

Pengaruh Kinerja QoS Untuk Layanan VoIP Berdasarkan Jarak Dari Base Station Pada Jaringan WiMAX

Murhaban¹, Muhammad Bilal², Muhammad Nurtanzis Sutoyo¹

Dosen Teknik Mesin - Universitas Teuku Umar

Dosen Teknik Informatika - Universitas Nusantara PGRI Kediri

Dosen Sistem Informasi - Universitas Sembilanbelas November Kolaka

E-mail : murhabani@gmail.utu, m.bilal@gmail.com, grm_iyes@gmail.com

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 dalam permasalahan berdasarkan jarak base station..

Berdasarkan pengujian yang dilakukan untuk metode hard handover dan metode soft handover berdasarkan jarak base station menggunakan aplikasi voice over internet protocol pada mobile station. Diperoleh hasil dengan nilai jitter 0.015 ms – 0.21 ms, dan hasil delay 35.5 ms – 45.8 ms hal tersebut membuktikan bahwa pengaruh jitter dan delay terhadap handover dengan aplikasi VoIP masih dalam tahapan toleransi yang diizinkan. Dan berdasarkan hasil penelitian ini jarak antara satu base station dengan station lainnya sangat berpengaruh untuk mendapatkan kualitas layanan yang lebih baik. Kata Kunci : Handover, Jitter, Delay, VoIP, Quality of Service

I. PENDAHULUAN

Teknologi worldwide interoperability for microwave access (WiMAX), merupakan salah satu teknologi akses nirkabel pita lebar (broadband wireless access) 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) 802.16, umumnya masing-masing standar tersebut terus dikembangkan dengan varian-varian yang memiliki keunggulan pada penggunaan atau kondisi tertentu.[1]

Teknologi WiMax telah di ujicoba pada beberapa negara, teknologi ini dikenal dengan WiMAX yang dikenal juga dengan nama IEEE 802.16. WiMAX saat ini terbagi menjadi 2 kategori besar, yaitu IEEE 802.16d dan IEEE 802.16e. Keduanya sangat berbeda dimana IEEE 802.16d untuk segmen fixed dan nomadic sedangkan IEEE 802.16e bagi segmen portable dan mobile. [2]

Faktor utama keberhasilan dalam melakukan proses *hard handover* dan *soft handover* dengan aplikasi *user VoIP* terletak pada kualitas jaringan (sinyal). [3] menyatakan tugas dari kualitas jaringan yang baik akan menyediakan tingkat jaminan layanan yang

berbedabeda 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 untuk memberikan *network service* yang lebih baik dan terencana dengan *dedicated bandwidth*, *jitter* dan *latency* yang terkontrol dan meningkatkan loss karakteristik.

Penelitian untuk *handover* dengan kecepatan *user* yang berubah-ubah, seperti yang dilakukan oleh [4] untuk layanan *file transfer protocol*, *VoIP GSM*, *video conference*, dan *web browsing* untuk *hard handover*. Pengujian terhadap penelitian tersebut dengan menggunakan simulasi telah dilakukan namun belum ada hasil yang dapat diimplementasikan pada *soft handover*.

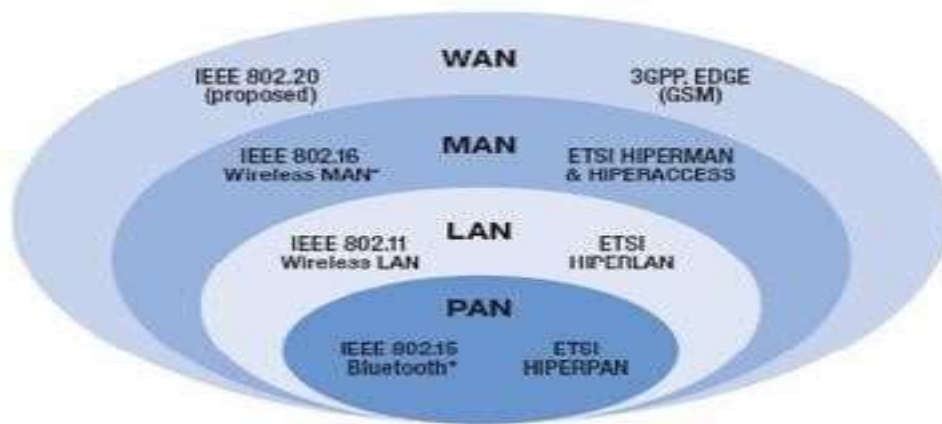
Tahapan Proses Hard Handover pada Mobile WiMAX

Jaringan mobile memungkinkan user untuk mengakses layanan dalam keadaan bergerak sehingga memberikan “kebebasan” kepada pengguna dalam hal mobilitas. Akan tetapi, kebebasan ini 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 radio yang baru dibentuk. Bagi pembawa (*bearer*) *real-time* hal ini berarti pemutusan hubungan yang singkat dari *bearer*

II. METODE PENELITIAN

2.1. Worldwide Interoperability for Microwave Access

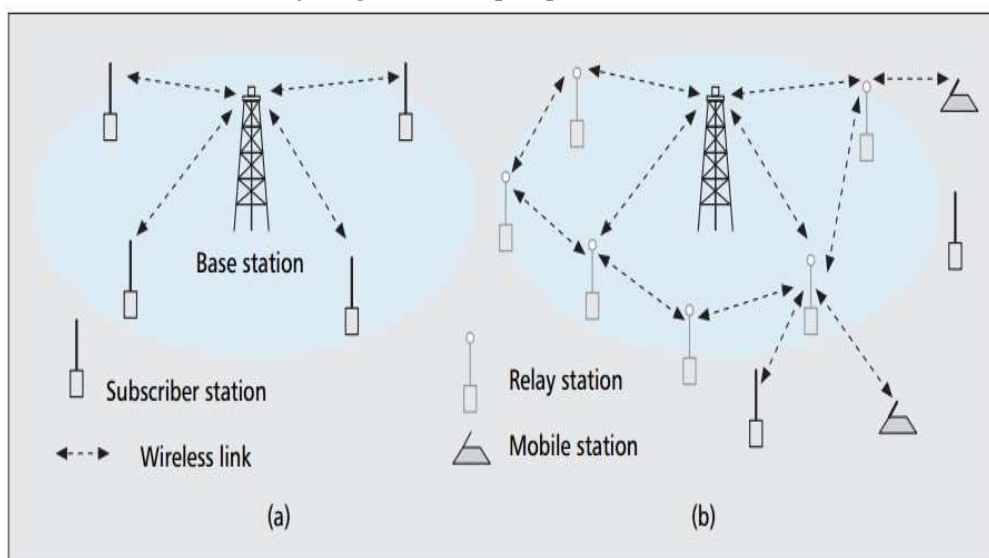
Worldwide interoperability for microwave access (WiMAX) adalah sebuah sistem komunikasi nirkabel baru yang diharapkan dapat memberikan tingkat komunikasi data *rate* lebih baik di *metropolitan area networks (MAN)* [5]. Dalam beberapa tahun terakhir, IEEE 802.16 kelompok kerja telah mengembangkan jumlah standar untuk *WiMAX*. Standar pertama diterbitkan pada tahun 2001, yang bertujuan untuk mendukung komunikasi pada frekuensi 10-66 GHz. Pada tahun 2003 IEEE 802.16a diperkenalkan untuk memberikan spesifikasi lapisan fisik tambahan untuk pita frekuensi 2-11 GHz. Kedua standar tersebut kemudian direvisi pada 2004 (IEEE 802.16-2004). Baru-baru ini, IEEE802.16e juga telah disetujui sebagai resmi standar untuk aplikasi [6] ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Standar-standar yang mendukung komunikasi MAN disatukan dengan Standar *WiMAX* [6].

2.2 Arsitektur Sistem

Menurut standar *IEEE 802.16e*, teknologi *mobile WiMAX* mendukung dua operasi *mode: point to multipoint* (PMP) dan *mesh* untuk mendistribusikan trafik. Simulasi jaringan *WiMax* ini dimodelkan dengan sebuah jaringan yang menggunakan topologi mesh yaitu topologi penggabungan antara *point to point* dan *point to multipoint* yang digunakan untuk melayani akses langsung ke pelanggan [1] untuk digunakan meng-handle *subscriber site (mobile station)*. Adapun kemampuan dari *mobile station* untuk bertahan dan berkomunikasi dalam jaringan tergantung dari tipe QoS yang ditawarkan, tetapi dalam simulasi ini digunakan tipe QoS *real time polling service* didesain mendukung aliran *service real-time* dengan membangkitkan paket data *variable-size*. Bentuk topologi yang digunakan adalah arsitektur jaringan *mesh* seperti pada Gambar 2 b.



Gambar 2 Arsitektur Jaringan *WiMAX*; a) topologi PMP; b) Topologi Mesh [6]

Pemodelan Topologi *mesh* pada jaringan *WiMAX* dapat lebih praktis karena menerapkan konsep *routing* dimana semua data ditransmisikan dengan menemukan perkiraan *route*

terpendek ke *node* tujuan. Data dikonfigurasi otomatis mengalir di sepanjang jalur, melompat dari *node* yang satu ke *node* yang lain hingga mencapai *node* tujuan. Setiap perangkat terhubung secara langsung ke perangkat lainnya yang ada di dalam jaringan mulai dari *transport site (server)* menuju ke *base station* dan dari *base station* menuju ke *subscriber site (mobile station)*. Hubungan *dedicated links* menjamin data dikirimkan ke *user* tujuan dapat lebih cepat karena semua *link* digunakan tujuan berkomunikasi dengan *user* yang dituju saja. Topologi ini juga memiliki sifat *robust*, yaitu Apabila terjadi gangguan pada koneksi satu BS dan BS lain tidak mempengaruhi koneksinya

2.3 IP Address Node

Routing merupakan sebuah pengalamanan menuju alamat tujuan tanpa melalui/bisa melalui *host* lain. Dimana sebuah *base station* dengan IP *address* 172.5.0.71 dengan kelas *subnet mask* kelas B 255.255.0.0 mengirimkan data atau melayani *mobile station* dengan alamat IP 192.168.1.1 kelas *subnet mask* kelas C 255.255.255.0. Pada OPNET Modeler 14.5 akan dikonfigurasi IP *routing parameter* dengan mengkonfirusikan IP pada *interface information (IF)*. Sedangkan IP *address* digunakan sebagai alamat dalam hubungan antar *node* jaringan *WiMAX*, sehingga paket data yang dikirim melalui *area tranport site* harus dipastikan sampai ketujuan akhir yaitu *mobile station*.

Node dalam jaringan berbasis IP diberikan IP *address* pada IP *host parameter* melalui *interface information* berstatus *active* dengan kelas *subnet mask* masing-masing yang digunakan untuk saling berinteraksi satu sama lainnya dan berperan dalam mentransmisikan paket data dari *node* ke *node*. Berikut konfigurasi IP *address* pada *nodenode* tersebut.

1. Server

Tabel 1 Konfigurasi IP Address Server

Interface Name	Address	Subnet Mask
IF0	172.9.0.71	255.255.0.0

Berdasarkan Tabel 1 IF0 *server* berkomunikasi dan terhubung ke IF0 *backbone* (Tabel 2). *Server* bagian *transport site* sebagai sentral dalam jaringan mengirim trafik dan mengontrol memakai *subnet mask* kelas B. *Backbone* sebagai penghubung atau yang menjembatani aliran trafik.

2. Backbone

Tabel 2 Konfigurasi IP Address Backbone

Interface Name	Address	Subnet Mask
IF0	172.0.0.72	255.255.0.0
IF1	172.1.0.72	255.255.0.0
IF2	172.2.0.72	255.255.0.0
IF3	172.3.0.72	255.255.0.0
IF4	172.4.0.72	255.255.0.0
IF5	172.5.0.72	255.255.0.0
IF6	172.6.0.72	255.255.0.0

IF7	172.7.0.72	255.255.0.0
IF8	172.8.0.72	255.255.0.0
IF9	172.9.0.72	255.255.0.0

Tabel 2 IF 0 *backbone* akan terhubung dengan IF0 *server* (Tabel 1), sedangkan IF1-IF9 akan terhubung dengan IF4 (Tabel 4.3) dari setiap *base station*. Tugas dari *backbone* memastikan paket yang dikirim sampai ke *base station* dan menjaga dari kejadian *fault tolerance* dan menjaga agar tidak terjadi *transfer bottleneck*. *Backbone* memakai *subnet mask* kelas B. 3. *Base Station*

Tabel 3 Konfigurasi IP Address *Base Station*

	Interface information	
	IF4	IF8
SBS 0	172.0.0.71	192.168.1.1

TBS 1	172.1.0.71	192.168.2.1
TBS 2	172.2.0.71	192.168.3.1
TBS 3	172.3.0.71	192.168.4.1
TBS 4	172.4.0.71	192.168.5.1
TBS 5	172.5.0.71	192.168.6.1
TBS 6	172.6.0.71	192.168.7.1
TBS 7	172.7.0.71	192.168.8.1
TBS 8	172.8.0.71	192.168.9.1

Berdasarkan Tabel 3 terdapat satu *serving BS* dan delapan *target BS* dengan *subnet mask* kelas B, dimana IF 4 terhubung dengan IF1-IF9 *backbone* (Tabel 2) dan IF8 akan berkomunikasi dengan IF0 (Tabel 4) pada *mobile station*. Semua perintah pada *base station* dalam melakukan *handover* dan pengaturan trafik dikontrol oleh *mobile telephone switching office* (MTSO) melalui *mobile switching center* (MSC) terutama ketika melakukan peralihan dengan penentuan metode *handover* berdasarkan kecepatan *mobile*.

4. *Mobile Station*

Tabel 4 Konfigurasi IP Address *Mobile Station*

Interface Name	Address	Subnet Mask
IF0	192.168.1.1-6	255.255.255.0

IF0 *mobile station* pada Tabel 4 memakai *subnet mask* kelas C dan akan terhubung dengan semua *base station* yang dilewati baik SBS maupun TBS melalui IF 8 (Tabel 4.3). Service dari *base station* akan diberikan ketika *mobile* melakukan mobilitasnya sekali putaran (*one way*) yaitu ketika melewati batas *coverage area* dari setiap *base station*.

2.4 Rancangan VoIP

Penelitian ini menggunakan aplikasi voice over internet protocol dengan memanfaatkan jaringan mobile WiMAX untuk melakukan komunikasi suara. Model VoIP yang dirancang mengacu pada ITU-T, [7]) menggunakan standar H.323 untuk komunikasi multimedia real-time dan konferensi melalui jaringan packet-based. Untuk mendukung voice over internet protocol dalam jaringan digunakan protokol TCP/IP untuk memproses dan mengirim data. Pada bagian transport layer akan digunakan protokol TCP untuk menjaga hubungan komunikasi end-to-end dengan konsep mengirim dan menerima segmen informasi yang panjang data bervariasi, serta menjamin reabilitas hubungan komunikasi karena akan melakukan perbaikan terhadap data yang rusak dengan menerima dan mengirim sinyal acknowledgment (ack). Dalam Aplikasi VoIP, TCP juga digunakan pada saat signaling, serta untuk menjamin setup suatu call pada sesi signaling.

Model VoIP dirancang dengan jumlah user yaitu 1 user (pertama), 3 user (kedua) dan 6 user (ketiga). Semua user tersebut akan melewati base station dan di mulai dari base station 0 sampai base station 8, sedangkan lawan bicara tidak bergerak dengan jumlah user sama dan berada di dalam jaringan yang sama. Ketika komunikasi berlangsung waktu diam antara pennelepon dan penerima saat melakukan komunikasi memiliki nilai silence minimum 4 second dan maksimum 60 second.

Waktu bicara antara pennelepon dan penerima saat melakukan komunikasi atau talk spurt minimum 8 second dan maksimum 1800 second. Hal tersebut memberi keleluasaan dalam berkomunikasi tetapi dalam penelitian ini dibatasi dengan nilai maksimum, dan ketika komunikasi dua arah terjadi maka periode talkspurt dan silence akan bekerja secara bergantian. Prioritas permintaan paket oleh aplikasi dalam simulasi menggunakan protokol signaling SIP type of service interactive voice (6), dengan tugas utama memodifikasi dan mengakhiri sesi multimedia. Paket data dikirim dari transport site (server) dan diterima subscribe site (mobile station).

Adapun tugas utama antara pengirim paket (server) dan penerima paket (VoIP) adalah. a) Pengiriman Paket

Pengirim akan bertanggung jawab dalam beberapa hal seperti :

1. Mengatur sending rate setelah mendapatkan informasi yang diberikan penerima
2. Mengirim paket
3. Memastikan paket yang dikirim sampai ketujuan dengan cara mendeteksi dan koreksi kesalahan dengan mengirim sinyal acknowledge (ack).

Pengiriman paket akan dikontrol oleh transmission control protocol (TCP). Bit rate yang dikirim menggunakan encoder scheme G.711 dengan besaran laju bit rate 64 kbps yang didistribusikan ke penerima atau user. Bila ada paket yang gagal atau packet loss maka protocol TCP akan mengirim sinyal ack dan jika sinyal ack tidak diterima dalam interval waktu tertentu maka sistem akan memastikan bahwa paket benar-benar gagal, maka paket data akan dikirim kembali. Dalam simulasi menggunakan OPNET 14.5 protocol TCP khususnya duplicate ack threshol harus selalu dalam keadaan enable. b) Penerima Paket

Selama komunikasi berlangsung pengirim akan menerima paket ack dari penerima. Paket tersebut mengandung informasi yang dibutuhkan pengirim untuk mengatur sending rate sebagai usaha mencegah congestion. Sending rate akan selalu diperbaharui setiap pengirim menerima paket ack dan jika waktu duplicate ack threshol digunakan. Maka duplicate ack threshol akan memicu retransmisi, dengan jumlah maximum ack segments setelah sinyal ack dikirim 2 kali ke pengirim.

2.5 Skenario Pengujian

Berdasarkan rumusan masalah Sub Bab I, maka skenario pengujian dalam penelitian ini dilakukan pengujian *quality of service* saat melakukan *handover* untuk mempertahankan agar koneksi tetap terjaga sehingga pemutusan hubungan tiba-tiba pada mobile station dihindari.

Pengujian dengan variasi skenario pada Tabel 5 dan Tabel 6 disetiap skenario dilakukan tiga kali pengujian dengan jumlah user yang berbeda, dan divariasikan kecepatan serta jarak antar *base station*. Setiap pengujian *user* melakukan mobilitas dan melewati delapan *base station* dengan *route* searah serta berlawanan arah jarum jam, ketika setiap melewati *base station* akan melakukan *handover* dengan kecepatan *user* konstan, setelah melakukan *handover* maka akan diambil hasil *jitter*, *delay* dan *throughput* untuk kemudian dianalisa. Dengan laju *bit rate* yang dikirim ke user menggunakan codec G.711 dengan besaran 64 kbps.

Tabel 5 Variasi Skenario *Hard Handover*

Kecepatan (Km/jam)	Jarak Antar BS (Km)	Skenario	User		
20	5 & 9	1	1	3	6
45		2	1	3	6
60		3	1	3	6

Tabel 6 Variasi Skenario *Soft Handover*

Kecepatan (Km/jam)	Jarak Antar BS (Km)	Skenario	User		
65	5 & 9	1	1	3	6
85		2	1	3	6
100		3	1	3	6

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Handover Untuk Jarak Base Station

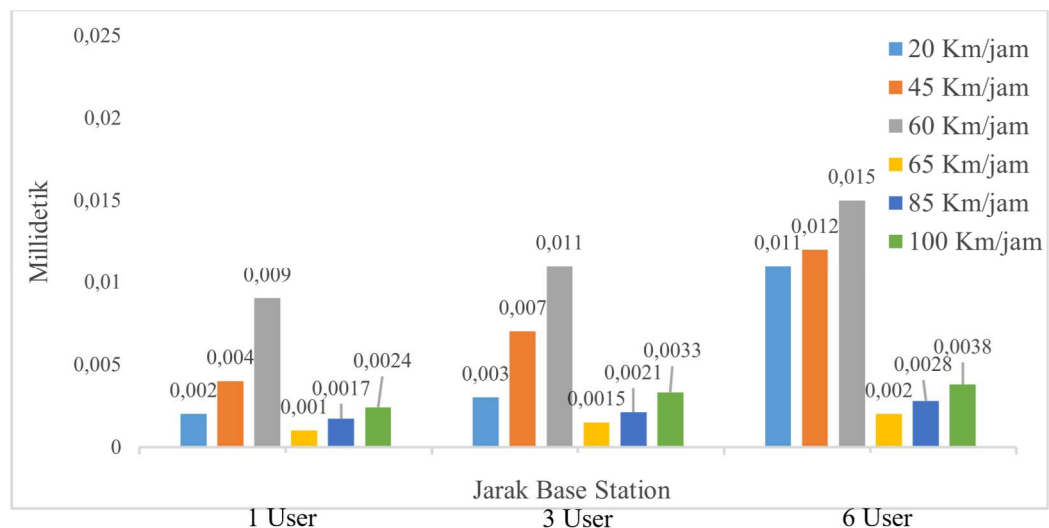
Pengujian ini akan dilakukan untuk mengetahui kualitas handover berdasarkan jarak antara 1 base station dengan base station yang lainnya. Nilai dari *jitter*, *delay* dan *throughput*, akan dianalisa berdasarkan skenario pengujian pada jaringan *WiMAX* sampai

terjadinya *handover* dengan *user* (VoIP) bergerak memanfaatkan *protocol* TCP. Simulasi ini dilakukan dengan OPNET Modeler 14.5 educational.

Hasil pengujian *handover* dengan jarak antara *base station* divariasikan jaraknya yaitu 5 km dan 9 km, dengan kecepatan yang berbeda dan penambahan *user* aktif. Pengujian akan dilakukan menggunakan metode *hard handover* dan *soft handover* dengan *rute mobile station* melewati 8 *base station* berlawanan arah jarum jam. Dalam simulasi pengujian ini menggunakan protokol TCP dengan bit rate 64 Kbps per panggilan ketika *mobile station*.

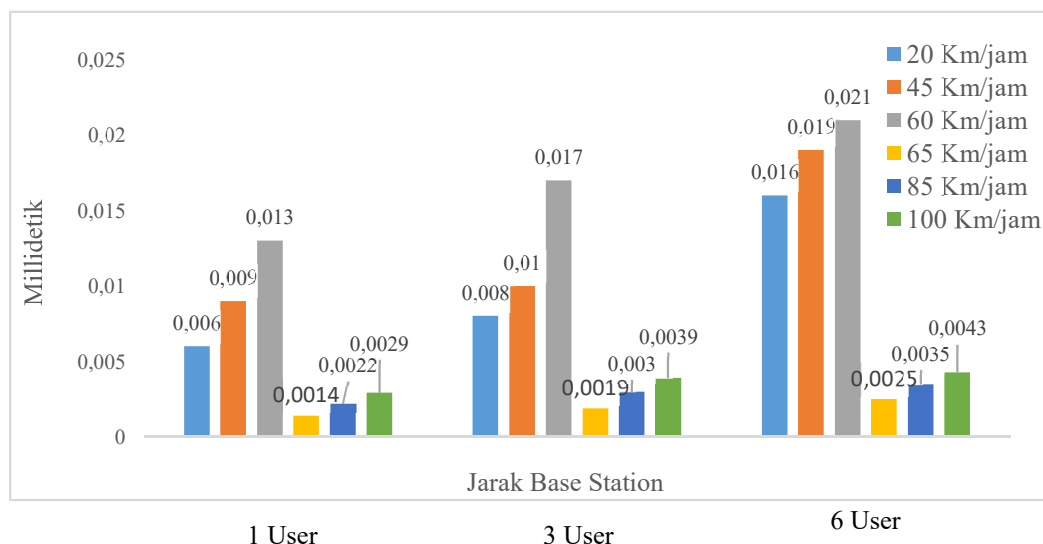
3.1.1 Hasil Jitter

Gambar 3 memperlihatkan ketika *handover* untuk jarak antar *base station* 5 km dengan besaran nilai *jitter* yaitu 0.015 millidetik (6 user) pada kecepatan 60 km/jam (*hard handover*), hal tersebut dikarenakan proses paket data yang dikirim tidak langsung dieksekusi dan terjadi perbedaan interval waktu antara pengiriman dan penerimaan paket data, berbeda dengan *soft handover* untuk nilai *jitter* 0.0038 millidetik pada kecepatan 100 km/jam. Perbedaan tersebut diakibatkan karena *collision* dan *congestion* dalam jaringan, Sehingga jarak antara *base station* akan mempengaruhi kondisi sinyal yang diberikan ketika melakukan *handover*, dimana ketika memasuki *area handoff* tersebut *quality of service* harus benar-benar terjamin. Selanjutnya Gambar 3 memperlihatkan kualitas *jitter* terbaik ketika melakukan *handover* dengan jarak *base station* 5 km untuk kecepatan 65 km/jam dengan 1 *user* yaitu 0.001 millidetik, kondisi tersebut terjadi karena respon cepat antara BS *servicing* dan BS *target* ketika *mobile station* *re-request* permintaan perlihan *service* dari BS *servicing*.



Gambar 3 *Jitter Hard Handover* dan *Soft Handover* untuk Jarak *Base Station* 5 km Selanjutnya pada Gambar 3 memperlihatkan nilai *jitter* dengan jarak antar *base station* 9 km ketika *mobile station* ketika melakukan *handover*. Pada jarak *base station* 9 km tersebut menghasilkan nilai *jitter* lebih besar (longgar) untuk kecepatan 60 km/jam yaitu 0.021 millidetik (6 *user*), sedangkan pada kecepatan 65 km/jam nilai *jitter* 0.0014 millidetik (1 *user*). Hal tersebut membuktikan bahwa semakin jauh *area* jangkauan *base station* akan semakin menurun *quality of service* yang diberikan terhadap *mobile station*. Akan tetapi sebelum melakukan *handover mobile station* selalu akan menentukan rasio keefektifan

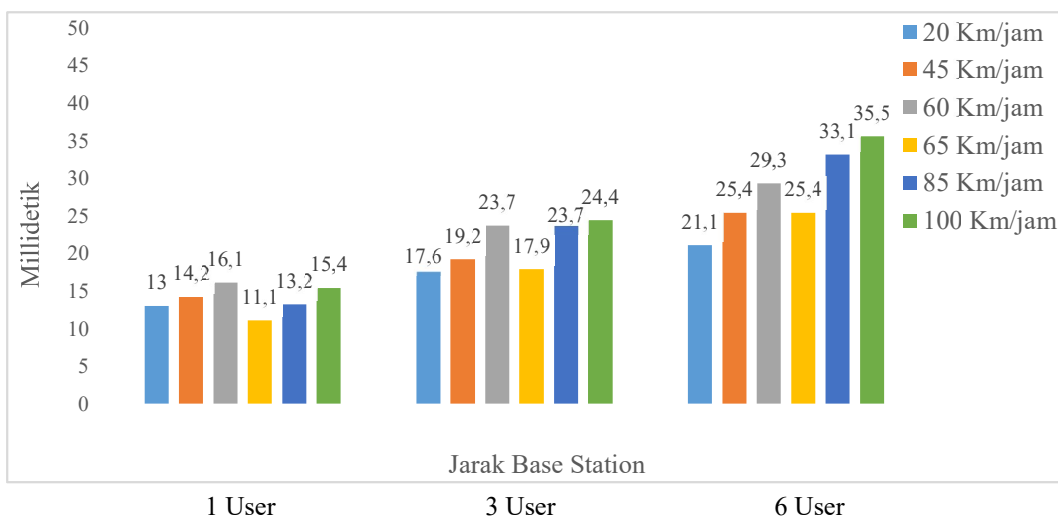
sinyal antara *servicing base station* dengan *target base station*. Berikut Gambar 4 memperlihatkan hasil *jitter* dengan jarak antar *base station* 9 km.



Gambar 6.8 *Jitter Hard Handover dan Soft Handover* untuk Jarak Base Station 9 km

3.3.2 Hasil Delay

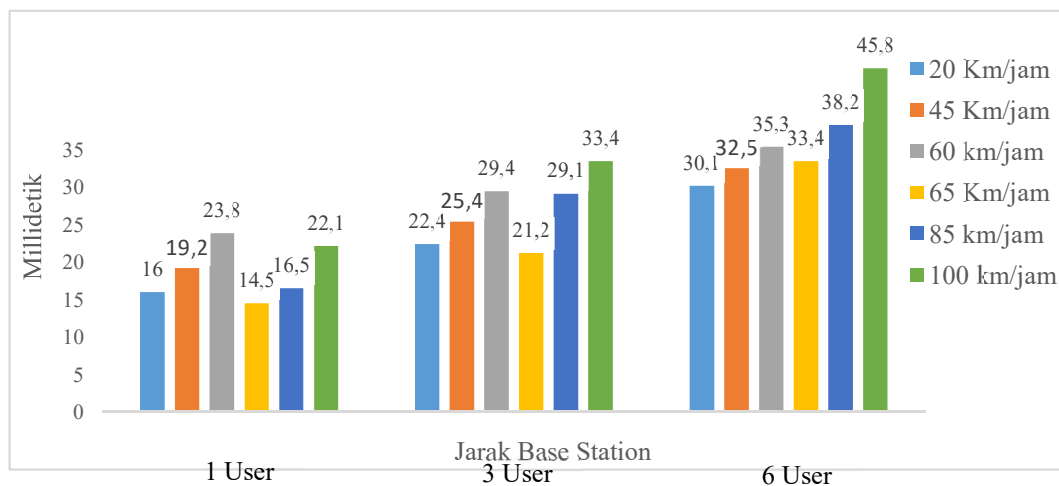
Hasil *delay* pada Gambar 5 yaitu ketika *mobile station* melakukan *handover* untuk prioritas sasaran 1 *target base station* dengan jarak antar BS yaitu 5 km. Terjadi kenaikan *delay* yang signifikan pada kecepatan 100 km/jam yaitu 35.5 millidetik (*soft handover*) dan *delay* minimal pada kecepatan 65 km/jam yaitu 11.1 millidetik, besarnya *delay* yang terjadi pada kecepatan 100 km/jam dipengaruhi oleh waktu tunggu yang dilayani pada sebuah *trunk* dan akibat meminimalkan *buffer jitter* dari sisi pengguna untuk proses *decoding* dan *decompressi* paket data yang terima berdasarkan rekomendasi (ITU-T, 2003). Hasil *delay* dengan jarak *base station* 5 km seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 *Delay Hard Handover dan Soft Handover* untuk Jarak Base Station 5 km

Sedangkan pada Gambar 7 menunjukkan hasil *handover* yang jarak *base station*-nya 9 km, dengan rata-rata nilai *delay* yang dihasilkan masih dapat diterima berdasarkan standar

yang dikeluarkan Cisco (2004). Nilai *delay* tertinggi terjadi pada kecepatan 100 km/jam (6 user) yaitu 45.8 millidetik, besaran nilai *delay* dipengaruhi untuk menekan *buffer delay* untuk mengatasi naiknya nilai *jitter* ketika terjadi antrian data yang akan diproses dalam jaringan. Selanjutnya nilai *delay* terkecil terjadi pada kecepatan 65 km/jam (1 user) yaitu 14.5 millidetik dengan jarak antar *base station* 9 km. Hasil terkecil nilai *delay* ketika melakukan *handover* akibat terhindar dari antrian yang lama karena hanya memakai 1 *user* dan proses paketasasi *digital voice sample* yang terjadi menjadi cepat. Gambar 7 menunjukkan hasil *handover* dengan jarak antar *base station* 9 km.



Gambar 7 Delay Hard Handover dan Soft Handover untuk Jarak Base Station 9 km

50
45
40

IV. 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 *optmized network engineering tools*, dapat disimpulkan :

1. Pengujian tiga skenario metode *hard handover* dan *soft handover*, dilakukan menggunakan tiga kali pengujian dimana pada nilai jitter 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* 0.015 ms ms metode *hard handover* dan 0.21 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 akan tetapi *jitter* yang dihasilkan lebih baik dengan jarak base station 5 Km.
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 35.5 ms metode *hard handover* dan 38.8 ms *soft handover*, kenaikan tertinggi *delay* terjadi setiap pengujian ketiga dengan 6 user aktif pada jarak base station 9 Km. 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

V. 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.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibisono, G., Hantoro, G. D., 2006, *WiMAX Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan.*, Informatika Bandung.
- [2] Bachtiar. Y., Santoso. I., Zahra. A.A., 2013, Evaluasi Kinerja Tahapan Handover Pada Pengguna Unggal Layanan Ftp Jaringan Mobile Wimax (IEEE 802.16E).
- [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] Setianto,W., Uke, K. U., Mufti, N. A., 2008, Analisis Vertical Handoff pada Interworking antara Jaringan Akses Wireless 802.11e dan 802.16, *Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom.*, Bandung.
- [5] Vaughan, S. J., Nichols., 2004, Achieving Wireless Broadband with WiMAX, *IEEE Comp*, vol. 37, issue 6, June 2004., pp. 10–13.
- [6] Kejie, L., Qian, Y., Chen, H. H., 2007, A Secure and Service-Oriented Network Control Framework for WiMAX Networks. *IEEE Communications Magazine.*, May 2007., pp. 124-130.
- [7] ITU-T., 2003, *Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks*

“One-Way Transmission Time” Recommendation G.114, International
Telecommunication Union.