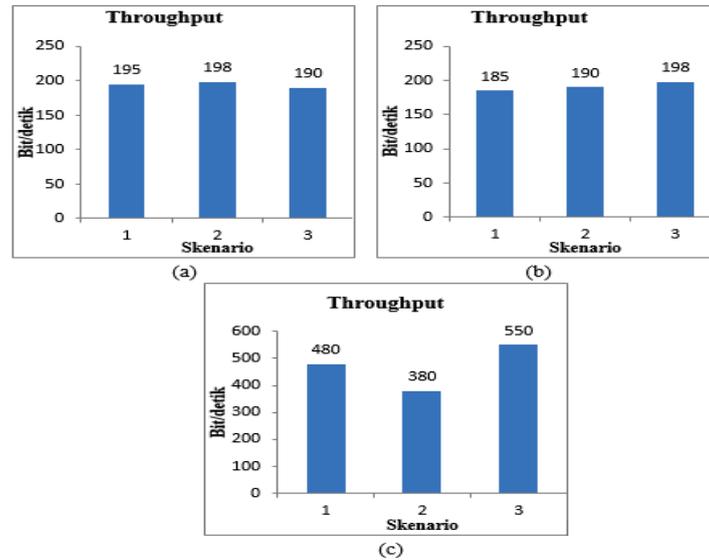


Gambar 8 Delay Soft Handover : a) 1 User; b) 3 User; c) 6 User

Selain penambahan beban *user* kenaikan *delay* yang signifikan terjadi pada Gambar 8c diakibatkan jarak transmisi antara *server* dan *user* (*propagation delay*), karena jarak tempuh yang berbeda antar *base station* ketika *user* melakukan mobilitasnya. *Delay* pada jaringan WiMAX dengan 6 *user* juga diakibatkan karena waktu yang diperlukan untuk proses pembentukan paket dari informasi *user*, yang menyebabkan waktu tunggu paket akan dilayani (*queuing delay*) menjadi lebih lama. Selanjutnya terjadi *delay* yang diakibatkan adanya *buffer* untuk mengatasi *jitter*, ini harus diminimalisasi agar tingkat interaktif dapat dipertahankan, dan menghindari terjadinya jeda yang tidak natural. Gambar 8 menunjukkan nilai rata-rata *delay* 10,5 – 13 (a), 11,5 – 21 (b) dan 27 – 39 (c) masih dibawah nilai maksimum yang direkomendasikan oleh ETSI [9] untuk aplikasi suara yaitu 150 ms, dan masih bisa diterima pengguna hingga 250 ms.

### 3.3 Pengujian Throughput

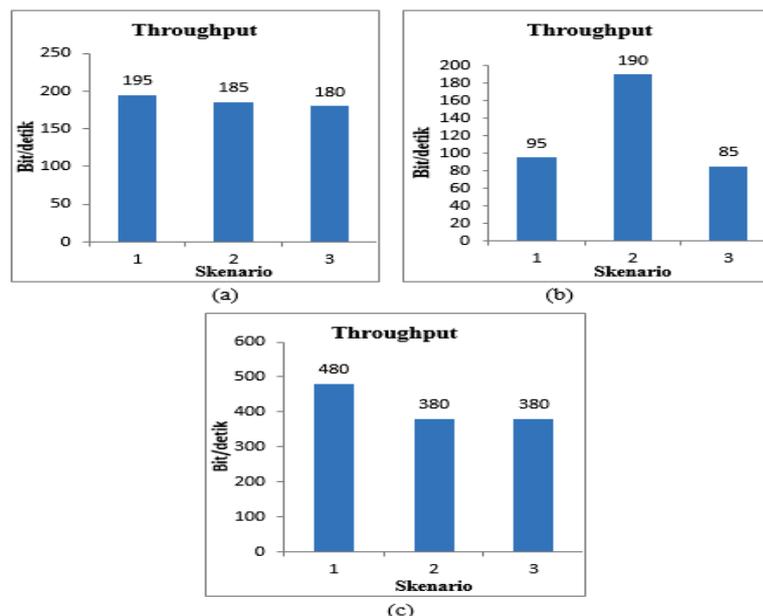
Kecepatan *transfer* data efektif yang diukur dalam *bit/detik* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses dialiri pada waktu tertentu (*throughput*), pada skenario handover dengan metode *hard handover* untuk aplikasi *voice over internet protocol*. Rekomendasi ITU-T [5] untuk mobilitas *user* searah (*one way*), dengan frekuensi kerja 2.5 GHz dan *service class quality of service* menggunakan *real-time polling service* yang nilai *throughput* lebih longgar dari kelas *service unsolicited grant service*. Menurut teori bahwa penggunaan frekuensi yang tinggi akan membutuhkan energi yang lebih untuk memancarkan sinyal dari *base station* sementara pada percobaan ini *variable energy* tidak ada (diasumsikan tetap) sehingga penetapan frekuensi kerja 2.5 GHz justru menghasilkan *throughput* yang lebih kecil. *Output* pada Gambar 9 dapat dilihat *throughput* rata-rata per skenario dalam setiap pengujian, hal ini dipengaruhi kecepatan dan banyaknya *user* aktif yang melakukan mobilitasnya, dimana ketika *mobile station* bergerak kecepatan *transfer* data dari *server* melewati *base station* hingga ke *user* sangat kecil.



Gambar 9 *Throughput Hard Handover* : a) 1 User; b) 3 User; c) 6 User

Berdasarkan *output throughput* pada Gambar 9c terjadi kenaikan hasil yang signifikan pada dengan nilai 350 – 550 Bit/detik, akan tetapi hasil ini masih sangat kecil dan mengindikasikan bahwa kecepatan *transfer data* atau *throughput* sangat kecil mempengaruhi komunikasi yang menggunakan aplikasi *voice over internet protocol*.

Selanjutnya *hasil throughput* rata-rata pada Gambar 10 yang menggunakan metode *soft handover* dengan aplikasi *voice over internet protocol* dan frekuensi kerja 2.5 GHz sesuai dengan lisensi yang dikeluarkan *WiMAX Forum*. Penggunaan *channel bandwidth* 10 Mhz dan modulasi akan mempengaruhi mempengaruhi jauh tidaknya jarak jangkauan antar *base station*. Semakin jauh jarak jangkauan maka seharusnya menurunkan nilai *throughput*, dan hasilnya paket yang dikirimkan memiliki kualitas yang kurang baik jika dibandingkan paket yang dikirim dengan jarak jangkau yang lebih dekat. Gambar 10a hasil rata-rata *throughput* 180 Bit/detik - 195 Bit/detik masih jauh dari yang diharapkan, dimana *throughput* dengan 1 *user* nilai yang dihasilkan masih sangat kecil.



Gambar 10 Hasil Pengujian *Throughput Soft Handover* : a) 1 User; b) 3 User; c) 6 User

Gambar 10c menunjukkan nilai *throughput* yang dipengaruhi oleh penambahan *user*, kecepatan serta *area* jangkauan lebih jauh menghasilkan *throughput* lebih besar. Hal tersebut berbeda dengan teori yang ada dimana seharusnya hasil *throughput* bisa lebih kecil dari Gambar 10a,b. Dengan hasil *throughput* tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi tersebut tidak sensitif atau berpengaruh terhadap kecepatan *transfer* data walaupun memakai *low bandwidth* dengan *codec* G.711

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap jaringan *WiMAX* menggunakan metode *handover* khususnya metode *hard handover* dan *soft handover*, dengan layanan pada *mobile station voice over internet protocol* dan disimulasikan memakai *optimized network engineering tools*, dapat disimpulkan :

1. Pengujian tiga skenario metode *hard handover* dan *soft handover*, dilakukan menggunakan tiga kali pengujian dimana terjadi perbedaan interval waktu antara pengiriman paket dan penerimaan paket, dengan besaran trafik yang dikirim 64 Kbps (*low bandwidth*) *congestion* dalam jaringan dapat dihindari. Nilai rata-rata *jitter* 0.001 ms – 0.02 ms metode *hard handover* dan 0.0011 ms – 0.31 ms metode *soft handover*, hasil tersebut tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap pengujian dua metode *handover* yang menggunakan aplikasi *voice over internet protocol*, sehingga mekanisme *handover* untuk layanan *VoIP* bekerja efektif dan ideal pada jaringan *WiMAX*.
2. Pengujian *handover* menggunakan metode *hard handover* dan *soft handover* dengan aplikasi pada *user voice over internet protocol*. Terjadi kenaikan *delay* yang signifikan ketika penambahan beban *user* aktif dilakukan, hal tersebut terjadi pada saat *coding* atau penggabungan data, *compression*, *decompression*, hingga data diurai atau *decoding*. Nilai rata-rata untuk masing-masing 10.5 ms – 35 ms metode *hard handover* dan 10.5 ms – 39 ms *soft handover*, kenaikan tertinggi *delay* terjadi setiap pengujian ketiga dengan 6 user aktif. Hasil ini menunjukkan bahwa Aplikasi *voice over internet protocol* sangat sensitif terhadap *delay* akan tetapi *delay* dalam pengujian ini masih dalam batasan toleransi yang diizinkan.
3. Pengujian *throughput* dengan kelas *service* QoS yaitu *service real-time polling service*, memakai *channel bandwidth* 10 MHz dan frekuensi kerja 2.5 GHz. Kecepatan *transfer* data masih sangat kecil 185 Bit/detik – 550 Bit/detik *hard handover* dan 85 Bit/detik – 480 Bit/detik *soft handover*. Dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa *throughput* tidak mempengaruhi komunikasi menggunakan aplikasi *voice over internet protocol*.

#### 5. SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk penelitian berikutnya:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan secara *real* (nyata), dengan variasi frekuensi *band* yang berbeda serta fokus bagaimana meminimalkan *delay*.
2. Perlu penelitian lebih lanjut terhadap dengan menggunakan standar *coding* dan kompresi dengan memvariasikan *method compression* yang memakai *bandwidth* yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibisono, G., Hantoro, G. D., 2006, *WiMAX Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan.*, Informatika Bandung.
- [2] Gurning, R. P., Pinem, M., 2013, Evaluasi Kinerja Algoritma Histeresis Hard Handoff Pada Sistem Seluler., *Singuda Ensikom* Vol. 3 No. 2. Hal., 46-51.
- [3] Gunawan, H., Herlinawati., Komarudin, M., Muhamad., 2012, Simulasi dan Analisis Kualitas Layanan pada Jaringan Mobile WiMAX. *Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro.*, Volume: 6 No.3. Hal., 185-181.
- [4] Alshomrani. S., Qamar, S., Jan, S., Khan, I., Shah, I.A., 2012, “QoS of VOIP over WiMAX Access Network”, *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, vol. 3, no. 4, pp., 92-98.
- [5] Munadi, R., 2011, *Teknik Switching*, Edisi Revisi, Informatika Bandung.
- [6] ITU-T., 2003, *Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks “One-Way Transmission Time” Recommendation G.114*, International Telecommunication Union
- [7] Sugeng. W., Istiyanto. J. E., Mustofa. K., Ashari. A., 2015, The Impact of QoS Changes towards Network Performance, *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, ISSN 2410-0595, VOL. 3, NO. 2., pp 48-43.
- [8] Cisco., 2004, *Voice Over IP guide Enterprise Voice Over Data Design (EVODD)*, Cisco system, Inc.
- [9] ETSI., 1999, Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS), *Technical Report*, European Telecommunications Standards Institute.