

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN POSISI HAPS TERHADAP DELAY HANDOVER SISTEM KOMUNIKASI MOBILE WIMAX

Widdha Mellyssa

Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia

widdha_1912@yahoo.com

Abstract:

HAPS (High Altitude Platform Station), the infrastructure that is made to change BTS/BS, it could be one of solution to reduce cost and capacity problem. HAPS is like airship or aircraft that is placed on stratosphere line, the distance of platform is 17-22 km from earth surface. Because of that position, it's affected by wind gusting, so that HAPS's position can change from normal state that is called Platform Displacement. This research explain about the impacted of platform displacement to mobile station (MS) during HO process which is measured delay HO value. User is mobile wimax user who is doing communication using VoIP. Platform will be simulated in some position, horizontal position and vertical position, than MS moves on some speed, first, in medium speed is 50 Km/hour and 80 Km/hour, second high speed is 120 km/hour dan 200 km/hour. When platfor moves to the higher position will increase the coverage of cells, so each cell will interfere their neighbor. The effect of changing it position is perceived by user in transition area, this condition can disturb the HO process.

Abstrak:

HAPS (High Altitude Platform Station) adalah infrastruktur pengganti BTS/BS yang diciptakan sebagai solusi dari permasalahan yang ada, baik dari segi dana maupun kapasitas jangkauan. HAPS ini berupa airship atau aircraft yang ditempatkan pada lapisan stratosfer yaitu pada jarak 17-22 km dari permukaan bumi. Dalam penerapannya HAPS yang berada di lapisan udara rentan dipengaruhi oleh pergerakan angin, sehingga posisi HAPS dapat berubah dari keadaan normal yang disebut dengan Platform Displacement. Penelitian ini membahas tentang pengaruh platform displacement yang dirasakan oleh mobile station (MS) saat melakukan proses HO dengan parameter delay HO. User adalah user mobile wimax yang sedang melakukan komunikasi layanan VoIP. Platform akan diskenariokan bergerak dalam arah horizontal yaitu ke barat dan ke timur dan vertikal yaitu ke atas dan ke bawah, selanjutnya MS bergerak dengan 2 skenario kecepatan yaitu untuk kendaraan berkecepatan sedang yaitu 50 Km/jam dan 80 Km/jam serta untuk kendaraan berkecepatan tinggi yaitu 120 km/jam dan 200 km/jam. Platform yang bergerak ke atas akan mengakibatkan bertambah luasnya coverage sel sehingga setiap sel dapat menginterferensi sel tetangganya terutama pada daerah transisi yaitu daerah tempat MS melakukan proses HO, sehingga proses HO dapat terganggu.

Key Word: HAPS displacement, kecepatan user, delay HO.

PENDAHULUAN

HAPS (*High Altitude Platform Station*) adalah suatu infrastruktur baru dalam bidang telekomunikasi yang dianggap mampu menjadi solusi bagi beberapa masalah yang terjadi pada infrastruktur yang telah ada misalnya biaya operasional dalam pembangunan infrastruktur atau masalah kapasitas yang dapat dijangkau oleh HAPS. Namun, dalam penerapannya diperlukan beberapa penelitian lebih lanjut, dikarenakan posisi HAPS yang berbeda dari infrastruktur teresterial yang telah ada. HAPS yang

ditempatkan di lapisan udara berbeda karakteristiknya dengan infrastruktur teresterial yang menggunakan BS (*Base Station*). HAPS yang dipengaruhi oleh pergerakan angin, akan membuat atau merubah posisi Haps dari keadaan normal. Secara umum pergerakan HAPS dapat dibagi menjadi 3, yaitu ke atas dan ke bawah (vertikal), ke samping (horizontal) dan miring (inklinasi). Perubahan posisi HAPS ini akan menimbulkan efek yang dapat merugikan kinerja sistem.

Pada penelitian ini, HAPS akan disandingkan dengan teknologi WiMAX, dimana, WiMAX memiliki *radius coverage* hingga 10 km dan mampu melayani *mobile user* berkecepatan tinggi. Oleh sebab itu, WiMAX mampu melayani beragam layanan, termasuk layanan VoIP yang menjadi objek dari penelitian ini. VoIP adalah layanan masa depan yang dapat berpotensi menjadi layanan primer, sehingga kualitas merupakan faktor penting yang harus selalu dikembangkan. Oleh sebab itu kualitas yang biasa disebut QoS sering diangkat menjadi objek penelitian kalangan pengamat telekomunikasi.

Adapun penelitian ini membahas tentang pengaruh perubahan posisi platform yang dirasakan oleh MS saat melakukan HO dimana MS diskenariokan

bergerak dengan kecepatan 50 km/jam, 80 km/jam, 120 km/jam dan 200 km/jam sehingga pengaruh kecepatan MS juga akan dibahas dalam penelitian ini. Output dari penelitian ini adalah kinerja sistem yang direpresentasikan oleh *delay HO*.

HAPS

The International Telecommunication Union (ITU) juga telah mengatur beberapa hal tentang HAPS, termasuk frequency band untuk komunikasi HAPS dan karakteristik yang mencakup masalah teknis maupun operasional. Frequency bands 47/48 GHz dialokasikan untuk layanan aplikasi multimedia HAPS di WRC-97. Sinyal yang bekerja pada frequency bands tersebut sangat cocok untuk layanan broadband karena efisiensi frekuensi yang tinggi, bandwidth lebar, dan mengurangi radiasi dan tingkat penerimaan antena yang diakibatkan oleh oksigen, penguapan air, awan, kabut, dan hujan.

Selanjutnya pada WRC-2000, diputuskan untuk menyetujui HAPS sebagai IMT-2000 teresterial platform. Disetujui bahwa IMT-2000 bands pada range 1.885-2.025 dan 2.110-2.200MHz untuk HAPS. Kemudian, keputusan kedua untuk mempelajari kelayakan pengoperasian HAPS untuk teresterial dengan menggunakan *frequency*

bands di atas 3 GHz. Keputusan tersebut juga memberikan masukan bahwa HAPS juga bisa menggunakan CDMA-based IMT 2000 transmisi radio dengan menggunakan standard seperti IS-95 dan W-CDMA standard seperti UMTS.

Masing-masing HAPS mampu membawa beberapa antena *multi-beam* yang dapat menghasilkan beberapa *spot beam*. HAPS bisa diibaratkan sebagai menara BTS yang sangat tinggi sehingga daerah *coverage*-nya bisa sangat luas tergantung kebutuhan perencanaan selulernya, seperti yang ditunjukkan pada tabel I.

I. AREA COVERAGE HAPS

Areas	Elevation angle (deg)	Coverage radius (km)	
		h=21 km	h=25 km
UAC	90-30	0-36	0-43
SAC	30-15	36-76.5	43-90.5
RAC	15-5	76.5-203	90.5-234

ITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) sendiri mendefinisikan ada tiga macam daerah *coverage* yaitu urban, sub urban, dan rural. Masing-masing daerah ditentukan oleh sudut elevasi antara transmitter dan receiver, seperti yang terlihat pada tabel II.1.

HAPS dapat melayani *coverage* yang luas dan kapasitas yang besar,

mampu memberikan layanan pada daerah baik dengan populasi yang padat (urban), sedang (suburban), atau jarang (rural) dan bahkan untuk area terpencil (*remote*). Keunggulan lain HAPS adalah adanya peluang untuk peningkatan kinerja jaringan telekomunikasi sehingga kualitas layanan telekomunikasi pun akan ikut naik, dengan menggabungkan keunggulan terestrial dalam hal kapasitasnya serta keunggulan satelit dalam hal kemampuan *coverage*.

WIMAX

World Interoperability for Microwave Access (WiMAX) adalah teknologi nirkabel yang memiliki berbagai aplikasi dalam cakupan MAN (Metropolitan Area Network). WiMAX merupakan standar Broadband Wireless Access (BWA) dengan kemampuan untuk menyalurkan data berkecepatan tinggi (layaknya xDSL pada jaringan wireline). Banyak keuntungan yang ditawarkan oleh teknologi ini misalnya, dapat diterapkan pada kondisi NLOS, aplikasinya dapat untuk *fixed, nomadic, portable*, ataupun *mobile*. WiMAX merupakan suatu label dunia yang dapat beroperasi melalui produk-produk berbasis standard IEEE 802.16.

802.16

Standar ini mengatur pemanfaatan diband frekuensi 10 – 66 Ghz. Aplikasi yang mampu didukung baru sebatas dalam kondisi LOS.

802.16a

Menggunakan frekuensi 2 - 11 Ghz, dapat digunakan untuk lingkungan NLOS. Standar ini difinalisasi pada januari 2003. Terdapat 3 spesifikasi pada *physical layer* didalam 802.16a, yaitu :

- *Wireless* MAN-SC, menggunakan format modulasi *single carrier*.
- *Wireless* MAN-OFDM, menggunakan OFDM dengan 256 point FFT. Modulasi ini bersifat *mandatory* untuk *non-licensed band*.
- *Wireless* MAN-OFDMA : menggunakan OFDMA dengan 2048 point FFT.

802.16d

Standar ini disebut juga sebagai *fixed* WiMAX. Standar ini berbasis 802.16 dan 802.16a dengan beberapa perbaikan. Selain itu, standar ini juga dikenal sebagai 802.16-2004. Terdapat 2 opsi dalam transmisi pada 802.16d yaitu TDD maupun FDD.

802.16e

Standar ini disebut juga sebagai *mobile* WiMAX. Standar ini telah difinalisasi pada akhir tahun 2005. Berbeda dengan sebelumnya, antara standar 802.26d dengan 802.26e tidak bisa dilakukan

interoperability sehingga diperlukan perangkat *hardware* tambahan bila akan mengoperasikan 802.26e.

Terdapat 3 tipe *service class* yang disediakan oleh WiMAX, yaitu :

UGS (*Unsolicited Grant Service*)

UGS digunakan untuk layanan yang membutuhkan jaminan transfer data dengan prioritas paling utama. Dengan demikian layanan dengan kriteria UGS ini memiliki karakteristik :

- Seperti halnya layanan CBR (*Constant Bit Rate*) pada ATM, yang dapat memberikan transfer data secara periodik dalam ukuran yang sama (*burst*).
- Untuk layanan-layanan yang membutuhkan jaminan *real-time*.
- Efektif untuk layanan yang sensitif terhadap *throughput*, *latency* dan *jitter* seperti layanan pada TDM (*Time Division Multiplexing*).
- Maximum dan minimum *bandwidth* yang ditawarkan sama.
- Contohnya untuk aplikasi VoIP, T1/E1 atau ATM CBR.

Real Time Polling Service (rtps)

Rtps efektif digunakan untuk layanan yang sensitif terhadap throughput dan latency namun dengan toleransi yang lebih longgar bila dibandingkan dengan UGS.

Dengan demikian layanan dengan kriteria rtps ini memiliki karakteristik :

- *real-time service flows, periodic variable size data packets (variable bit rate).*
- Garansi rate dan syarat delay telah ditentukan.
- Contohnya MPEG video, video conference.
- Parameter service: *committed burst, committed time .*

Best Effort (BE)

BE digunakan untuk trafik yang tidak membutuhkan jaminan kecepatan data (*best effort*). Sehingga jenis layanan yang menggunakan kriteria BE ini memiliki karakteristik:

- Tidak ada jaminan (*requirement*) pada *rate* atau *delay*-nya.
- Contohnya aplikasi internet (*web browsing*), *email*, FTP.

PEMBAHASAN

Perancangan dan Stimulasi

Bagi *user* yang menggunakan layanan *mobile*, proses HO adalah bagian penting dari keberlangsungan komunikasi, misalnya saja prosedur HO yang berjalan terlalu lambat akan mengganggu proses transmisi layanan data yang sedang dilayani.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa HAPS tidak terlepas dari pergerakan *platform* atau disebut *platform displacement*. Oleh sebab itu, kondisi ini memerlukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja sistem. Pada bab ini akan dilakukan perancangan serta dilanjutkan dengan simulasi mengenai HO pada mobile WiMAX (IEEE 802.16e) dengan tools simulasi OPNET (*Optimized Network Engineering Tools*) Modeler 14.5.

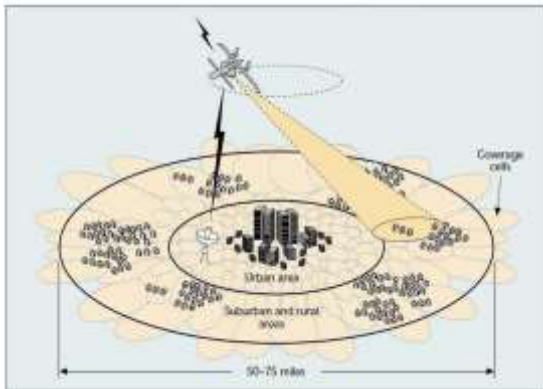
Topologi Jaringan

Dikarenakan software ini tidak menyediakan infrastruktur HAPS maka perlu dilakukan perubahan beberapa parameter dari node yang telah ada. Pemodelan jaringan HAPS pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu MS segment, ground segment, dan sky segment.

- MS segment, yaitu WiMAX MS *device*
- Ground segment, yaitu server, internet, dan BS
- Sky segment, yaitu HAP *network*

Pada gambar 1 dapat dilihat gambaran umum HAPS dan *coverage* cakupannya. Antena HAPS adalah antena multi beam dengan proyeksi setiap beam membentuk sel-sel. Terlihat pula *ground segment* yang

dapat menghubungkan HAPS dengan infrastruktur terestrial yang telah ada.



Gambar 1 Pemodelan Jaringan HAPS

Skenario Simulasi

Skenario terjadinya proses *handover* dirancang dengan menempatkan MS diluar sel pengamatan, sementara proses mobilitas dari sel asal dan sel target berdasarkan *trajectory* atau lintasan mobilitas yang telah ditentukan. MS akan melewati 2 sel target dengan tujuan untuk terciptanya proses *handover*. Adapun skenario simulasi akan dijelaskan dalam 2 bagian yaitu pemodelan pergerakan MS dan pemodelan pergerakan platform.

Pemodelan pergerakan user

Proses HO akan diskenariokan dengan pergerakan MS yang melintasi 3 sel sehingga mengalami 2 kali proses HO. MS bergerak mengikuti *trajectory* yang digambarkan oleh garis putus-putus pada gambar III.4. Pada gambar tersebut menunjukkan pergerakan MS pada saat platform belum mengalami perubahan

posisi (*displacement*). Dalam kondisi ini, *trajectory* MS melintasi tepat di tengah sel. Untuk penelitian, MS akan diskenariokan bergerak dengan kecepatan 50 Km/jam, 80 Km/jam, 120 Km/jam dan 200 Km/jam.

Pemodelan pergerakan platform

Model pergerakan platform pada penelitian ini adalah pergerakan vertikal yang terdiri dari pergerakan ke atas dan ke bawah selanjutnya pergerakan horizontal yaitu pergeseran platform ke barat dan ke timur.

a. Pergerakan Vertikal

Pergerakan vertikal adalah pergerakan dimana posisi HAPS bergerak ke atas ataupun ke bawah. Skenario yang disimulasikan adalah dengan cara mengubah ketinggian HAPS. Berdasarkan ITU pergerakan vertikal HAPS yang diperbolehkan adalah sejauh ± 700 meter.

Pergerakan platform yang disimulasikan untuk pergerakan vertikal adalah 700 meter ke atas atau ke bawah. Pada simulasi ini, ketinggian HAPS sebelum *displacement* adalah 20 km dari permukaan bumi selanjutnya pada saat HAPS bergerak ke atas, posisi HAPS menjadi 20.7 km sedangkan HAPS yang bergerak ke bawah, posisi HAPS menjadi 19.3 km.

b. Pergerakan Horizontal

Pergerakan horizontal adalah pergerakan dimana posisi HAPS bergeser ke arah barat dan ke arah. Skenario yang disimulasikan adalah dengan mengubah posisi HAPS ke arah barat atau timur secara manual dengan mengubah posisi koordinat HAPS. Berdasarkan ITU pergerakan horizontal HAPS yang diperbolehkan adalah sejauh ± 400 meter. Pergerakan platform yang disimulasikan untuk pergerakan horizontal adalah 400 meter ke barat atau ke timur. Pada simulasi ini, ketinggian HAPS tetap 20 km, akan tetapi posisi HAPS hanya digeser saja ke arah barat atau ke timur.

Konfigurasi OPNET Mobile WiMAX

OPNET adalah simulator yang bekerja berdasarkan paket data yang dapat digunakan untuk menganalisis jaringan. OPNET terdiri dari *interface* yang menggunakan bahasa C dan C++ sebagai kode bloknya. Berdasarkan fungsinya OPNET dapat dibedakan menjadi:

a. Struktur hirarki

Model dari struktur hirarki ini dibedakan menjadi 3 domain:

- Domain jaringan (*network domain*)
- Domain titik (*node domain*)
- Domain proses

b. Modul tunggal dan *source code* di dalam jaringan

Secara umum pembuatan simulasi dengan menggunakan OPNET memiliki prosedur yang ditunjukkan gambar di bawah ini:



Pemodelan HAPS

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa HAPS adalah platform pengganti BS yang diletakkan di lapisan stratosfer. Pada simulasi ini, platform memiliki multi-antena yang masing-masing antena menghasilkan sel yang berdiameter 7 Km. Pada kondisi platform yang bergeser ke barat atau ke timur disimulasikan dengan mengubah posisi antena 400 meter ke barat atau ke timur.

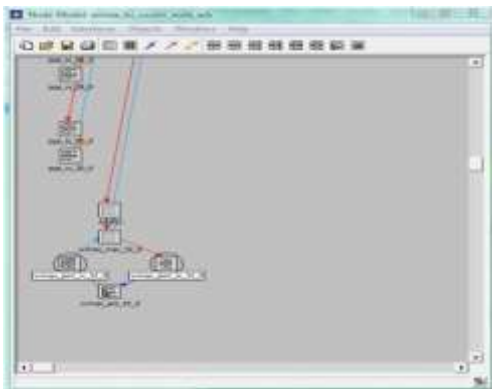
Selain itu, terdapat beberapa parameter yang perlu disesuaikan yaitu mengenai band frekuensi, gain antena dan *transmitter power*. Frekuensi yang digunakan untuk komunikasi HAPS dapat dilihat pada gambar 3 yaitu frekuensi 3.5 GHz yang dialokasikan untuk komunikasi teresterial, gain antena sebesar 47 dB dan *transmitter power* sebesar 5 Watt [12].

WiMAX Configuration

Parameter sistem IEEE 802.16e diatur melalui komponen-komponen yang ada maupun node-node yang digunakan. Tidak semua parameter tersedia di dalam

simulasi ini sehingga perlu dibuat parameter tambahan di dalam jaringan yang meliputi layanan yang akan diberikan oleh sistem IEEE 802.16e, jenis kelas layanan, dan trafik layanan.

Adapun komponen utama pengaturan jaringan secara umum, antara lain :

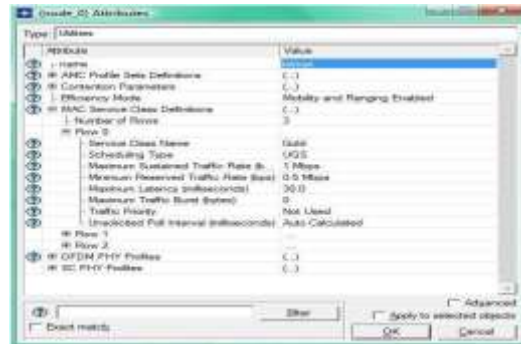


packet format	bandwidth (Kbps)	air frequency (MHz)	spreading code	processing gain	
0	wimax_cdma_smb...	300-3000	3.500	disabled	channel bw:0.9

(a) WiMAX Attributes

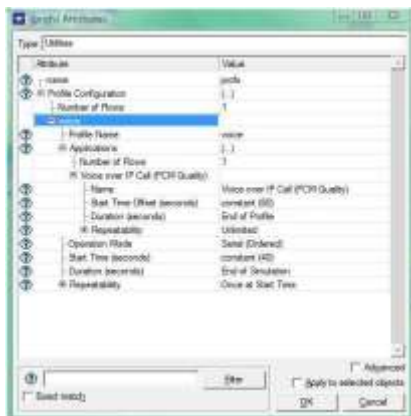
Parameter ini digunakan untuk mengatur konfigurasi jaringan IEEE 802.16e secara umum yaitu meliputi kelas layanan yang akan diberikan, frekuensi yang akan digunakan, lebar pita frekuensi, dan profil layer fisik yang akan menjadi referensi bagi semua node dalam jaringan IEEE 802.16e, untuk penggunaan *Mobile*

WiMAX maka pada *contention parameter tab* dipilih *mobility and ranging enabled*.



(b) Profiles Attributes

Node ini digunakan untuk mendefinisikan jenis layanan yang akan digunakan oleh MS. Layanan yang digunakan adalah VoIP dengan spesifikasi terlihat pada gambar 5. Adapun yang didefinisikan yaitu waktu mulai simulasi, yang diatur ke 100 (offset 60 dan start time 40) detik, ini berarti bahwa panggilan pertama VoIP akan menghasilkan trafik setelah 100 detik saat simulasi dijalankan, selanjutnya aplikasi VoIP akan diulang terus menerus sampai akhir simulasi.



C. Application Attributes

Node ini digunakan untuk mengatur jenis layanan yang dapat diberikan bagi MS. G.711 adalah suatu standar internasional untuk kompresi audio. Standar ini banyak digunakan oleh operator telekomunikasi di Indonesia. VoIP codec G.711 adalah suatu jenis layanan voice yang menerapkan teknologi *Pulse Code Modulation* (PCM) yaitu suatu metode *sampling* dengan frekuensi sampel yaitu 8000 sampel/detik. Format PCM menggunakan 8 digit biner per sampel, sehingga menghasilkan bit *stream* sebesar 64 Kbps. Bitrate 64 Kbps ini merupakan standar transmisi untuk satu kanal telepon diGital.

SIMPULAN

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa MS diskenariokan bergerak melintasi 3 buah sel dan melakukan 2 kali HO. Sehingga, terdapat 2 kali pengukuran untuk parameter delay HO dan terdapat 2 skenario kecepatan, yang pertama untuk *medium vehicular speed* (untuk kendaraan berkecepatan sedang) yaitu 50 km/jam dan 80 km/jam dan untuk *high vehicular speed* yaitu 120 km/jam dan 200 km/jam. Pengukuran dilakukan berulang-ulang kali dan nilai pengukuran yang dipaparkan di bab ini adalah nilai pengukuran yang paling banyak muncul selama simulasi.

Hasil Pengukuran Delay HO

Delay HO adalah waktu yang dihitung dari saat MS mengirimkan pesan MOB_MSHO-REQ yang bertujuan untuk memulai proses HO sampai tahap *intial ranging* yaitu MS telah siap untuk terhubung pada sel tujuan. Selama proses

1. HASIL PENGUKURAN DELAY HO

Pergerakan Platform	Kecepatan MS (Km/jam)	Delay HO_1 (second)	Delay HO_2 (second)
Barat	50	0.035	0.035
	80	0.035	0.03
	120	0.03	0.03
	200	0.03	0.03
Timur	50	0.03	0.03
	80	0.035	0.03
	120	0.03	0.25
	200	0.03	0.03
Atas	50	0.03	0.03
	80	-	0.025
	120	0.035	0.035
	200	0.03	0.03
Bawah	50	0.03	0.03
	80	0.025	0.03
	120	0.025	0.025
	200	0.03	0.03

HO, waktu adalah proses penting yang juga diperhitungkan. Untuk mendukung layanan real time, misalnya pada aplikasi VoIP, delay HO yang diperbolehkan adalah kurang dari 50 ms.

Tabel perhitungan delay HO telah dirangkum ke dalam tabel II, dapat dilihat bahwa pada 4 posisi HAPS yang berbeda, delay HO yang diukur sebagian besar masih dalam batas yang diperbolehkan untuk layanan VoIP. Kecuali pada saat posisi platform bergerak ke atas dan MS bergerak dengan kecepatan 80 km/jam. Dapat dilihat bahwa, nilai dari delay HO tidak dideteksi. Hal ini dikarenakan adanya *error* yang terjadi pada saat proses HO, yaitu adanya interferensi dari sel lain.

Kesalahan ini mengakibatkan perhitungan waktu yang diperlukan MS untuk melakukan proses HO tidak terdeteksi oleh sistem.

Hal ini tidak hanya terjadi pada saat MS bergerak pada kecepatan 80 Km/jam dan pada saat proses HO-1 saja, akan tetapi juga dapat terjadi pada proses HO-2 atau bahkan keduanya dan juga tidak hanya pada nilai kecepatan tersebut saja. Selama pengambilan hasil pengukuran, pada saat MS bergerak dengan kecepatan 120 Km/jam, MS juga memiliki kemungkinan

untuk mengalami kegagalan proses HO. Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. HO delay adalah waktu yang dihitung dari saat MS mengirimkan pesan MOB_MSHO-REQ yang bertujuan untuk memulai proses HO sampai tahap initial *ranging*.
2. Delay HO tidak terdeteksi pada saat platform mengalami perubahan posisi ke atas dan MS bergerak dengan kecepatan 80 Km/jam. Hal ini terjadi karena adanya kesalahan saat proses HO, dalam kasus ini adanya interferensi dari sel lain selama proses HO.
3. Delay HO yang didapat dari hasil simulasi untuk semua perubahan posisi platform (kecuali pada saat platform bergerak ke atas dengan kecepatan MS 80 Km/jam) adalah dibawah 50 ms, artinya delay HO tersebut masih acceptable untuk layanan VoIP.

REFERENSI

- [1] Al-Saedi, Firas Abdullah Thweny; Wafa A. Maddallah (2012): *Evaluation of Handover Process in WiMAX Networks*.
- [2] Ashoka, Bhaskar; David Eyers; Zhiyi Huang (2011): *handover Delay in Mobile WiMAX: a Simulation Study*, International Conference on Parallel and Distributed Computing.
- [3] Fadilla, Siti Dara; Zulfajri B. Hasanuddin (2012): *Handover WiMAX pada Komunikasi Wireles*, Jurnal Ilmiad Saintikom.
- [4] Ho, Kelvin; Titus Cheung; Glen Nogayev (2010): *Evaluation of Gaming Traffic over WiMAX*, Final Project.
- [5] Iskandar; K.Z. Arief (2010): *Effect of HAPS Movement on the Performance of Downlink Power Control CDMA System*, 10th International Conference on Information Science, ISSP 2010.
- [6] Janevski, Toni (2012): *Mobility Sensitive Algorithm for Vertical Handovers from WiMAX to WLAN*, 20th Telecommunications forum Telfor.
- [7] Kundu, Anindita (2010): *Performance Evaluation of Integrated WiMAX and WLAN Networks for Voice over IP Application*, Dissertation.
- [8] Linggar, Leopold (2010): *Analisa Optimasi Tahapan Handover Ntap dan Ahop pada Mobile Wimax (IEEE 802.16e) Untuk Layanan VoD*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.
- [9] Masum, Ebna; Jewel Babu (2011): *End-to-End Delay Performance Evaluation for VoIP in the LTE*

- Network*, Thesis, Master of Science Program, Blekinge Institute of Technology.
- [10] Mellyssa, Widdha. 2013. Analisis Pengaruh *Platform Displacement* Pada Kinerja *Handover* Sistem Komunikasi Mobile Wimax Haps, Thesis, Master Teknik Institut Teknologi Bandung.
- [11] Mohammed, Hasanain Ali; Prashant Pillai (2009): *Performance Evaluation of a WiMAX Enabled HAPs-Satellite Hybrid System*.
- [12] Opnet Tutorial. *Creating a Wireless Network*, (diakses April 2013), http://www.coe.montana.edu/ee/rwolf/f/EE548/EE548-S06/OPNET%20stuff/tut_wireless.
- [13] Svensson, Tommy; Alex Popescu (2003) : *Development of Laboratory Exercises based on OPNET Modeler*, Thesis, Master Degree, Blekinge Institute of Technology.
- [14] Yang, Z.; D. Grace; P.D. Mitchell. *Downlink Performance of WiMAX Broadband from High Altitude Platform and Terrestrial Deployments Sharing a Common 3.5 GHz Band* (diakses Mei 2013), <http://www.urasip.org/Proceedings/Ext/IST05/papers>.
- [15] Yu, Yongxue (2009): *Handover Performance in the Mobile WiMAX*, Graduate School Thesis and Dissertations, University of South Florida.
- [16] Yusoff, Rohaiza; Mohd Dani Baba; Muhammad Ibrahim; Ruhani Ab Rahman; Naimah Mat Isa (2012): *Handover Behaviour of Transparent Relay in WiMAX Networks*, ACEEE Int. J., Vol. 03, No. 02.
- [17] Zavala, Alejandro Aragon; Jose Luis Cuevas-Ruiz; Jose Antonio Delgado-Penin (2008), *High Altitude Platform for Wireless Communication*, 1st Edition, Wiley.