

**ANALISIS PERFORMANSI VoIP (Voice over Internet Protocol)
PADA JARINGAN WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)
DI WILAYAH DKI JAKARTA**

Widhiatmoko HP¹ ; Hesti Susilawati²; Rahmat K. Noviandono³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

aries_whp001@yahoo.com, hesti_s@yahoo.co.id, noviandono@yahoo.com

ABSTRAK

VoIP adalah suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lainnya menggunakan perantara protokol IP. Dengan adanya teknologi VoIP biaya telepon bisa lebih murah terutama untuk berkomunikasi ke luar negeri karena *voice* dan *data* menggunakan jaringan yang sama yaitu jaringan internet. VoIP merupakan layanan yang sangat rentan terhadap *delay* sedangkan jaringan akses yang ada saat ini memberikan *delay* yang cukup besar untuk VoIP. Salah satu alternatif jaringan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memakai teknologi WiMAX karena WiMAX dapat memberikan layanan data berkecepatan hingga 70 Mbps. Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa nilai *one way delay*, *jitter* dan *packet loss* masih berada pada nilai yang direkomendasikan oleh ITU-T, yaitu nilai maksimum *one way delay* yang didapat dari pengukuran adalah 159,87 ms, untuk *jitter* 7,52 ms dan untuk *packet loss* adalah 3,175 %. *One way delay* dan *packet loss* dari hasil pengukuran digunakan untuk mencari nilai MOS yang merupakan nilai kualitas dari VoIP. Rentang nilai MOS yang didapat dari perhitungan yaitu 3,6 sampai 4,2 yang berarti VoIP layak untuk di aplikasikan ke dalam jaringan WiMAX. Sedangkan nilai maksimal *throughput* bisa mencapai 2,8 Mbps untuk *downlink* dan 0,575 Mbps untuk *uplink*. Dari penelitian didapat juga bahwa nilai SQI yang berada di atas nilai standar perangkat akan memberikan nilai SNR yang cukup tinggi, sedangkan semakin tinggi nilai SQI maka nilai RSSI-nya juga semakin besar.

Kata kunci : VoIP, WiMAX, *One way delay*, *jitter*, *packet loss*, MOS, *throughput*, SQI, SNR, RSSI

ABSTRACT

VoIP is a system that uses the Internet network to transmit voice packets from one place to another using IP protocols intermediaries. With VoIP technology can be much cheaper call charges, especially for communicating overseas because of voice and data using the same network ie the Internet network. VoIP is a service that is very susceptible to delay while the existing access network is currently providing a significant delay for VoIP. One alternative network that can be used to overcome these problems is to use WiMAX technology because WiMAX can provide speed data services up to 70 Mbps. From the research, results of one way delay, jitter and packet loss still at the value recommended by ITU-T, which is the maximum value of one way delay measurement is 159.87 ms, for jitter 7.52 ms and for packet loss is 3.175%. The one way delay and packet loss from the measurement used to find the MOS score which is the value for quality of VoIP. MOS value range obtained from the calculation of 3.6 to 4.2, which means VoIP feasible to apply to the WiMAX network. The maximum value can reach 2.8 Mbps throughput to 0.575 Mbps for downlink and uplink. From the research also found that the SQI values that are above the standard value of the device will provide a high SNR value, and the higher SQI values then its RSSI value is also bigger.

Keyword : VoIP, WiMAX, *One way delay*, *jitter*, *packet loss*, MOS, *throughput*, SQI, SNR, RSSI

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dampak dari perkembangan teknologi, saat ini hadir teknologi VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Teknologi ini dapat dijadikan solusi bagi perusahaan-perusahaan untuk sarana berkomunikasi dengan biaya yang relatif murah dan dapat meningkatkan efisiensi pengeluaran perusahaan. Dengan adanya teknologi VoIP ini biaya telepon bisa lebih murah terutama untuk berkomunikasi ke luar negeri karena *voice* dan *data* menggunakan jaringan yang sama yaitu jaringan internet. Di samping itu pada jaringan paket IP (*Internet Protocol*) terminal dapat dipasang di berbagai *port ethernet* dan *IP address*, tidak seperti telepon tradisional yang harus mempunyai *port* tersendiri di pusat. Namun salah satu kendala dalam mengimplementasikan VoIP adalah kecepatan layanan internet saat ini yang masih kurang untuk diaplikasikannya VoIP, karena pengaruh *delay* yang besar bisa menyebabkan *jitter* dan *packet loss* pada jaringan data.

Oleh karena itu saat ini muncul suatu standar teknologi *wireless* yang disebut WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). WiMAX ini diklaim mampu memberikan layanan data berkecepatan hingga 70 Mbps dalam radius hingga 50 km. WiMAX juga sudah meliputi fitur QoS (*Quality of Service*) yang memungkinkan layanan termasuk *voice* dan *video* dengan *delay* rendah.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa VoIP pada jaringan WiMAX. Maka rumusan masalah yang terkait dengan hal di atas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana performansi jaringan WiMAX dalam mendukung layanan VoIP ?
2. Bagaimana nilai parameter *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput* mempengaruhi layanan VoIP ?
3. Apakah jaringan WiMAX telah memenuhi standar untuk diaplikasikan pada layanan VoIP ?

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan Penelitian ini dilakukan pembatasan-pembatasan agar masalah yang dibahas menjadi lebih terarah. Antara lain:

1. Parameter yang diukur untuk analisa VoIP adalah *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*,
2. Parameter secara subyektif menggunakan *Mean Opinion Score* (MOS),
3. Komunikasi suara hanya terjadi di dalam jaringan WiMAX saja,
4. Teknologi WiMAX yang digunakan pada standar 802.16d.
5. Mekanisme pemrosesan sinyal dan modulasi tidak diikutsertakan dalam pembahasan.
6. Tidak membahas proses keamanan jaringan.
7. Mekanisme pemrosesan sinyal tidak diikutsertakan dalam pembahasan,

8. Tidak membahas proses keamanan jaringan,
9. Tidak membahas propagasi LOS (*Line Of Sight*) dan NLOS (*Non Line Of Sight*).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan Penelitian ini adalah untuk menganalisa performansi sistem jaringan yang berbasis IP (*Internet Protocol*) seperti WiMAX dalam mendukung layanan *real time* seperti *voice*. Pada Penelitian ini akan digunakan parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss* untuk menganalisa performansi VoIP pada jaringan WiMAX. Dan mengukur *throughput* untuk membuktikan konsistensi dari perangkat teknis atau teoritis dari WiMAX itu sendiri.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah.

1. Dapat memperluas wawasan di bidang telekomunikasi khususnya mengenai WiMAX.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran yang berarti bagi penyedia jasa telekomunikasi *wireless*.
3. Hasil penelitian dapat menambah perbendaharaan hasil penelitian selanjutnya yang lebih mendalam dan bervariasi di bidang telekomunikasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*

2.1.1. Pengertian

WiMAX adalah teknologi berstandar dasar IEEE 802.16 yang memungkinkan pengiriman data untuk akses *wireless broadband* sebagai alternatif dari akses kabel atau DSL (*Digital Subscriber Line*). WiMAX dapat menyediakan tipe akses *fixed*, *nomadic*, *portable* dan *mobile wireless broadband* untuk kondisi LOS (*Line Of Sight*) dan NLOS (*Non Line Of Sight*). Hanya dengan satu *Base Station*, secara teori cakupan dari radius selnya bisa mencapai 50 km, WiMAX Forum menyatakan, sistem dapat mengirimkan data dengan kecepatan sampai 75 Mbps per *carrier* untuk tipe akses *fixed* dan *portable*.

2.2. *Voice over Internet Protocol (VoIP)*

2.2.1 *Voice over Internet Protocol (VoIP) Overview*

Voice over Internet Protocol dikenal juga dengan sebutan IP (*Internet Protocol*) *Telephony*. Secara umum, VoIP (*Voice over Internet Protocol*) didefinisikan sebagai suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lainnya menggunakan perantara protokol IP (*Internet Protocol*). VoIP (*Voice over Internet Protocol*) mentransmisikan sinyal suara dengan mengubahnya ke dalam bentuk digital, dan dikelompokkan menjadi paket-paket data yang dikirim dengan menggunakan *platform* IP (*Internet Protocol*). Jaringan IP (*Internet*

Protocol) sendiri adalah merupakan jaringan paket berbasis protokol IP (*Internet Protocol*).

2.2.2 Format Paket VoIP

Tiap paket VoIP terdiri atas dua bagian, yakni *header* dan *payload*. *Header* terdiri atas IP (*Internet Protocol*) *header*, *Real-time Transport Protocol* (RTP) *header*, *User Datagram Protocol* (UDP) *header*, dan *link header*

2.2.3 Konfigurasi Jaringan VoIP

VoIP tidak hanya digunakan untuk komunikasi suara antar komputer yang terhubung pada jaringan IP (*Internet Protocol*), namun juga diintegrasikan dengan PSTN (*Public Switched Telephone Network*). VoIP bisa diimplementasikan menjadi tiga konfigurasi, yaitu dari PC (*Personal Computer*) ke PC, dari PC ke *phone*, dan yang terakhir dari *phone* ke *phone*.

2.3 Standar Kompresi Suara

ITU-T membuat beberapa standar untuk *voice coding* yang direkomendasikan untuk implementasi VoIP. Beberapa standar antara lain G.711 dan G.723.1. Standar G.711 banyak digunakan oleh operator telekomunikasi termasuk PT. Telkom sebagai penyedia jaringan telepon terbesar di Indonesia. Sedangkan G.723.1 adalah jenis pengkode suara yang direkomendasikan untuk terminal multimedia dengan *bit rate* rendah.

2.4 Metode Pengukuran Performansi VoIP

2.4.1 Parameter Objektif Kualitas VoIP

Performansi merupakan kumpulan dari beberapa parameter besaran teknis, yaitu *availability*, *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*.

2.4.2 Parameter Subjektif Kualitas VoIP

Untuk menentukan kualitas layanan suara dalam jaringan IP (*Internet Protocol*) dapat digunakan beberapa parameter subjektif, salah satunya adalah dengan metode *Mean Opinion Score* (MOS). MOS (*Mean Opinion Score*) merupakan parameter subjektif untuk mengukur kualitas suara pada VoIP.

Pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas suara berdasarkan penyebab menurunnya kualitas suara dalam jaringan VoIP dimodelkan dengan E-Model yang distandarkan kepada ITU-T G.107.

Nilai akhir estimasi E-Model disebut dengan R faktor. R Faktor ini didefinisikan oleh persamaan (1),

$$R = 94,2 - I_d - I_{ef} \quad (1)$$

I_d = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh *one way delay*.

I_{ef} = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan *packet loss* yang terjadi.

Nilai I_d ditentukan dari persamaan (2)

$$I_d = 0,024 d + 0,11 (d - 177,3)H(d - 177,3) \quad (2)$$

Nilai I_{ef} tergantung pada metode kompresi yang digunakan. Untuk teknik kompresi sesuai dengan rekomendasi G.107 nilai I_{ef} sesuai dengan persamaan (3)

$$I_{ef} = 7 + 30 \ln (1 + 15 e) \quad (3)$$

Maka secara umum persamaan nilai estimasi R Faktor menjadi:

$$R = 94,2 - 0,024 d + 0,11 (d - 177,3)H(d - 177,3) - 7 + 30 \ln (1 + 15 e) \quad (4)$$

R = Faktor kualitas transmisi

d = Delay (milli second)

H = Fungsi tangga; dengan ketentuan

$$H(x) = 0 \quad \text{jika } x < 0, \text{ lainnya}$$

$$H(x) = 1 \quad \text{untuk } x \geq 0$$

e =Persentasi besarnya *paket loss* yang terjadi (dalam bentuk desimal)

Untuk mengubah estimasi dari nilai R kedalam MOS terdapat ketentuan sebagai berikut :

$$\text{Untuk } R < 0 : \text{MOS} = 1 \quad (5)$$

$$\text{Untuk } R > 100 : \text{MOS} = 4.5 \quad (6)$$

Untuk $0 < R < 100$:

$$\text{MOS} = 1 + 0,035 R + 7 \times 10^{-6} R (R - 60)(100 - R) \quad (7)$$

Tabel 1 Rekomendasi ITU-T P.800 untuk nilai kualitas berdasarkan MOS

Nilai MOS	Opini
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup Baik
2	Tidak Baik
1	Buruk

(Sumber: *Suhartati Agoes*, 2007)

2.5 Perhitungan Kualitas Sinyal Transmisi

2.5.1 SNR (Signal to Noise Ratio)

Signal to Noise Ratio merupakan perbandingan antara daya sinyal dengan daya *noise* pada kanal.

2.5.2 SQI (Signal Quality Index)

SQI adalah suatu parameter yang menunjukkan indeks dari level sensitifitas kualitas sinyal. SQI digunakan untuk menentukan *threshold* pada data. Dengan kualitas sinyal terbaik bernilai 100% sedangkan nilai kualitas sinyal terburuk adalah 0.

2.5.3 RSSI (Receive Signal Strength Indicator)

RSSI adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima ($\text{RSSI} \geq \text{Rth}$). Sensitivitas perangkat penerima merupakan kepekaan suatu perangkat pada

sisi penerima yang dijadikan ukuran *threshold*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di PT. XL AXIATA Tbk. Jakarta dan waktu penelitian adalah 20 minggu.

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki tahapan sebagai berikut :

i. Tahap Persiapan

Merupakan tahapan awal sebelum melakukan penelitian diantaranya yaitu membuat pra proposal hingga proposal penelitian, survei lapangan dengan menentukan area atau wilayah yang akan dijadikan penelitian, dan menentukan skenario pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian.

ii. Tahap Pengumpulan Data

Merupakan tahapan pengumpulan data lapangan hingga tahap pra-analisis. Pengumpulan data lapangan diambil dengan cara mengukur parameter sebagai berikut:

1. *Signal Noise to Ratio* (SNR).
2. *Received Signal Strength Indicator* (RSSI).
3. *Signal Quality Index* (SQI).
4. *Throughput*.
5. *Packet Loss*.
6. *Delay*.

7. *Jitter*.

iii. Tahap Pengolahan Data

Merupakan tahap pengolahan data dan menganalisis hasil *throughput*, kualitas jaringan, serta performansi dari VoIP itu sendiri yang bertujuan untuk memperoleh tujuan penelitian.

iv. Tahap Akhir

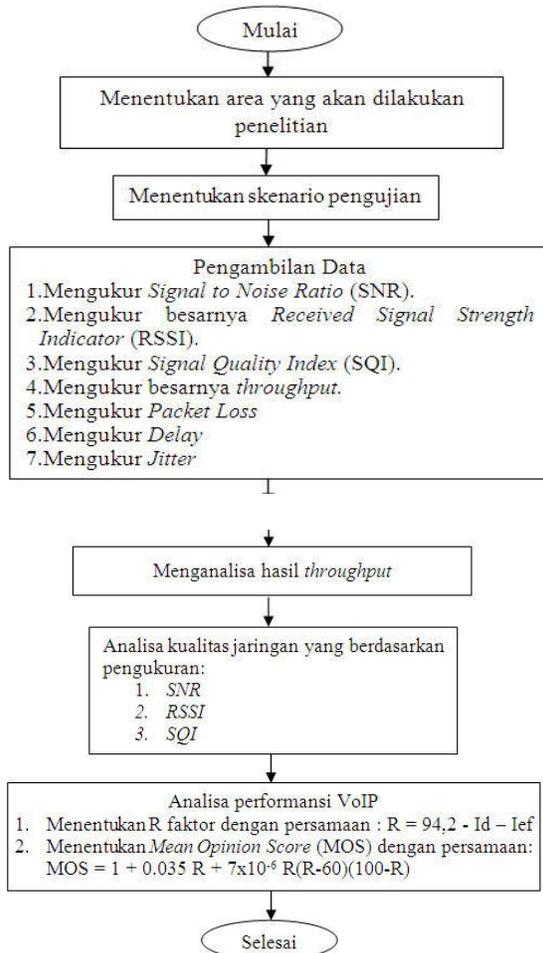
Merupakan tahap paling akhir dari laporan yaitu penulisan laporan dan seminar hasil penelitian.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Satu unit laptop dengan sistem operasi *Windows XP SP2*
2. *Software Local Craft Interface Indicator* (LCID)
3. *Software VQ Manager*
4. *Software ST Web Configurator*
5. *Software Microsoft Visual Basic 6.0*

3.4. Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pelaksanaan Pengujian

Dari pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh data-data parameter yang mempengaruhi performansi VoIP pada jaringan WiMAX. Data diperoleh dengan melakukan pengukuran di wilayah Jakarta. Ada 7 lokasi berbeda yang telah ditentukan dalam melakukan pengukuran dengan konfigurasi pengukuran untuk tiap lokasi adalah sama. Skenario untuk pengukuran hanya ditentukan oleh perbedaan

jarak antara CPE (*Customer Promises Equipment*) dan BS (*Base Station*) dan kondisi daerah di tiap titik pengukuran (LOS dan NLOS). *Codec* yang digunakan dalam pengukuran adalah G.711 dengan *bit rate* 64 kbps dan G.723.1 dengan *bit rate* 6,3 kbps.

Pertama kali yang dilakukan dalam pengukuran adalah menguji kestabilan dan konektivitas sistem. Setelah sistem dapat dikatakan stabil selanjutnya didapatkan parameter-parameter seperti *delay network*, *jitter* dan *packet loss*. Parameter yang telah didapat tersebut kemudian dianalisa dengan mengacu pada parameter standar yaitu rekomendasi ITU-T. Dari data-data tersebut ditentukan R faktor yang kemudian dapat ditentukan pula nilai MOS (*Mean Opinion Score*).

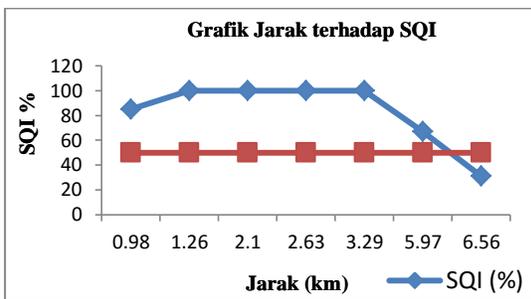
4.2. Pengujian Kualitas Transmisi Jaringan

4.2.1 Kualitas SNR (*Signal to Noise Ratio*)

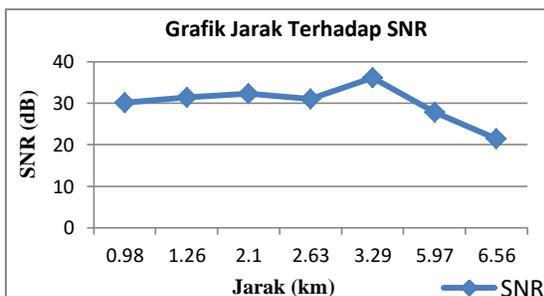
Parameter SNR menunjukkan kuat daya sinyal dibandingkan dengan daya *noise* pada kanal transmisi. Standar IEEE 802.16 yang menggunakan *adaptive modulation* membuat perangkat mampu memilih jenis modulasi terhadap nilai SNR yang diterima.

Tabel 2. Hasil Pengukuran SNR

No	Lokasi	Jarak (km)	SQI (%)	SNR (dB)
1	PT. Paradise Perkasa	3,29	100	36.2
2	PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	1,26	100	31.4
3	Mandala Multi Finance, Cideng	0,98	85	30.1
4	ATM Lippo Univ. Tarumanegara	2,63	100	31.0
5	Bank Mega KCP, Taman Palem	6,56	31	21.5
6	PT. Sinar Roda Kencana Mas	5,97	67	27.9
7	PT. Jaya Inter Supra, Taman Sari	2,1	100	32.3



Gambar 2. Grafik pengukuran jarak terhadap nilai SQI



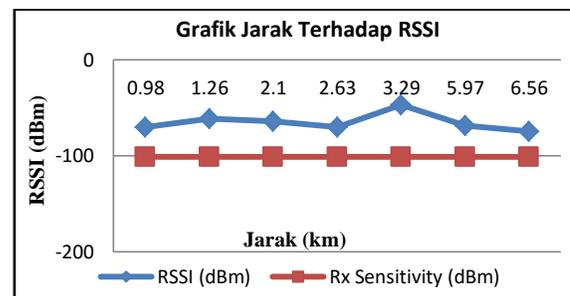
Gambar 3. Grafik pengukuran jarak terhadap nilai SNR

4.2.2 Kualitas RSSI (*Receive Signal Strength Indicator*)

RSSI adalah indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh penerima. Nilai RSSI harus lebih besar dari nilai *Rx sensitivity* ($RSSI > Rx\ sensitivity$) yang telah ditetapkan oleh perangkat sebesar -101 dBm.

Tabel 3. Hasil Pengukuran RSSI

No	Lokasi	Jarak (km)	SQI (%)	RSSI (dBm)
1	PT. Paradise Perkasa	3,29	100	-46.9
2	PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	1,26	100	-61.3
3	Mandala Multi Finance, Cideng	0,98	85	-70.0
4	ATM Lippo Univ. Tarumanegara	2,63	100	-69.9
5	Bank Mega KCP, Taman Palem	6,56	31	-74.5
6	PT. Sinar Roda Kencana Mas	5,97	67	-68.6
7	PT. Jaya Inter Supra, Taman Sari	2,1	100	-63.8



Gambar 4. Grafik Pengukuran jarak terhadap RSSI

Jarak pengukuran terjauh dengan kondisi propagasi NLOS adalah pada lokasi Bank Mega KCP Taman Palem dengan jarak 6,56 km. Faktor lingkungan seperti banyaknya

gedung-gedung bertingkat berpengaruh sekali terhadap nilai RSSI.

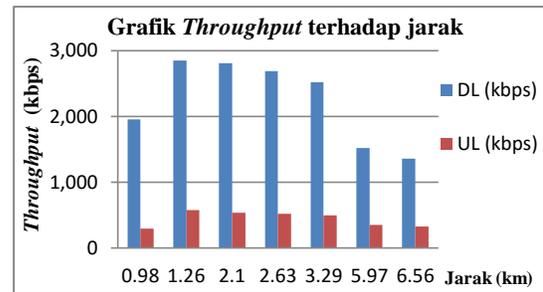
4.3. Pengukuran dan Analisa Throughput

Throughput menunjukkan perbandingan antara paket data yang berhasil sampai tujuan dengan waktu pengamatan. Pengukuran *throughput* dilakukan dengan melakukan *transfer* data sebesar 5 Mbps baik untuk *downlink* maupun *uplink*. Pengukuran dilakukan pada 7 lokasi dengan jarak dan konfigurasi *grade of service* adalah tipe *gold*.

Tabel 4. *Throughput* *downlink* dan *uplink*

No	Lokasi	Jarak (km)	<i>Throughput</i> (kbps)	
			<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>
1	PT. Paradise Perkasa	3,29	495,59	2.520
2	PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	1,26	575,18	2.850
3	Mandala Multi Finance, Cideng	0,98	390,45	1.956
4	ATM Lippo Univ. Tarumanegara	2,63	515,13	2.690
5	Bank Mega KCP, Taman Palem	6,56	321,95	1.360
6	PT. Sinar Roda Kencana Mas	5,97	350,17	1.520
7	PT. Jaya Inter Supra, Taman Sari	2,1	536,05	2.810

Berdasarkan pengukuran nilai *throughput* untuk *downlink* yang dihasilkan adalah 83% dan untuk *uplink* adalah 17% dari nilai *data rate*. Pada pengukuran *throughput* menggunakan FTP yang pada proses transmisinya menggunakan *protocol transport* TCP yang lebih mementingkan keutuhan data.



Gambar 5. Grafik Pengukuran *Throughput*

4.4. Pengukuran dan Analisa Performansi VoIP

4.4.1 Delay

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap *delay voice call* dengan menggunakan *codec* G.711 dan *codec* G.723.1.

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengukuran maka *one way delay* dapat dihitung dengan menjumlahkan *coder processing delay*, *packetization delay*, *serialization delay* dan *network delay*.

Tabel 5. Pengukuran *Delay Network*

Lokasi	<i>Codec</i>	<i>Delay Network</i> (ms)
PT. Paradise Perkasa	G.711	42,509
	G.723.1	43,681
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	39,734
	G.723.1	52,016
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	42,782
	G.723.1	42,893
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	39,675
	G.723.1	54,125
Bank Mega KCP, Taman Palem	G.711	33,287
	G.723.1	36,186
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	33,815
	G.723.1	38,214
PT. Jaya Inter Supra, Taman Sari	G.711	51,257
	G.723.1	53,935

Tabel 6. Hasil perhitungan *One Way Delay*

Lokasi	Codec	One Way Delay (ms)
PT. Paradise Perkasa	G.711	62,7841
	G.723.1	149,4310
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	60,0091
	G.723.1	157,7660
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	63,0571
	G.723.1	148,6430
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	59,9501
	G.723.1	159,8750
Bank Mega KCP, Taman Palem	G.711	53,5621
	G.723.1	141,9360
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	54,0901
	G.723.1	143,9640
PT. Jaya Inter Supra - Taman Sari	G.711	71,5321
	G.723.1	159,6850

Dari hasil pengukuran dan perhitungan dapat dilihat bahwa *one way delay* masing-masing skenario masih dalam rentang *delay* yang dapat diterima untuk aplikasi VoIP, walaupun pada *codec* G.723.1 tidak pada *range* terbaik yaitu berada diatas 150 ms. Merujuk pada rekomendasi ITU-T G.114 mengenai *delay* untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan *delay* maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms.

4.4.2 Jitter

Jitter merupakan masalah selalu hadir dalam jaringan data berbasis paket. Jika *frame* di transmisikan lewat jaringan *Internet Protocol*, tiap *frame* akan mengalami *delay* yang berbeda.

Tabel 7. Hasil Pengukuran *Jitter*

Lokasi	Codec	Jitter (ms)
PT. Paradise Perkasa	G.711	4,397
	G.723.1	3,879
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	3,593
	G.723.1	3,217
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	5,254
	G.723.1	4,879
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	6,597
	G.723.1	5,985
Bank Mega KCP, Taman Palem	G.711	6,137
	G.723.1	5,952
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	7,341
	G.723.1	7,528
PT. Jaya Inter Supra, Taman Sari	G.711	4,961
	G.723.1	4,583

Dari pengukuran diperoleh nilai *jitter* antara 3 ms hingga 7,5 ms dengan rata-rata nilai *jitter* sebesar 5,3073 ms. Berdasarkan standar ITU-T, nilai *jitter* yang masih ditoleransi adalah 30 ms. Dari hasil percobaan terlihat rata-rata *jitter* masih termasuk dalam rekomendasi, sehingga *jitter* masih dapat diterima.

4.4.3 Packet Loss

Dalam pengukuran ini bertujuan agar diketahui berapa besar *packet loss* yang terjadi antara sumber ke *destination terminal* (terminal tujuan). Paket yang diamati khusus untuk pengiriman paket RTP sebagai *media stream* yang membawa *voice*, sedangkan bila terjadi *packet loss* maka tidak ada proses pengiriman ulang paket.

Tabel 8. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Lokasi	Codec	Packet Loss (%)
PT. Paradise Perkasa	G.711	0,000
	G.723.1	0,100
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	0,000
	G.723.1	0,100
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	0,080
	G.723.1	0,268
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	0,000
	G.723.1	0,100
Bank Mega KCP, Taman Palem	G.711	1,571
	G.723.1	1,932
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	2,365
	G.723.1	3,175
PT. Jaya Inter Supra, Taman Sari	G.711	0,000
	G.723.1	0,200

Berdasarkan rekomendasi ITU bahwa nilai *packet loss* yang masih bisa di toleransi adalah 5%. Dari hasil pengukuran terlihat nilai *packet loss* masih termasuk dalam rekomendasi, sehingga *packet loss* masih dapat diterima.

4.5. Estimasi Parameter Hasil Pengukuran ke MOS

Untuk menentukan nilai akhir MOS (*Mean Opinion Score*), maka terlebih dahulu harus dilakukan penentuan parameter dalam *E-Model*. Nilai akhir dari estimasi *E-Model* disebut dengan R faktor. R faktor didefinisikan sebagai faktor kualitas transmisi dari beberapa parameter yang mempengaruhi kualitas layanan suara di dalam jaringan. Persamaan untuk R faktor dituliskan pada Persamaan 1. Dari persamaan tersebut terdapat nilai I_d dan I_{ef} , maka dicari terlebih dahulu nilai I_d dan I_{ef} .

4.5.1 Perhitungan Nilai I_d

Nilai I_d dapat diperoleh dengan persamaan 2. I_d adalah faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh *one way delay*.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Nilai I_d

Lokasi	Codec	One Way Delay (ms)	$H(x)$	I_d
PT. Paradise Perkasa	G.711	62,784192	0	1,506818
	G.723.1	149,431038	0	3,586344
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	60,009192	0	1,440220
	G.723.1	157,766038	0	3,786384
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	63,057192	0	1,513372
	G.723.1	148,643038	0	3,567432
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	59,950192	0	1,438804
	G.723.1	159,875038	0	3,837000
Bank Mega KCP, Taman Palem	G.711	53,562192	0	1,285492
	G.723.1	141,936038	0	3,406464
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	54,090192	0	1,298164
	G.723.1	143,964038	0	3,455136
PT. Jaya Inter Supra Taman Sari	G.711	71,532192	0	1,716772
	G.723.1	159,685038	0	3,832440

4.5.2 Perhitungan Nilai I_{ef}

Nilai I_{ef} sangat erat kaitannya dengan *packet loss*, hal tersebut dapat dilihat dari persamaan 3. Dengan e adalah nilai desimal dari *packet loss*. Dalam teknologi VoIP nilai *packet loss* harusnya serendah mungkin, karena yang dikirim merupakan paket suara yang dalam proses pengirimannya tidak ada proses re-transmisi atau pengiriman ulang.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai I_{ef}

Lokasi	Codec	Packet Loss	I_{ef}
PT. Paradise Perkasa	G.711	0,00000	7
	G.723.1	0,00100	7,4466
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	0,00000	7
	G.723.1	0,00100	7,4466
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	0,00080	7,3578
	G.723.1	0,00268	8,1823
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	0,00000	7
	G.723.1	0,00100	7,4466
Bank Mega KCP, Taman Palembang	G.711	0,01571	13,3479
	G.723.1	0,01932	14,6346
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	0,02365	16,1085
	G.723.1	0,03175	18,6851
PT. Jaya Inter Supra Taman Sari	G.711	0,00000	7
	G.723.1	0,00200	7,8867

4.5.3 Perhitungan Nilai R Faktor

Perhitungan R faktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Dengan memasukan nilai hasil pengukuran dari I_d dan I_{ef} pada persamaan 1, maka nilai R faktor bisa didapatkan nilainya.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Nilai R-Faktor

Lokasi	Codec	I_d	I_{ef}	R Faktor
PT. Paradise Perkasa	G.711	1,506818	7	85,693182
	G.723.1	3,586344	7,4466	83,166997
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	1,440220	7	85,75978
	G.723.1	3,786384	7,4466	82,967016
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	1,513372	7,3578	85,328828
	G.723.1	3,567432	8,1823	82,450268
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	1,438804	7	85,761196
	G.723.1	3,837000	7,4466	82,9164

Bank Mega KCP, Taman Palembang	G.711	1,285492	13,3479	79,566608
	G.723.1	3,406464	14,6346	76,158936
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	1,298164	16,1085	76,793336
	G.723.1	3,455136	18,6851	72,059764
PT. Jaya Inter Supra Taman Sari	G.711	1,716772	7	85,483228
	G.723.1	3,832440	7,8867	82,48086

4.5.4 Konversi Nilai R Faktor ke Nilai MOS

Tabel 12. Konversi Nilai R Faktor ke Nilai MOS

Lokasi	Codec	R Faktor	MOS
PT. Paradise Perkasa	G.711	85,693182	4,2197
	G.723.1	83,166997	4,1378
PT. SITA Silk Air, Hayam Wuruk	G.711	85,75978	4,2218
	G.723.1	82,967016	4,1310
Mandala Multi Finance, Cideng	G.711	85,328828	4,2084
	G.723.1	82,450268	4,1131
ATM Lippo Univ. Tarumanegara	G.711	85,761196	4,2218
	G.723.1	82,9164	4,1293
Bank Mega KCP, Taman Palembang	G.711	79,566608	4,0075
	G.723.1	76,158936	3,8709
PT. Sinar Roda Kencana Mas	G.711	76,793336	3,8972
	G.723.1	72,059764	3,6920
PT. Jaya Inter Supra Taman Sari	G.711	85,483228	4,2132
	G.723.1	82,48086	4,1142

Nilai *Mean Opinion Score* (MOS) merupakan acuan yang digunakan untuk mengetahui kualitas suara teknologi VoIP. Nilai MOS ini merupakan standarisasi dari ITU-P800. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 11, nilai R faktor yang dihasilkan

berada pada kisaran nilai $0 < R < 100$ maka nilai MOS diperoleh dari persamaan 7.

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa hasil MOS yang diperoleh dari pengujian berkisar antara angka 3,6920 sampai 4,2218. Berdasarkan rekomendasi ITU-T P.800 tentang rentang nilai MOS bahwa apabila MOS bernilai 3 maka ada pada kategori cukup baik dan jika MOS bernilai 4 maka ada pada kategori baik. Untuk hasil MOS yang bernilai 3 disebabkan karena daerah dengan kondisi propagasi antara *Base Station* dan *Subscriber Station* yang NLOS memiliki nilai *packet loss* yang cukup besar, akan tetapi dengan kondisi tersebut masih dapat dikatakan layak diaplikasikannya teknologi VoIP karena kualitas suara masih berada di kategori cukup baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa yang dilakukan pada hasil penelitian performansi VoIP (*Voice over Internet Protocol*) dapat disimpulkan antara lain.

1. VoIP layak untuk di aplikasikan ke dalam jaringan WiMAX, hal ini dapat dilihat dari nilai MOS (*Mean Opinion Score*) yang didapat berada pada kisaran 3,6 sampai 4,2 yang berarti mempunyai kualitas cukup baik hingga baik.
2. Secara keseluruhan nilai *delay*, *jitter* dan *packet loss* pada pengukuran baik dengan menggunakan codec G.711 maupun codec G.723.1 masih berada dalam kategori yang diperbolehkan untuk komunikasi VoIP, untuk *delay* kurang dari 250 ms, *jitter* kurang dari 30 ms dan *packet loss* kurang dari 5%.
3. Jarak pengukuran paling jauh dari *base station* dimana sinyal dapat diterima dengan baik adalah 6,56 km pada Bank Mega KCP Taman Palem dengan kondisi propagasi antara *Base Station* dan *Subscriber Station* adalah NLOS.
4. Nilai *throughput* bergantung terhadap jenis modulasi yang digunakan, untuk nilai maksimal *throughput* bisa mencapai 2,8 Mbps untuk *downlink* dan 0,575 Mbps sedangkan persentase nilai *throughput* untuk *downlink* 83% dan untuk *uplink* adalah 17% .
5. Nilai *packet loss* terbesar terjadi di PT. Sinar Roda Kencana Mas, hal ini dikarenakan kondisi propagasi antara *Base Station* dan *Subscriber Station* adalah NLOS yang menyebabkan keutuhan paket banyak yang hilang karena pengaruh pantulan.
6. Selain kondisi propagasi antara *Base Station* dan *Subscriber Station*, nilai SQI (*Signal Quality Index*) berpengaruh terhadap nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*). Nilai SNR yang diterima oleh CPE (*Costumer Promises Equipment*)

menentukan jenis modulasi yang akan digunakan. Nilai SQI berpengaruh terhadap nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) yang diterima oleh CPE. Dari pengukuran didapat bahwa nilai SQI yang berada diatas nilai standar yaitu 50 % akan memberikan nilai SNR yang cukup tinggi, sedangkan semakin tinggi nilai SQI maka nilai RSSI-nya juga semakin besar.

5.2. Saran

1. Untuk mengatasi masalah pada beberapa lokasi yang mendapatkan kualitas sinyal yang rendah maka bisa dilakukan dengan menambah *gain* antena pada CPE atau menambah daya pancar pada antena BS.
2. Untuk selanjutnya dapat dilakukan pengukuran dengan menambah jumlah titik lokasi untuk posisi CPE dan menambah jumlah *user* agar bisa dilihat lebih detail lagi performansi VoIP pada jaringan WiMAX.
3. Bisa dilakukan pengukuran untuk melihat performansi aplikasi video seperti IPTV dan *video conference* pada jaringan WiMAX.
4. Pengukuran selanjutnya bisa digunakan standard IEEE 802.16e yang mampu mendukung tipe akses *mobile*.

DAFTAR PUSTAKA

Dwita Aswiyanti Syafitri. “*Analisis Waktu tunda satu arah pada panggilan VoIP antara*

Jaringan UMTS dan PSTN”. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan. 2007.

Mochamad Ridwan, “*Analisa Perbandingan Performansi Wimax Dan Adsl Untuk Memberikan Layanan Multimedia*”. Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom. Bandung. 2007.

Pande Ketut Sudiarta. “*Penerapan Teknologi Voip Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Jaringan Intranet Kampus Universitas Udayana*”. Universitas Udayana. Bali. 2009.

Siyamta. “*Sistem Keamanan Pada Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*”. IlmuKomputer.Com. 2005.

Suhartati Agoes dan Adi Putranto. “*Simulasi Kualitas Layanan Voip Menggunakan Metode Antrian Paket Cbq Dengan Mekanisme Link Sharing*”. Universitas Trisakti. Jakarta. 2007.

_____. “*The E-model, a computational model for use in transmission planning (ITU-T Recommendation G-107)*”. International Telecommunication Union. 2000.

_____. “*One-way transmission time (ITU-T Recommendation G-114)*”. International Telecommunication Union. 2003.

_____. “*Wideband embedded extension for G.711 pulse code modulation (ITU-T Recommendation G-711.1)*”. International Telecommunication Union. 2008.

http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_white_paper09186a00800a8993.shtml#codeprocessdelay di akses tanggal 11 Juli 2010 pukul 11.30 WIB.

http://www.ixiacom.com/library/white_papers/display?key=voip_quality#4 di akses tanggal 11 juli 2010 pukul 11.30 WIB.

http://www.zytrax.com/tech/protocols/voip_rates.htm di akses tanggal 11 Juli 2010 Pukul 13.00 WIB.

<http://erlangga258.web.id/?p=33> di akses tanggal 23 Mei 2010 Pukul 20.00 WIB.

<http://VisualBasicIndonesia.com> di akses tanggal 22 Mei 2010 Pukul 20.00 WIB.

LAMPIRAN

Dalam perhitungan nilai MOS (*Mean Opinion Score*) digunakan pula simulasi perhitungan yang dirancang dengan menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*.

a. PT. Paradise Perkasa

i. Simulasi perhitungan dengan *software*

i.1. G.711

Mean Opinion Score (M O S)

Packet Loss = 0,000 %
One Way Delay = 62,7841 ms

Ie = 7
Id = 1,5068184

Nilai Id = 1,5068184
Nilai Ie = 7
R Faktor = 85,6931816

R Faktor = 85,6931816
Nilai MOS = 4,219759662

Kualitas VoIP: Baik

HIDUPKAN | TUTUP | RESET

RAHMAT K. NOVIANDONO
MOS CALC. LAUNCH V.1

i.2. G.723.1

Mean Opinion Score (M O S)

Packet Loss = 0,100 %
One Way Delay = 149,4310 ms

Ie = 7,44665837481252
Id = 3,586344

Nilai Id = 3,586344
Nilai Ie = 7,44665837481252
R Faktor = 83,1669976251876

R Faktor = 83,1669976251876
Nilai MOS = 4,1378734287

Kualitas VoIP: Baik

HIDUPKAN | TUTUP | RESET

RAHMAT K. NOVIANDONO
MOS CALC. LAUNCH V.1