

# Analisis Unjuk Kerja Horizontal *Handover Mobile Wimax* Mendukung Layanan *Mobile TV*

Ammatia Risty<sup>1</sup>, Rendy Munadi<sup>2</sup>, Ridha M Negara<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>2</sup> Program Studi Magister Elektro-Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jalan Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257

Email Korespondensi : ridhanegara@telkomuniversity.ac.id

Dikirim 12 Februari 2016, Diperbaiki 08 April 2016, Diterima 26 April 2016

Abstrak – IEEE 802.16e-2005 teknologi *mobile* WiMAX merupakan salah satu alternatif yang dapat memberikan *datarate* 15 Mbps yang lebih baik daripada teknologi 3G, WLAN, dan lain-lain. *Mobile* WiMAX juga memberikan cakupan area yang luas. Oleh karena itu, WiMAX mampu memberikan layanan berbagai macam aplikasi multimedia seperti VoIP, IPTV, *Video conferencing*, dan aplikasi *real-time* lainnya. Selain itu, *Mobile* WiMAX juga mendukung *mobility* secara *portable*, *mobile*, dan *nomadic*. Saat ini IPTV muncul pada *mobile phone*, yang dinamakan *mobile TV* dimana layanan IPTV akan dapat diakses dalam keadaan bergerak. Hal itu membutuhkan suatu teknologi yang mendukung *mobility* namun tetap dapat menerima layanan IPTV dengan baik. Teknologi *mobile* WiMAX adalah teknologi yang cocok untuk mendukung layanan IPTV khususnya untuk user yang sedang bergerak. Akibat dari *user* yang bergerak maka memungkinkan *user* tersebut melakukan *handover*. Penelitian ini menganalisis parameter unjuk kerja yang mempengaruhi pada *mobile TV* saat *user* melakukan *handover* pada jaringan *mobile* WiMAX seperti *jitter*, *end to end delay*, *throughput*, *handover delay* dengan skenario perbedaan kecepatan dan perubahan jumlah *user* dalam satu cakupan area. Berdasarkan hasil simulasi untuk skenario perbedaan kecepatan (maksimum 100 km/jam) diperoleh nilai *end to end delay* sebesar 23.234 ms, *jitter* sebesar 0.047 ms, *throughput* sebesar 637.723 Kbps. Sedangkan skenario jumlah *user* diperoleh nilai *end to end delay* 27.218 ms, *jitter* sebesar 0.057 ms, *throughput* sebesar 558.881 Kbps. Hasil dari kedua skenario menunjukkan bahwa saat kecepatan dan jumlah *user* naik maka parameter kualitas layanan turun namun masih memenuhi syarat kualitas layanan *Mobile TV* (IPTV).

Kata kunci - *mobile* WiMAX, IPTV, *handover*, *mobile TV*, *mobility*

Abstract - IEEE 802.16e-2005 *mobile* WiMAX technology is one alternative that can deliver 15 Mbps *datarate* better than 3G, WLAN, and others. *Mobile* WiMAX also provides wide area coverage. Therefore, WiMAX capable of providing a wide range of multimedia applications such as VoIP, IPTV, video conferencing, and other *real-time* applications. In addition, *Mobile* WiMAX also supports *mobility* in *portable*, *mobile* and *nomadic*. IPTV is currently appearing on the *mobile phone*, *mobile TV* called IPTV service which will be accessible on the move. It requires a technology that supports *mobility* but still be able to receive IPTV services well. *Mobile* WiMAX technology is the ideal technology to support IPTV services, especially for users who are moving. As a result of the *user* moving the *user* enables the *handover*. This study analyzes the performance parameters that affect the current *mobile TV* users to *handover* the *mobile* WiMAX networks such as *jitter*, *end to end delay*, *throughput*, *delay handover* scenario the difference in speed and changes in the number of users in the coverage area. Based on simulation results for scenario difference in speed (up to 100 km / h) values obtained *end to end delay* of 23,234 ms, *jitter* of 0,047 ms, *throughput* amounted to 637. 723 Kbps. While the number of *user* scenarios that the value of *end to end delay* of 27.218 ms, 0,057 ms of *jitter* and *throughput* amounted to 558 881 Kbps. The results from both scenarios show that the speed and the number of users increases, the quality of service parameters down but still qualified quality *Mobile TV* service (IPTV).

Keywords - *mobile* WiMAX, IPTV, *handover*, *mobile phone*, *mobility*

## I. PENDAHULUAN

Banyak layanan yang dapat ditawarkan dalam teknologi seluler. Salah satu layanan yang paling sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah televisi. Tetapi seiring berkembangnya dunia teknologi informasi dan komunikasi. Jaringan televisi saat ini (televisi analog) berkembang menjadi berbasis

*Internet Protocol* (IP), yaitu *Internet Protocol Television* (IPTV). Keuntungan dari IPTV yaitu untuk dapat melakukan komunikasi 2 arah [2]. Oleh karena itu, cara agar televisi dapat dihubungkan dengan internet yaitu dengan menghadirkan layanan IPTV.

Perkembangan teknologi seluler saat ini sangat mengutamakan mobilitas, berarti menghasilkan

performansi layanan yang bagus meskipun pengguna bergerak dengan kecepatan tertentu. Salah satu faktor yang mempengaruhi mobilitas adalah *handover*. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian unjuk kerja layanan terhadap proses *handover*. Perpindahan yang terjadi menyebabkan pergantian sel yang disebut dengan *handover*. Efek dari *handover* menyebabkan terjadinya pemutusan hubungan, hal tersebut harus dihindari dengan menjaga koordinasi antara BS (*Base Station*) dan MS (*Mobile Station*).

Hal yang paling menarik untuk ditelaah adalah mobilitas, maksud dari mobilitas pada konteks ini adalah perpindahan pengguna dalam mengakses informasi dari satu tempat ke tempat lainnya selama masih dalam jangkauan jaringan komunikasi yang digunakan. Bagi pengguna yang menginginkan kehadiran layanan IPTV, hal seperti hubungan terputus jangan sampai terjadi. IPTV ini tentunya membutuhkan sistem koneksi internet yang baik, cepat, dan ekonomis [3]. Khusus bagi pengguna yang memiliki kebutuhan mobilitas. Maka *mobile WiMAX* adalah salah satu alternatif dengan standar 802.16e. *Mobile WiMAX* memiliki cakupan 1,6 sampai 4,8 km dengan *bit rate* 15 Mbps. Oleh karena cakupan pada *mobile WiMAX* besar maka pengguna akan cenderung tidak sering melakukan *handover*. Dengan demikian, maka kemungkinan terjadinya kegagalan *handover* (*handover failure*) akan berkurang sehingga cocok bagi pengguna dengan mobilitas tinggi.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis performansi *handover mobile wimax* pada layanan *video streaming* [8], sehingga penelitian kali ini akan dilanjutkan pada layanan *mobile TV* (IPTV). Untuk *vertical handover* sendiri sudah pernah diteliti untuk layanan-layanan tertentu, sehingga pada penelitian ini difokuskan pada *horizontal handover*.

Tujuan dari tulisan ini yaitu mensimulasikan *handover* layanan IPTV di jaringan *mobile WiMAX*, mengetahui pengaruh *handover* terhadap kualitas layanan IPTV dengan *packet delay*, *packet jitter*, *packet loss*, dan *throughput* sesuai dengan standar *streaming* IPTV berdasarkan kecepatan pergerakan user dan kepadatan user., dan menganalisis hasil simulasi *handover* layanan IPTV di jaringan *Mobile WiMAX*.

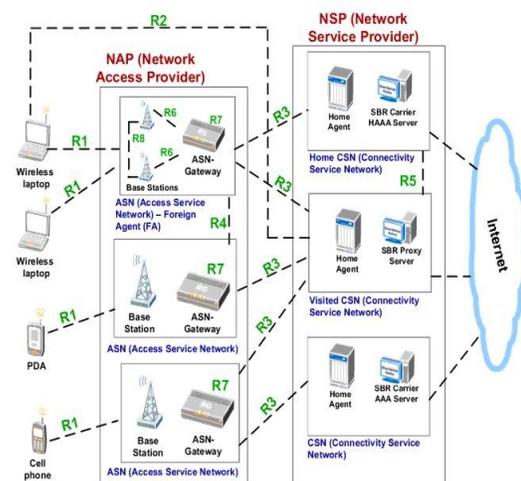
## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Mobile WiMAX

*Mobile WiMAX* adalah pengembangan dari *WiMAX*. *WiMAX* yang biasa disebut dengan IEEE yang *scalable*, berbasis IP, jaringan komunikasi berkecepatan tinggi yang mampu memberikan *airlink* yang kuat, memberikan *throughput* yang lebih tinggi pada jarak jangkauan yang lebih jauh, peningkatan efisiensi spektral, cakupan NLOS, pengkelasan QoS, keamanan dan mobilitas [4]. Susunan antenna yang adaptif menghasilkan peningkatan kinerja sistem dalam hal cakupan dan kapasitas. Berikut ini titik referensi arsitektur jaringan *Mobile WiMAX*.

*Mobile WiMAX* yang berdasarkan pada standar IEEE 802.16e untuk penerapan secara portable, mobile, dan nomadic. *Mobile WiMAX* menggunakan teknologi OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) untuk memperbaiki performansi *multi-path* pada NLOS dan beberapa fitur lain untuk dapat menyediakan layanan *mobile broadband* bagi pengguna dalam keadaan bergerak. Fitur-fitur tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Mobile WiMAX* beroperasi pada frekuensi 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, dan pada spektrum 3.4 – 3.8 GHz
2. *Scalable channel bandwidth* mulai dari 1.25 MHz sampai 20 MHz.
3. TDD untuk memberikan efisiensi pertukaran kanal.
4. *Hybrid Automatic Repeat Request* (HARQ) memberikan ketahanan pada perubahan *path* karena kecepatan pergerakan yang tinggi.
5. *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) Modulasi dan Coding pada *WiMAX* memastikan kestabilan kekuatan sinyal terhadap jarak untuk meningkat nilai *throughput*.
6. *Fast Channel Feedback* (CQICH)
7. *Fractional frequency reuse*



Gambar 1. Arsitektur jaringan Mobile WiMAX [5]

### B. Scheduling Service atau QoS Class

Standar IEEE 802.16 MAC layer menyediakan perbedaan QoS berdasarkan aplikasi yang dapat beroperasi pada jaringan *WiMAX*. *WiMAX* mendefinisikan 5 tipe layanan *scheduling* yang juga dikenal dengan *QoS class*. Kelima klasifikasi tersebut memberikan *bandwidth* yang berbeda-beda antara *user* yang berbeda. Setiap *user* memiliki *QoS class*. Tergantung pada parameter tersebut, penjadwalan BS memastikan jumlah *bandwidth* yang disyaratkan pada masing-masing aplikasi. Untuk aplikasi real-time seperti aplikasi *video* akan memiliki prioritas dalam

alokasi *bandwidth* dibandingkan dengan aplikasi FTP atau Email. Pada standar 802.16e terdapat 5 tipe *scheduling*, yaitu.

1. *Unsolicited Grant Service (UGS)*

UGS digunakan untuk aplikasi *constant bit rate (CBR)* seperti VoIP. Aplikasi tersebut mensyaratkan *jitter* dan *delay* yang rendah<sup>[10]</sup>. UGS memiliki prioritas yang lebih tinggi daripada nrtPS dan BE, maka paket nrtPS dan BE akan dikirimkan apabila pengiriman paket UGS selesai.

2. *Real-time Polling Service (rtPS)*

*Real-time Polling Service (rtPS)* dirancang untuk mendukung layanan *real-time* yang membangkitkan ukuran paket data yang berubah-ubah pada periode waktu tertentu, seperti MPEG *video*.

3. *Extended Real-time Polling Service (ertPS)*

*Extended real-time polling service (ertPS)* hampir sama dengan UGS dalam pengalokasian *bandwidth*. rtPS memiliki nilai prioritas yang lebih tinggi daripada rtPS.

4. *Non Real-time Polling Service (nrtPS)*

*Non real-time polling service (nrtPS)* bermaksud untuk mendukung layanan yang mensyaratkan ukuran paket data yang berubah dan data rate minimum, seperti FTP. QoS ini menjamin request tetap dapat di terima walaupun terdapat kemacetan paket data dalam jaringan.

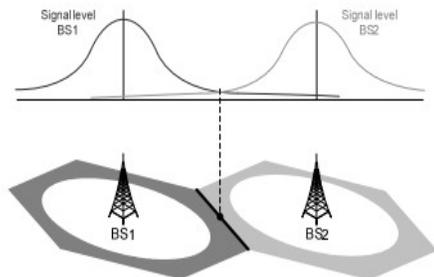
5. *Best Efford (BE)*

*Best efford* untuk mendukung layanan yang tidak memiliki garansi atau minimum rate. BE biasanya mengalami waktu yang lama dalam pengiriman pakatnya.

C. *Handoff Pada WiMAX*

Untuk mendukung standar 802.16e terdapat 3 jenis *handoff* yaitu *hard handoff (HHO)*, *Fast Base Station Switching (FBSS)*, dan *Macro Density Handover (MDHO)*. HHO adalah yang utama sedangkan 2 jenis lainnya hanya optional. WiMAX forum mengembangkan perbaikan untuk *delay handoff* agar kurang dari 50 ms [1].

1. *Hard Handoff (HHO)*

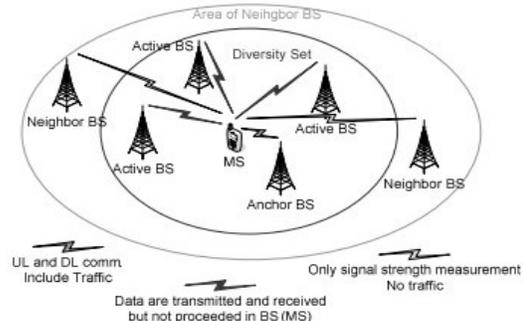


Gambar 2. Hard Handover [1]

Selama *hard handoff* MS berkomunikasi hanya dengan satu BS dalam satu waktu. Hubungan dengan BS yang lama diputus sebelum hubungan dengan BS yang baru terbentuk. *Handoff* terjadi ketika sinyal dari BS tetangganya lebih kuat daripada sinyal dari BS yang sedang diduduki. *Handoff* jenis ini biasa juga dengan *break-before-make*.

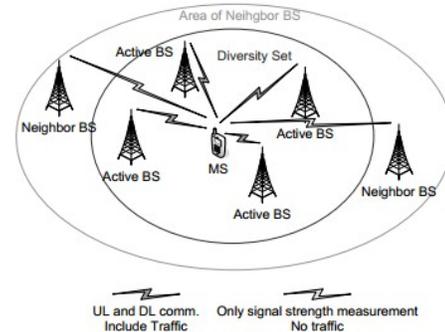
2. *Fast Base Station Switching (FBSS)*

Dalam FBSS, *diversity set* MS dan BS disimpan sama seperti pada MDHO. MS secara berkelanjutan mengawasi BS dalam *diversity set* dan menentukan sebuah *Anchor BS*.



Gambar 3. FBSS Handoff [1]

3. *Macro Density Handover (MDHO)*



Gambar 4. MDHO Handoff [1]

Ketika MDHO ditunjang oleh MS dan BS, *diversity set* disimpan oleh MS dan BS. *Diversity Set* adalah sekumpulan BS, yang dilibatkan dalam prosedur *handover*. MS berkomunikasi dengan semua BS dalam *diversity set*. Untuk *downlink* dalam MDHO, dua atau lebih BS mengirimkan data pada MS sehingga penggabungan *diversity* bisa dilakukan pada MS. Untuk *uplink* dalam MDHO, transmisi MS diterima oleh banyak BS dimana dapat dilakukan *diversity* pemilihan dari informasi yang diterimanya. BS yang bisa menerima komunikasi antar MS dan BS lain tapi level kuat sinyalnya tidak cukup dicatat sebagai *Neighbor BS*.

#### D. Internet Protocol Television (IPTV)

IPTV (Internet Protocol Television) dapat didefinisikan sebagai layanan multimedia yang berbentuk data seperti video, televisi, audio, dan teks, dan grafik yang dikirimkan atau dilewatkan melalui jaringan berbasis IP (*Internet Protokol*) dengan tingkat kehandalan yang tinggi. Walaupun dilewatkan melalui jaringan IP, IPTV tetap memberikan jaringan terhadap QoS (*Quality of Service*) yang diukur di sisi penyedia layanan, QoE (*Quality of Experience*) yang dapat dilihat di sisi pengguna layanan, dan juga interaktif.

Pada pelaksanaannya terdapat 4 pihak [6] yang terlibat, diantaranya.

1. *Content Provider*, yaitu pihak yang memiliki izin konten layanan untuk dijual.
2. *Service provider*, yaitu penyedia layanan telekomunikasi yang terikat kontrak tarif atau membeli izin *content provider* untuk menyediakan layanan yang menjadi satu paket untuk pengguna. Hal ini biasanya di kenal dengan *bundling*.
3. *Network provider*, yaitu pihak yang merawat dan mengoperasikan komponen jaringan agar IPTV tetap berjalan dengan baik dari *service provider* hingga ke pengguna.
4. *Customer*, yaitu yang mengakses layanan melalui jaringan yang disediakan oleh *service provider*.

#### E. Codec H.264/AVC

Standar H.264 dikembangkan dan dipublikasikan oleh MPEG (*Motion Picture Expert Group*) dan VCEG (*Video Coding Expert Group*). Standar H.264 lebih dikenal sebagai MPEG4 part 10 atau AVC (*Advance Video Coding*).

H.264 merupakan format video dengan resolusi tinggi tetapi tidak memerlukan ukuran *file* yang besar karena menggunakan kompresi namun tetap menghasilkan kualitas gambar, video, dan suara baik.. *Codec* ini biasa digunakan untuk aplikasi seperti *bluray disc*, *DVB broadcast*, siaran langsung layanan televisi satelit, layanan televisi kabel dan *real-time video conference*.

Beberapa keunggulan dari pengurangan bandwidth dan volume data pada teknologi H.264 adalah.

1. Kualitas gambar yang lebih baik dibanding MPEG4
2. Memperkecil waktu yg dibutuhkan untuk proses streaming video via internet (tergantung dari jaringan yang dipakai).
3. Memperbesar volume (waktu) data video yang memungkinkan untuk direkam dalam hard disk karena kompresi yang lebih kecil dibanding MPEG4 .

#### F. Parameter Kualitas Layanan

Pada penelitian kali ini, parameter uujuk kerja yang akan dianalisis ada dua bagian yaitu parameter performansi untuk layanan IPTV dan parameter kinerja *handover* pada *mobile WiMAX* dan *handover delay* pada saat MS melakukan *handover*. Parameter untuk performansi untuk layanan IPTV adalah sebagai berikut.

##### 1. Packet End to End Delay

*Packet delay* adalah waktu yang dibutuhkan paket untuk melakukan pengiriman dari sumber *server* menuju ke klien. *Packet delay* dapat dirumuskan seperti pada persamaan (1).

$$d_{end} = Q(d_{proc} + d_{queue} + d_{trans} + d_{prop}) \quad (1)$$

Apabila semakin kecil nilai *delay* maka kualitas layanan di penerima semakin baik. Namun, apabila *delay* lebih besar dari 1 detik maka termasuk pada kualitas layanan yang buruk. Standar *delay* berdasarkan ITU- T G.114 adalah 400 *millisecond* [9] untuk komunikasi dua arah seperti *videophone*, sedangkan untuk komunikasi satu arah < 10 detik [7].

##### 2. Throughput

Didefinisikan sebagai beban trafik yang mengalir pada media yang akan berpengaruh pada jaringan atau dapat juga dipahami sebagai jumlah data yang dikirimkan dari pengirim ke penerima dalam satuan waktu. Throughput dapat diukur dalam *byte / detik* (Bps) atau *bit / detik* (bps). Nilai minimum *throughput* untuk pengiriman video antara 10 Kbps dan 5 Mbps [4]. Rumus *throughput* dapat dituliskan seperti persamaan (2).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman}} \quad (2)$$

##### 3. Jitter

*Jitter* didefinisikan sebagai variasi kedatangan paket pada sisi penerima. Sisi pengirim mentransmisikan paket dalam secara terus-menerus dengan jarak antar pakatnya sama. Namun karena ada *congestion*, *Queuing* atau konfigurasi yang salah mengakibatkan delay antar paket menjadi bervariasi (tidak konstan). ITU-T tidak mendefinisikan nilai *jitter* pada pengiriman video satu arah [1].

#### G. OPNET Modeler

OPNET adalah singkatan dari *Optimized Network Engineering Tools*. Perangkat lunak ini memiliki kelebihan-kelebihan untuk merancang jaringan berdasarkan perangkat yang ada di pasaran, protocol, layanan dan teknologi yang ada di dunia telekomunikasi. Hasil simulasi dapat dibuat dalam beberapa skenario sehingga dapat dijadikan dasar di dalam perencanaan suatu jaringan berbasis paket.

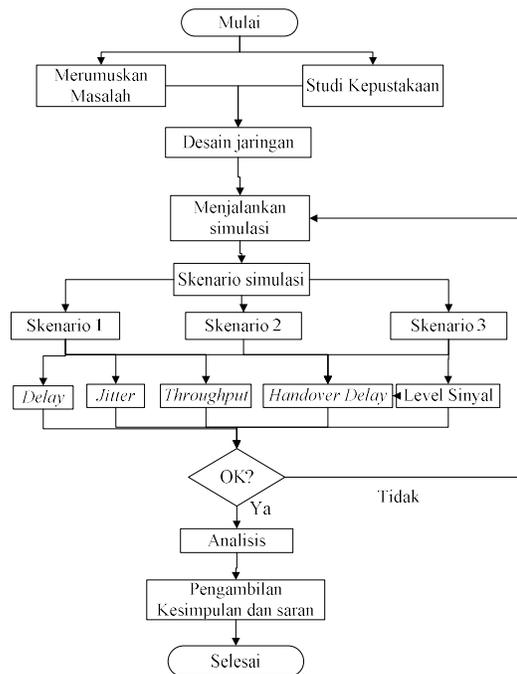
OPNET terdiri dari *interface* yang menggunakan bahasa C dan C++ sebagai kode blok. Secara umum untuk memulai sebuah simulasi pada OPNET dengan beberapa langkah, seperti diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penggunaan OPNET

### III. PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI

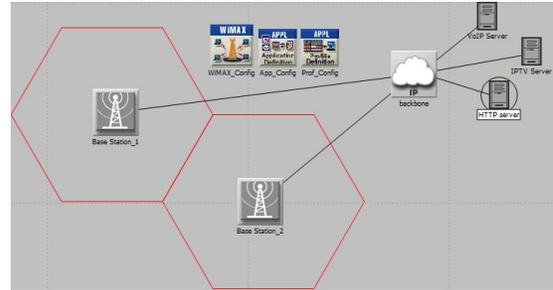
Jaringan *mobile* WiMAX memungkinkan pengguna untuk berpindah atau berganti dari satu BS ke BS lain atau disebut dengan *handover*. Pada penelitian ini menggunakan jenis *Horizontal handover* (HHO) di jaringan *Mobile* WiMAX. Diagram proses pengerjaan penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Pengerjaan Penelitian

#### A. Simulasi

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan skenario terjadinya proses *handover* berdasarkan topologi yang ditunjukkan pada Gambar 7.

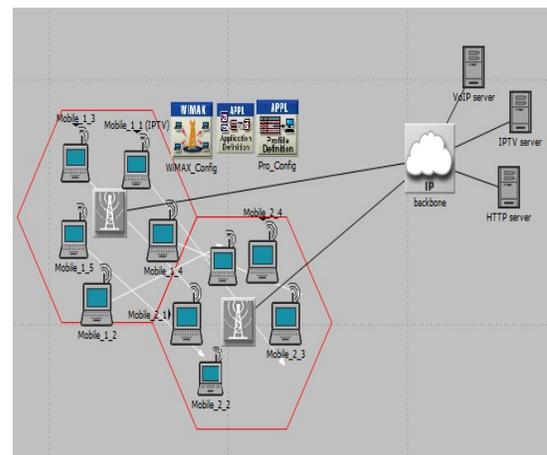


Gambar 7. Konfigurasi Dasar Jaringan Mobile WiMAX

Dimana WiMAX *Mobile Station* melakukan pergerakan atau mobilitas dari SBS menuju ke TBS. WiMAX *Mobile Station* melewati beberapa TBS dengan tujuan untuk terciptanya proses *handover*. Setelah proses *handover* berhasil, maka kemudian mengubah-ubah kecepatan pergerakan WiMAX *Mobile Station* dengan tujuan untuk melihat dan mengetahui pengaruh kecepatan terhadap proses *handover* dan juga keberhasilan penerimaan layanan IPTV. Selain itu, penambahan jumlah WiMAX *mobile Station* juga akan mempengaruhi proses *handover* sehingga memerlukan penelitian tentang hal yang tersebut di atas. WiMAX *Mobile Station* melakukan *streaming multimedia* IPTV dan sekaligus melakukan mobilitas dan *handover* sesuai dengan skenario yang akan disimulasikan. Skenario simulasi terbagi menjadi dua model skenario, yaitu.

#### 1. Skenario 1

Pada skenario 1 terdapat MS yang diatur untuk mengakses layanan IPTV menggunakan *Codec H.264/AVC* saat melakukan *handover*. WiMAX *mobile station* bergerak dengan kecepatan 0 km/jam, 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, 80 km/jam, dan 100 km/jam. Pada Gambar 8 ditunjukkan konfigurasi jaringan skenario 1.



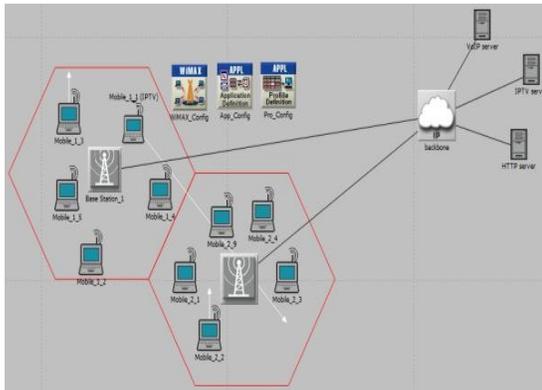
Gambar 8. Konfigurasi Jaringan Skenario 1

#### 2. Skenario 2

Pada skenario 2, WiMAX *mobile station* diatur untuk mengakses layanan yang beragam. Namun WiMAX *mobile station* yang diamati adalah

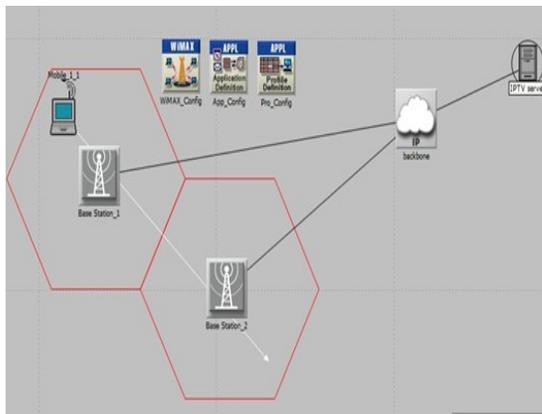
WiMAX *mobile station* yang mengakses layanan IPTV menggunakan *codec* H.264/AVC saat melakukan *handover* diatur dengan mengakses layanan IPTV. WiMAX *mobile station* bergerak dengan kecepatan 0 km/jam, 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, 80 km/jam, dan 100 km/jam. Pada Gambar 9 ditunjukkan konfigurasi jaringan untuk skenario 2.

Pada skenario ini terdapat 3 buah layanan yang berbeda yaitu VoIP, IPTV, dan HTTP agar mendekati kehidupan nyata, dengan VoIP diakses oleh 2 user, IPTV diakses oleh 1 user, dan HTTP di akses oleh 2 user pada masing-masing sel.



Gambar 9. Konfigurasi Jaringan Skenario 2

### 3. Skenario 3



Gambar 10. Konfigurasi Jaringan Skenario 3

Pada Gambar 10 terdapat sebuah *server*, sebuah *cloud*, sebuah WiMAX *configuration*, *application definition*, *profile definition*, 5 buah MS dan dua buah BS. Radius sel 2.26 km. MS yang diamati yaitu MS1\_1 bergerak dengan lintasan yang telah didefinisikan dengan kecepatan 0 km/jam, 20/km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, 80 km/jam, dan 100 km/jam. MS bersifat *mobile*, BS bersifat *fixed*, dan *server* bersifat *fixed*. Pada skenario 3 ini semua MS pada BS\_1 melakukan *handover* menuju ke BS\_2.

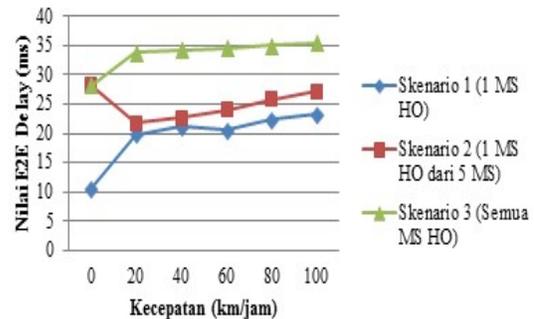
## IV. PEMBAHASAN

Hasil pengujian parameter didapatkan hasil sebagai berikut.

### A. End to End Delay

Pada Gambar 11 dilihat bahwa nilai *end to end delay* bervariasi yang juga dipengaruhi oleh kecepatan user. Pada skenario 1 dan skenario 2, parameter *end to end delay* yang diperoleh pada setiap kecepatan mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan. Namun perbedaan *end to end delay* antara skenario 1 dan skenario 2 jauh sekali, hal tersebut disebabkan karena pada skenario 2 terdapat gangguan atau pembebanan dari MS lain sehingga mengganggu pengiriman paket. Selain itu juga karena ada pengklasifikasian pada layanan *streaming* yang memiliki prioritas kedua setelah layanan VoIP. Oleh karena itu, pada skenario 2 menghasilkan *end to end delay* yang lebih besar daripada *end to end delay* skenario 1. Walaupun demikian, *end to end delay* tersebut masih memenuhi syarat kualitas layanan IPTV. Pada skenario 3 didapatkan nilai *end to end delay* mengalami kenaikan seiring dengan kecepatan user.

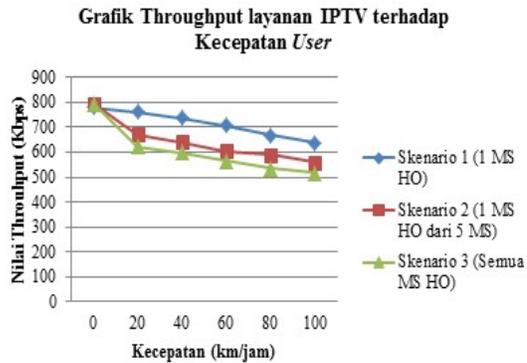
Grafik E2E Delay Layanan IPTV terhadap Kecepatan User



Gambar 11. Grafik Delay Layanan IPTV Terhadap Kecepatan (km/jam)

### B. Throughput

*Throughput* berkaitan dengan banyaknya data yang ditransfer dari satu titik ke titik lain. Layanan IPTV ini tergolong pada layanan yang menggunakan protokol UDP (*User datagram Protocol*). Karena sifat UDP yang *unreliable*, berarti ketika ada paket hilang, protokol ini tidak mengirim ulang paket yang hilang tersebut sehingga menyebabkan *loss* paket. *Loss* paket juga bisa terjadi akibat kecepatan pergerakan MS sehingga terjadi penurunan *throughput*. Hasil simulasi *throughput* dan kecepatan dapat dilihat pada Gambar 12.



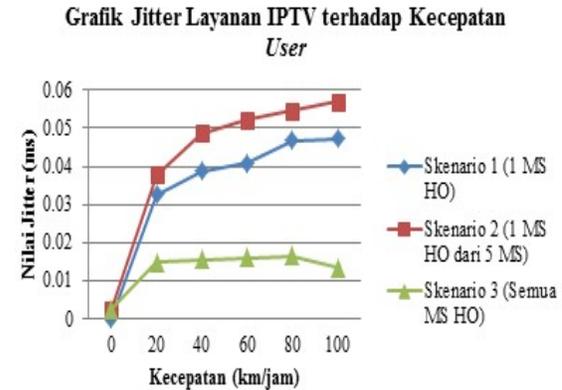
Gambar 12. Grafik Throughput Layanan IPTV Terhadap Kecepatan (km/jam)

Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai *throughput* bervariasi yang berpengaruh juga pada kecepatan. Ketika kecepatan semakin tinggi maka nilai *throughput* yang didapatkan oleh MS juga akan semakin menurun. Seperti pada skenario 1, *throughput* yang diperoleh pada setiap kecepatan mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan karena pada teknologi WiMAX *throughput* dipengaruhi oleh beberapa parameter salah satunya adalah modulasi. WiMAX menggunakan *Adaptive Modulation and coding* (AMC) yang mengatur penggunaan modulasi berdasarkan jarak MS ke BS. Ketika MS bergerak menjauh dari BS dengan kecepatan tertentu maka modulasi yang didapatkan MS juga akan semakin menurun sehingga *throughput* yang didapatkan oleh user juga semakin menurun. Khususnya pada saat MS melakukan *handover*, MS tersebut berada pada titik terjauh dari BS sehingga *throughput* akan perlahan menurun sampai pada MS dilayani oleh BS tujuan (TBS) dan *throughput* akan perlahan naik. Pada skenario 2, terdapat penurunan *throughput* karena ada MS lain yang sedang mengakses layanan. Karena jumlah MS pada BS lebih dari satu sehingga *throughput* yang diberikan oleh BS dibagi ke beberapa MS yang berada pada area BS tertentu. Rata-rata *throughput* yang didapatkan pada skenario 1 lebih baik dari skenario 2. Pada skenario 1 di kecepatan 40 km/jam terjadi penurunan *throughput* yang signifikan, ini disebabkan karena pada kecepatan tersebut banyak paket-paket lain yang lewat dalam jaringan. Pada skenario 3, banyaknya user yang melakukan *handover* secara bersamaan menyebabkan *throughput* per user semakin menurun. Hal ini disebabkan karena apabila banyak user yang melakukan *handover* secara bersamaan, maka terjadi penumpukan beban pada *Source BS* maupun *Target BS*. Dan dari ketiga skenario tersebut untuk *throughput* layanan IPTV masih dikategorikan baik.

### C. Jitter

Dari simulasi yang telah dilakukan ini, maka jitter terbaik adalah pada saat kecepatan 60 km/jam untuk

scenario 1 dan kecepatan 20 km/jam untuk scenario 2. Nilai jitter yang pada masing-masing kecepatan pada skenario 1 dan skenario 2 tergolong kualitas baik. Hal tersebut dapat dibuktikan pada Gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Grafik Jitter Layanan IPTV Terhadap Kecepatan (km/jam)

Pada Gambar 13, perubahan *jitter* berbanding lurus dengan kecepatan MS. Semakin cepat MS bergerak maka nilai *jitter* akan semakin tinggi. Seperti pada skenario 1 dan 2, kenaikan *jitter* terjadi disebabkan oleh *congestion packet* dalam jaringan sehingga *packet* sampai ke tujuan mengalami perbedaan waktu tiba antar *packet* nya sehingga terjadi antrian pada ruang *buffer*. Pada skenario ketiga, terjadi penurunan nilai *jitter* yang disebabkan oleh banyak yang menghalangi gelombang sinyal yang disebabkan oleh banyaknya user yang bergerak di sekitar proses *handover*. Nilai *jitter* yang pada masing-masing kecepatan pada skenario 1 dan skenario 2 tergolong kualitas baik.

### D. Load

Berdasarkan hasil simulasi skenario 1 dimana terdapat sebuah MS yang melakukan *handover*, skenario 2 terdapat 5 MS pada masing-masing BS dengan salah satu MS pada BS<sub>1</sub> dalam hal ini sebagai SBS (*source BS*) melakukan *handover*, dan skenario 3 terdapat 5 MS pada masing-masing BS dengan kelima MS pada BS<sub>1</sub> *handover* ke BS<sub>2</sub> dalam hal ini sebagai TBS (*Target BS*). Sehingga memperoleh rata-rata WiMAX *load* di BS pada setiap skenario simulasi tersebut seperti pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 diperoleh peningkatan rata-rata WiMAX *load* pada BS seiring dengan meningkatnya kecepatan *user*. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan *user* maka terjadi pergeseran frekuensi (*doppler shift*) yang menyebabkan BER semakin buruk. BER yang semakin buruk menyebabkan WiMAX *load* BS meningkat agar dapat menjamin kualitas layanan WiMAX.

Tabel 1. Rata-Rata Load Pada BS

Skenario		Satu (1 MS hand-over)	Dua (1 MS hand-over dari 5 MS)	Tiga (Semua MS hand-over)	
Rata-Rata WiMAX load pada BS (Mbps)	20 km/jam	SBS	6.698	3.473	6.535
		TBS	6.679	3.552	10.418
	40 km/jam	SBS	6.599	4.180	6.547
		TBS	6.644	2.794	10.904
	60 km/jam	SBS	6.692	3.007	6.459
		TBS	6.718	3.988	11.024
	80 km/jam	SBS	6.558	2.445	6.647
		TBS	6.422	4.569	11.376
	100 km/jam	SBS	6.474	2.181	6.603
		TBS	6.726	4.805	11.391

#### E. Daya terima MS saat handover

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan daya terima user dari ketiga skenario memiliki hasil yang berbeda. Semakin tinggi kecepatan user pada setiap skenario menyebabkan *threshold* daya sinyal terima semakin besar, sehingga user membutuhkan daya sinyal yang sangat bagus apabila kecepatan user meningkat. Apabila kecepatan user rendah, maka *threshold* daya sinyal terima semakin kecil sehingga user membutuhkan sinyal yang tidak besar untuk melakukan layanan atau komunikasi.

Pada skenario pertama, didapatkan daya sinyal terima lebih kecil daripada skenario kedua dan ketiga karena pada skenario pertama hanya satu user yang melakukan proses *handover*. Sehingga semakin banyak user yang berada di SBS dan semakin banyak user yang melakukan *handover* secara bersamaan menyebabkan daya *threshold* daya sinyal terima semakin besar.

Tabel 2. Nilai daya terima MS saat handover

Skenario	Threshold Daya terima saat HO (dBm)
<b>Skenario Pertama</b>	
20 Km/jam	-75.6538
40 Km/jam	-72.9757
60 Km/jam	-72.2908
80 Km/Jam	-71.8919
100 Km/Jam	-71.3918
<b>Skenario Kedua</b>	
20 Km/jam	-69.6705
40 Km/jam	-69.6329
60 Km/jam	-69.5968
80 Km/Jam	-69.4948
100 Km/Jam	-69.1421
<b>Skenario Ketiga</b>	
20 Km/jam	-72.6986

#### Skenario Ketiga

40 Km/jam	-71.7949
60 Km/jam	-71.4560
80 Km/Jam	-71.4494
100 Km/Jam	-71.1633

#### F. Handover Delay

*Handover delay* adalah lamanya waktu yang dibutuhkan sebuah MS untuk melakukan *handover* mulai dari *scanning* BS tetangga hingga masuk ke dalam jaringan BS tujuan dan dilayani secara penuh oleh BS tujuan. *Handover delay* pada jaringan Mobile WiMAX dikategorikan baik apabila nilainya kurang dari atau sama dengan 50 ms. Pada Tabel 3 ditunjukkan nilai *handover delay* pada setiap simulasi di masing-masing kecepatan.

Tabel 3. Hasil Handover Delay

Kecepatan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
20 km/jam	20.20 ms	20.20 ms	20.20 ms
40 km/jam	20 ms	20.20 ms	20.20 ms
60 km/jam	20.20 ms	25 ms	25 ms
80 km/jam	25.20 ms	20 ms	25 ms
100 km/jam	25 ms	20.20 ms	20.20 ms

Jika dilihat dari Tabel 3, secara keseluruhan nilai *handover* masih berada dibawah nilai *handover delay* yang disyaratkan. Nilai *handover delay* masih memenuhi, berarti konfigurasi jaringan yang telah di *deploy* pada OPNET untuk simulasi ini sudah baik.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

- Layanan masih tetap baik meskipun dengan adanya 5 buah MS yang diindikasikan dengan nilai *jitter*, *end to end delay*, dan *throughput* masih memenuhi nilai yang disyaratkan dimana nilai *end to end delay* maksimal 10 detik dan *throughput* di rentang 10 kbps -5 Mbps.

2. Nilai *jitter* pada masing-masing kecepatan setiap skenario terjadi *congestion* pada jaringan, *scheduling* dan antrian. Namun, nilai *jitter* pada penelitian ini masih memenuhi yang disyaratkan yaitu kurang dari 10 ms.
3. Nilai *packet end to end delay* skenario 1 lebih kecil dari skenario 2. Semakin kecil nilai *Packet end to end delay* maka semakin baik kualitas layanan yang diterima, yang juga dipengaruhi oleh kecepatan pergerakan MS. Pada penelitian ini, nilai *packet end to end delay* masih memenuhi syarat yaitu kurang dari 200 ms.
4. Nilai *threshold* daya terima MS saat melakukan *handover* pada skenario pertama adalah -72.84 dBm, skenario kedua sebesar -69.50 dBm dan skenario ketiga sebesar -71.71 dBm.
5. *Serving BS ID* menunjukkan keberhasilan suatu MS melakukan *handover*. Pada simulasi ini MS berhasil melakukan *handover*, namun hasil simulasi menunjukkan bahwa saat kecepatan dan jumlah user naik maka parameter kualitas layanan turun namun masih memenuhi syarat kualitas layanan *Mobile TV* (IPTV). Untuk mengurangi atau memperbaiki hasil tersebut, maka dapat melakukan perubahan pada parameter *scanning* dan parameter *handover* karena hal tersebut akan memberi pengaruh pada *delay handover* sehingga akan tetap menghasilkan *throughput* yang baik saat MS melakukan *handover*.

#### B. Saran

Selanjutnya dapat dilakukan penelitian lanjutan frame-frame yang terjadi pada setiap tahapan

*handover* menunjukkan interaksi antar MS yang akan melakukan *handover* dengan SBS dan atau TBS.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Becvar, Zdenek JZ, "Handovers in the Mobile WiMAX", Czech Tech Univ Dep Telecommun Eng.
- [2] Frenzel LE, "IPTV Vs Cable" Available at: <http://electronicdesign.com/ios/iptv-vs-cable>.
- [3] Hruday W, "ENSC-835 : Communication Networks Streaming Video Content Over Broadband Access Spring 2008 Final Project", 2008.
- [4] Hruday W, "Streaming Video and Audio Content over WiMAX Networks", California, 2009.
- [5] Jeffrey G Andrew, Arunbha Gosh and Rias Muhamed, "Fundamental of WiMAX", United Stated: Pearson Education, Inc, 2007.
- [6] Mobio, Aiman , Widyawan dan RH, "Analysis Quality of Service from Internet Protocol Television (IP TV) Service", *Int J Informatics Commun Technol*. 2012;1(2):100-108.
- [7] Monfort J, "Basic Requirements to Quality of Service (IP centric)", *Work Stand E-health*. 2003, (May):23-25. Available at: <https://www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/e-health/s8-03.pdf>. Accessed June 16, 2014.
- [8] Nurpratama Indra, "Analisis Performansi Horizontal Handover Mobile Wimax 802.16e Pada Layanan Video Streaming", Telkom University, 2012
- [9] "Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks", *Int Telecommun Union*, 2003.
- [10] Tranzeo Wireless Technology Inc, "WiMAX QoS Classes:Using WIMAX QoS Classes to support Voice, Video and Data Traffic", Whitepaper, 2010.