

UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO

STUDI PERBANDINGAN KUALITAS JARINGAN VoIP PADA STANDART WIRELESS 802.11a, 802.11b, dan 802.11g

Subbakhtiar Rizqi

Email : tiar.dinus.09@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi Jaringan Komputer sebagai media komunikasi antar perangkat telah banyak mengalami kemajuan signifikan dari segi media komunikasi. Saat ini kita dapat melakukan komunikasi melalui jaringan ini dengan memanfaatkan teknologi yang bernama VoIP (Voice Over IP). VoIP adalah salah satu aplikasi internet yang tumbuh dan berkembang paling cepat sekarang. Jaringan yang dapat digunakan sebagai media komunikasi VoIP dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu dengan teknologi kabel dan teknologi nirkabel atau yang biasa kita sebut dengan jaringan wireless. Seperti pada umumnya 802.11 wireless networks disebar tidak hanya pada bangunan – bangunan tetapi juga di taman dan jalan. Kepentingan penggunaan dari VoIP dari wireless sedang meningkat, dan banyak penelitian telah diadakan untuk memperbaiki QoS dan meningkatkan kapasitas VoIP traffic. Dalam jaringan wireless terdapat beberapa standar yang cukup dikenal yaitu 802.11a, 802.11b, dan 802.11g. Protokol tersebut akan diuji untuk mengetahui performa kinerja standar wireless manakah yang lebih baik untuk diterapkan pada jaringan VoIP dengan simulasi percobaan pengukuran QoS (Quality of Service) VoIP. Standar wireless yang akan digunakan untuk perbandingan adalah standar wireless 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan Mixed.

Kata kunci : Teknologi, Jaringan, VoIP, Wireless

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi Jaringan Komputer sebagai media komunikasi antar perangkat telah banyak mengalami kemajuan signifikan dari segi media komunikasi. Saat ini kita dapat melakukan komunikasi melalui jaringan ini dengan memanfaatkan teknologi yang bernama VoIP (*Voice Over IP*). VoIP adalah salah satu aplikasi internet yang tumbuh dan berkembang paling cepat sekarang. Peningkatan itu dalam penyebaran VoIP sebagai ganti telepon kabel ataupun telepon genggam karena alasan – alasan sebagai berikut : pertama, dengan memanfaatkan teknik dan luas bidang *voice compression* dalam *packet-switched networks*, VoIP dapat meningkatkan efisiensi *bandwidth*. Kedua, hal itu membolehkan komunikasi suara dikombinasikan dengan media lain dan aplikasi data lain seperti *video* atau *file* bersama. [1]

Teknologi ini dapat menghemat biaya komunikasi yang sangat mahal, karena teknologi ini digratiskan untuk pemakainya. Mungkin dalam implementasinya yang akan memakan cukup banyak biaya adalah alat yang digunakan untuk membangun jaringan ini. Namun jika dibandingkan dengan memakai jasa dari berbagai *provider* telepon biaya yang dikeluarkan, jika dilihat dalam jangka panjang, tidaklah seberapa. Jaringan yang dapat digunakan sebagai media komunikasi VoIP dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu dengan teknologi kabel dan teknologi nirkabel atau yang biasa kita sebut dengan jaringan *wireless*.

Seperti pada umumnya 802.11 *wireless networks* disebar tidak hanya pada bangunan – bangunan tetapi juga di taman dan jalan. Kepentingan penggunaan dari VoIP dari *wireless* sedang meningkat, dan banyak penelitian telah diadakan untuk memperbaiki QoS dan meningkatkan kapasitas VoIP *traffic*. Dalam jaringan *wireless* terdapat beberapa standar yang cukup dikenal yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan 802.11n. Seluruh standar tersebut memiliki letak perbedaan teknis pada kecepatan transfer dan *range* frekuensi yang digunakan. Akibatnya keempat standar tersebut tidak dapat saling berhubungan satu sama lain. Sehingga client yang ingin masuk ke jaringan perangkat keras seperti akses point yang merupakan penghubung antara jaringan *wire* dan *wireless*, harus memiliki standar yang sama dengan akses point tersebut. [2]

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis memberikan judul “**Studi Perbandingan Kualitas Jaringan VoIP pada Standar Wireless 802.11a, 802.11b, dan 802.11g**”. Untuk mengetahui performa kinerja standar *wireless* manakah yang lebih baik untuk diterapkan pada jaringan VoIP dengan simulasi percobaan pengukuran QoS (*Quality of Service*) VoIP. Standar *wireless* yang akan digunakan untuk perbandingan adalah standar *wireless* 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan Mixed. Standar *wireless* 802.11n tidak digunakan dalam perbandingan dikarenakan perangkat keras yang digunakan oleh penulis tidak memenuhi *wireless* 802.11n. Mixed digunakan perbandingan oleh penulis, karena kebanyakan dari pengguna tidak mengerti standar *wireless* apa yang digunakan, entah itu standar *wireless* 802.11a, *wireless* 802.11b, *wireless* 802.11g, ataupun *wireless* 802.11n

Batasan Masalah

Ruang lingkup implementasi ini dibatasi pada :

- 1) Penelitian dilakukan pada jaringan standar *wireless* 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan *mixed*.
- 2) Pengukuran menggunakan *software network protocol analyzer wireshark*, dimana *software* ini merupakan *open source software* yang dapat di-download dari internet.
- 3) Menggunakan protokol UDP, karena UDP mampu mengirimkan data streaming dengan cepat, maka dalam teknologi VoIP UDP merupakan salah satu protokol penting yang digunakan sebagai header pada pengiriman data.
- 4) Pengukuran dan analisis hanya dilakukan terhadap parameter QoS yang paling umum digunakan dalam analisis kinerja jaringan seperti :

1. *Delay*

Interval waktu saat suara mulai dikirimkan oleh pemanggil menuju penerima panggilan yang disebabkan salah satunya oleh konversi suara *analog* menjadi data-data digital.

2. *Jitter*

Variasi yang ditimbulkan oleh *delay*, terjadi karena adanya perubahan terhadap karakteristik dari suatu sinyal sehingga menyebabkan terjadinya masalah terhadap data yang dibawa oleh sinyal tersebut.

3. *Throughput*

Banyaknya *bit*(jumlah data) per satuan waktu

4. *Paket Loss*

Hilangnya paket data yang sedang dikirimkan disebabkan karena *Jitter* atau karena adanya permasalahan di perangkat-perangkat jaringan seperti *router* atau jalur komunikasi yang terlalu padat penggunaannya.

Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menganalisis performansi kinerja standar *wireless* 802.11a, 802.11b, 802.11g, dan *mixed* pada jaringan VoIP.
- 2) Menghemat biaya untuk berkomunikasi suara berbasis VoIP.
- 3) Komunikasi VoIP akan terasa lebih efisien dan praktis, karena dapat diakses di mana saja dengan menggunakan *wireless*.

Metode Penelitian

Metode penelitian digunakan untuk mengumpulkan data, mengolah data dan menganalisa data dari data-data akurat sehingga dapat dijamin kebenarannya. Metodologi penelitian menggambarkan tahapan dalam proses penelitian guna memecahkan masalah penelitian dari awal hingga tercapainya tujuan penelitian. Penulisan laporan tugas akhir ini didasarkan pada data-data yang diperlukan sehubungan dengan permasalahan dan tujuan penelitian yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya.

Metode yang digunakan untuk menyusun laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan

Pada tahap ini penelitian dimulai dari penentuan kebutuhan-kebutuhan dari VoIP.

2. Analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak

Analisis merupakan proses pengumpulan kebutuhan yang diperlukan dalam penelitian ini. Dari analisis kebutuhan yang dilakukan dapat diidentifikasi kebutuhan hardware dan software sebagai berikut :

a. *Hardware* :

- 1 buah Laptop : Asus K40IN sebagai user di mana dilakukan pengambilan data dan pengolahan data.

b. *Software* :

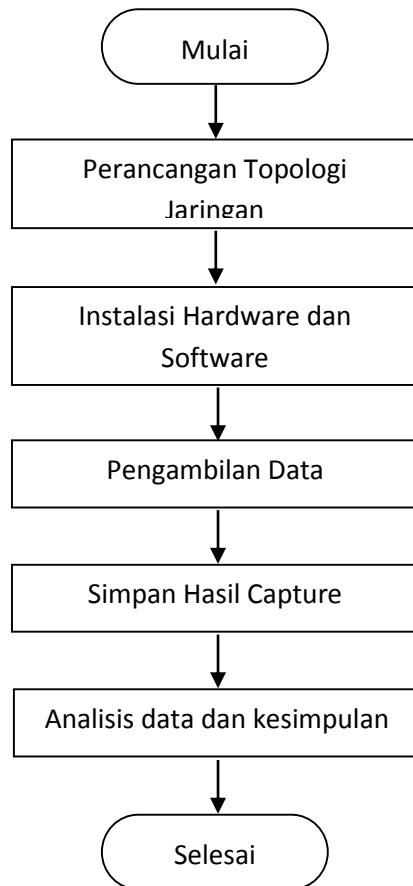
- *Wireshark* : *software* yang digunakan untuk *monitoring* VoIP.
- *Yahoo! Messenger* dengan standar *codec iLBC Freeware* : digunakan sebagai media VoIP.

3. Implementasi

Pada tahap ini dilakukan proses penge-set-an *wireless* menjadi *wireless* 802.11a, *wireless* 802.11b, *wireless* 802.11g, dan Mixed untuk melihat performansinya pada VoIP.

4. Pengujian (testing)

Tahap pengujian ini dilakukan untuk menjamin *wireless* yang disimulasikan terhadap VoIP dapat benar-benar bebas dari kesalahan-kesalahan logika, kesalahan prosedur, dan kesalahan lain yang mengakibatkan VoIP tidak berfungsi dengan baik.



Gambar 3.1 : Flowchart Langkah-langkah pengujian

Untuk proses pengambilan data, akan dilakukan dalam beberapa ketentuan, diantaranya sebagai berikut :

- a. Pengukuran dilakukan secara simulasi dengan menggunakan 2 buah Laptop.
- b. Waktu pengambilan data dibatasi kurang lebih 1 menit.
- c. Perangkat yang digunakan : Laptop, *Router Board Wireless*, *Software Wireshark*

- d. Pengukuran yang dilakukan meliputi beberapa parameter, yaitu *bandwidth* yang dibutuhkan, *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*.

5. Evaluasi

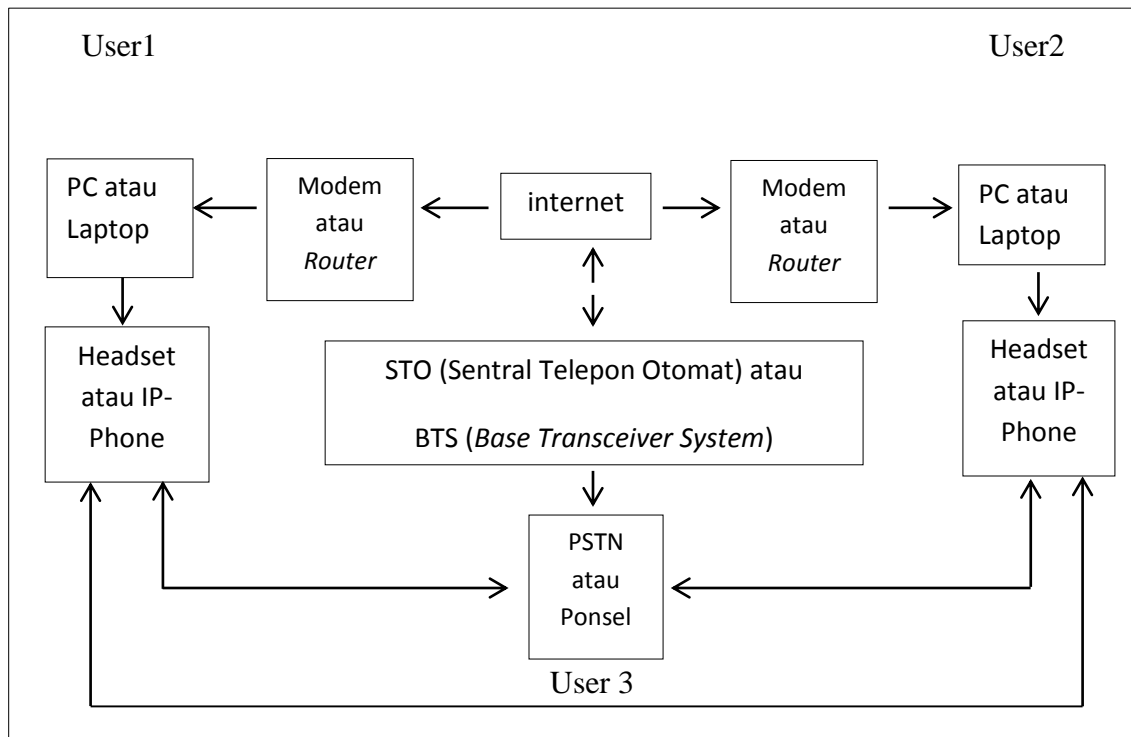
Evaluasi dari VoIP dilakukan berbasis pada table komparasi.

LANDASAN TEORI

VoIP

VoIP (*Voive Over Internet Protocol*) adalah teknologi berupa hardware atau software yang memungkinkan percakapan telepon dengan menggunakan jalur komunikasi data pada suatu jaringan komputer. Teknologi ini dengan cara merubah suara menjadi format digital tertentu sehingga dapat dilewatkan melalui jaringan IP. [10]

jaringan IP. [10]



Gambar 2.5 : Skema VoIP

2.6.1 Kelebihan VoIP

Penggunaan VoIP memiliki keuntungan seperti dari segi biaya, jelas lebih murah dibandingkan dengan tarif telepon *analog*, karena jaringan IP bersifat global sehingga untuk hubungan Internasional dapat ditekan hingga 70 %. Serta biaya *maintenance* dapat dikurangi karena *voice* dan data *network* terpisah.

2.6.2 Kekurangan VoIP

a. Delay

Delay adalah interval waktu saat suara mulai dikirimkan oleh pemanggil menuju penerima panggilan yang disebabkan salah satunya oleh konversi suara *analog* menjadi data-data digital. [10]

Ada beberapa penyebab terjadinya delay, antara lain :

1. Kongesti (kelebihan beban data)
2. Penggunaan paket-paket data yang besar pada jaringan berkecepatan rendah.
3. Ada paket-paket data dengan ukuran berbeda-beda.
4. Perubahan kecepatan antar jaringan LAN.

b. Jitter

Jitter adalah variasi yang ditimbulkan oleh *delay*, terjadi karena adanya perubahan terhadap karakteristik dari suatu sinyal sehingga menyebabkan terjadinya masalah terhadap data yang dibawa oleh sinyal tersebut.

c. Throughput

Throughput adalah banyaknya *bit*(jumlah data) per satuan waktu.

d. Packet Loss

Packet loss adalah hilangnya paket data yang sedang dikirimkan disebabkan karena *Jitter* atau karena adanya permasalahan di perangkat-perangkat jaringan seperti *router* atau jalur komunikasi yang terlalu padat penggunaannya

Wireshark

Pada awalnya bernama *Ethereal*, yang mulai dikembangkan pada Mei 2006. Wireshark populer digunakan oleh administrator jaringan untuk menganalisis jaringannya. *Tool* ini termasuk *packet sniffer* dan banyak disukai karena antarmukanya yang menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) atau tampilan grafis.

Wireshark mampu menangkap paket-paket data atau informasi yang hilir mudik dalam sebuah jaringan. Semua paket informasi dalam berbagai format protokol akan dengan mudah ditangkap dan dianalisis. Karenanya, *tool* ini sering kali disalah gunakan oleh insan-insan pembobol jaringan alias *hacker* untuk melakukan *sniffing* (aktivitas mencuri informasi sensitif seperti *password* atau *account* lain) dengan menangkap paket-paket yang “beterbangan” di jaringan. [13]

BAHAN DAN METODE

Kebutuhan Hardware dan Software

a. Hardware :

- Asus K40IN sebagai user di mana dilakukan pengambilan data dan pengolahan data.
- *Wireless* Indoor RB532 (2 bh AP A+B+G)

b. Software :

- *Wireshark* : *software* yang digunakan untuk *monitoring* VoIP
- *Yahoo! Messenger* : diperlukan untuk mengakses VoIP.

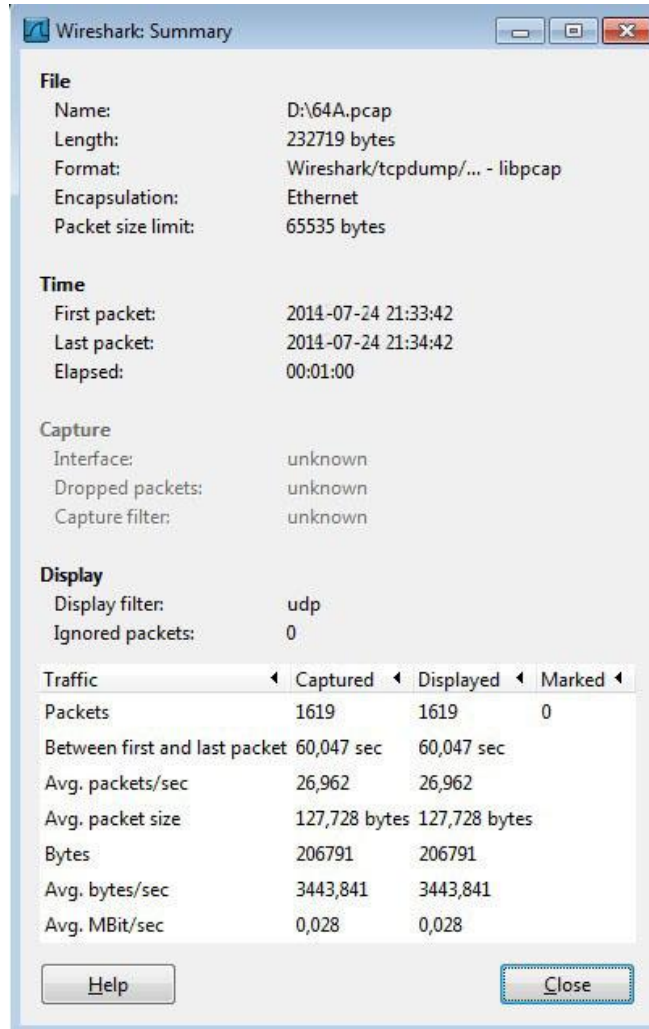
Prosedur Pengambilan Data

- a. perancangan topologi jaringan untuk aplikasi VoIP
- b. user melakukan koneksi *wireless* 802.11a, *wireless* 802.11b, *wireless* 802.11g dan *Mixed*, dan mengakses VoIP melalui aplikasi *Yahoo! Messenger* .
- c. setelah tersambung dengan *Yahoo! Messenger*, *wireshark* diaktifkan untuk mencapture transmisi data selama kurang lebih 1 menit. Hasil *capture wireshark* disimpan.
- d. analisis data yang telah disimpan meliputi analisis *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packetloss*. Setelah itu didapat kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan.

HASIL PENELITIAN

Analisis dan Pembahasan

Berikut ini adalah tabel hasil uji coba QoS (*Quality of Service*) yang meliputi *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* menggunakan software *wireshark* :



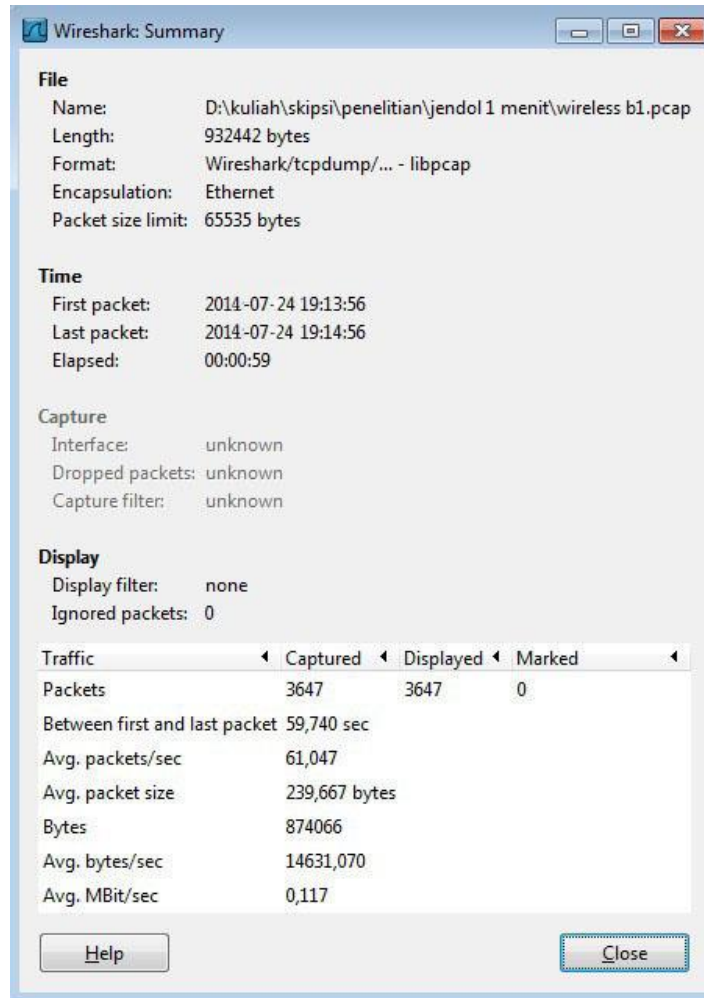
The screenshot shows the 'Wireshark: Summary' window with the following sections:

- File**
 - Name: D:\64A.pcap
 - Length: 232719 bytes
 - Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
 - Encapsulation: Ethernet
 - Packet size limit: 65535 bytes
- Time**
 - First packet: 2014-07-24 21:33:42
 - Last packet: 2014-07-24 21:34:42
 - Elapsed: 00:01:00
- Capture**
 - Interface: unknown
 - Dropped packets: unknown
 - Capture filter: unknown
- Display**
 - Display filter: udp
 - Ignored packets: 0
- Traffic** (Table)

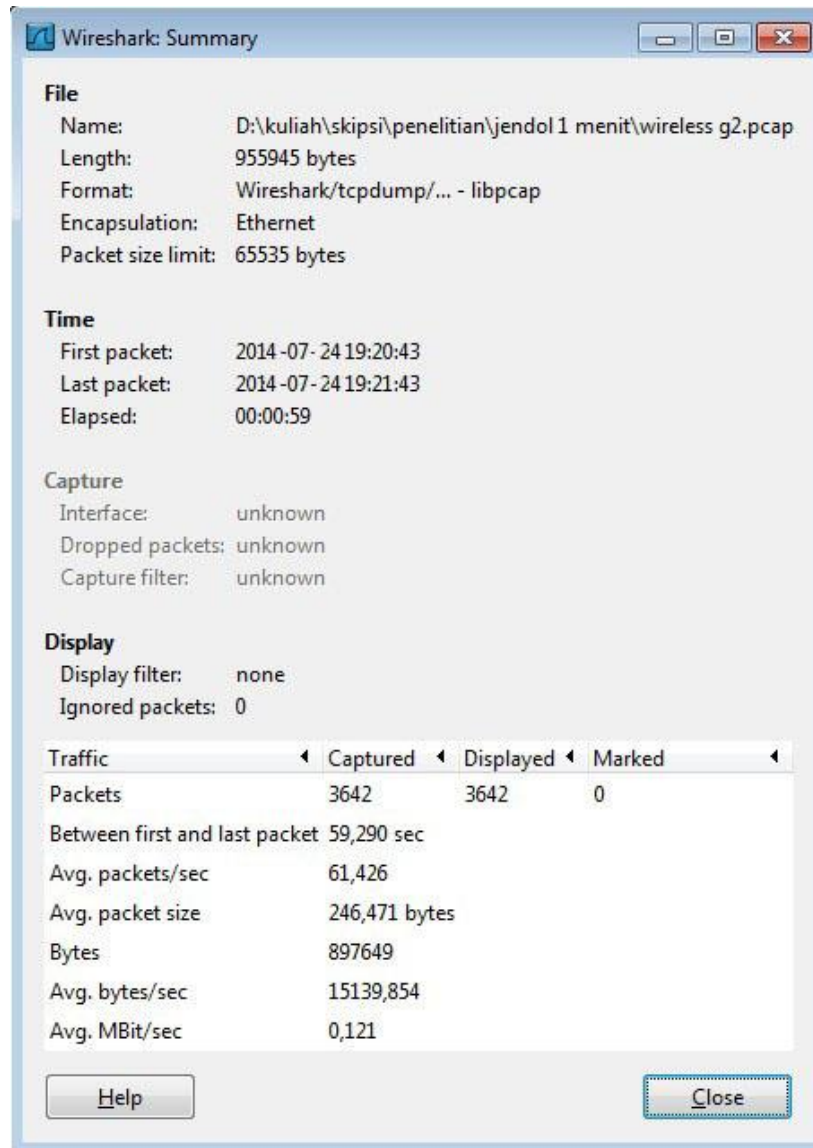
Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	1619	1619	0
Between first and last packet	60,047 sec	60,047 sec	
Avg. packets/sec	26,962	26,962	
Avg. packet size	127,728 bytes	127,728 bytes	
Bytes	206791	206791	
Avg. bytes/sec	3443,841	3443,841	
Avg. MBit/sec	0,028	0,028	

Buttons: Help, Close

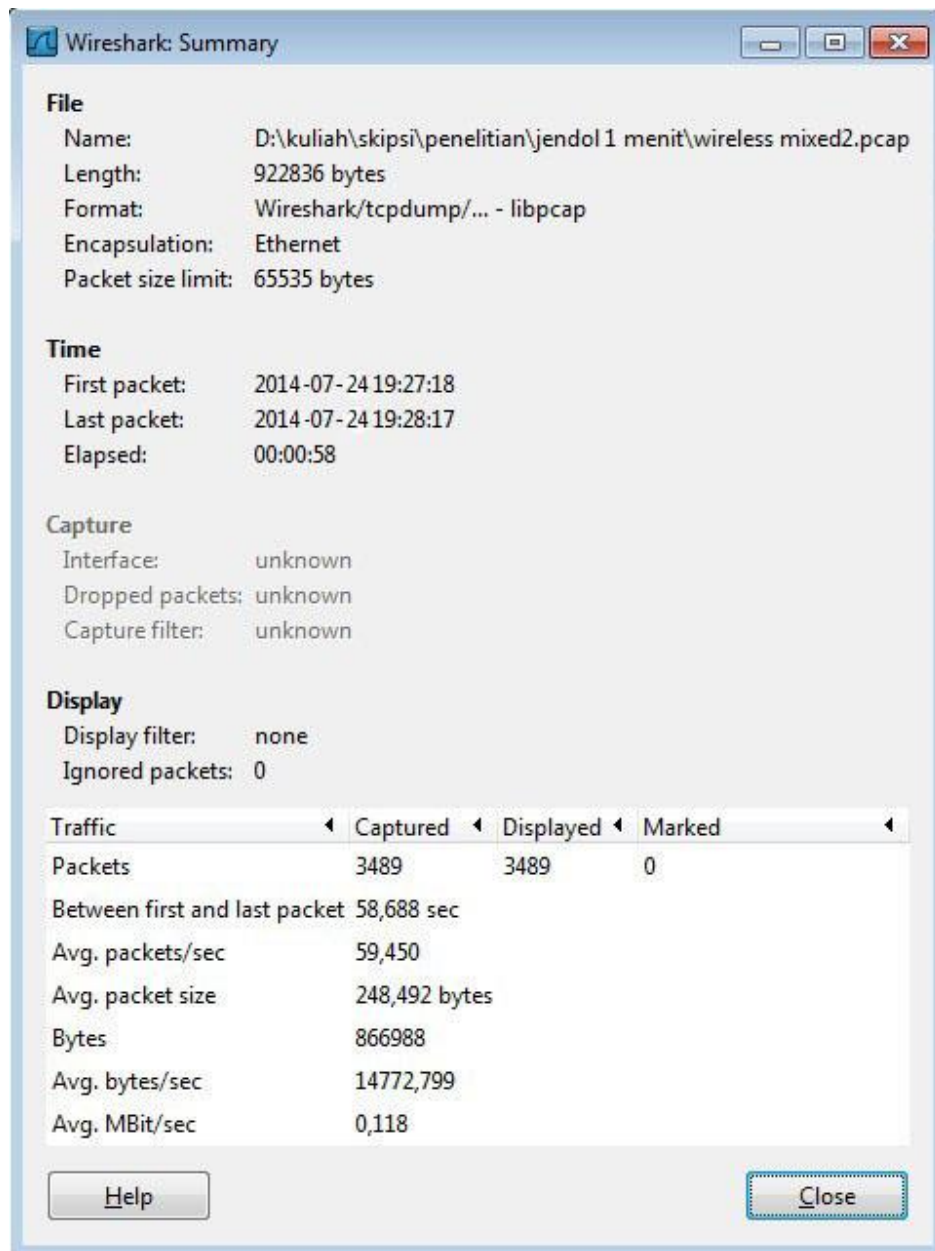
Gambar 4.3 : Hasil Summary *Wireless 802.11a*



Gambar 4.4 : Hasil Summary *Wireless* 802.11b



Gambar 4.5 : Hasil Summary *Wireless* 802.11g

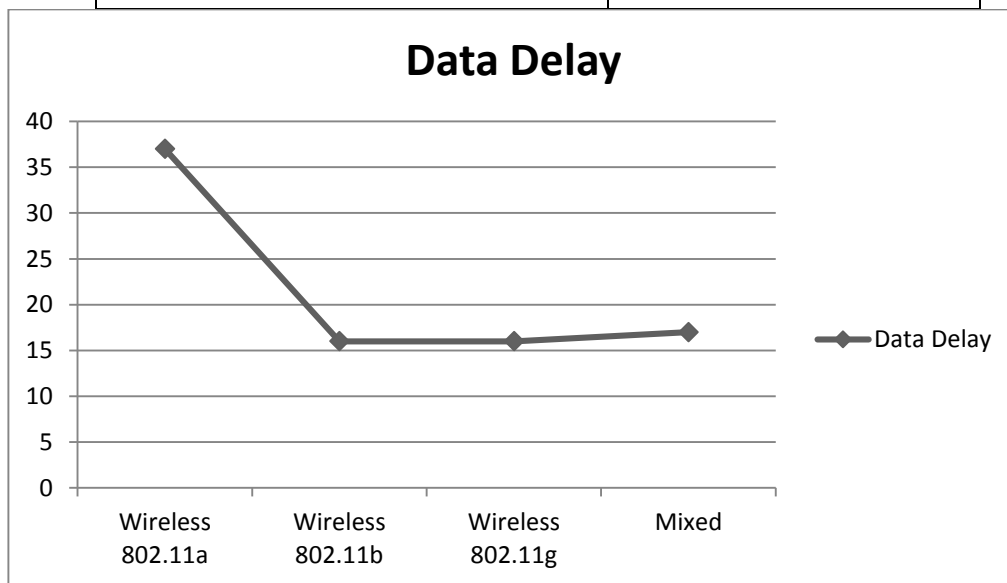


Gambar 4.6 : Hasil Summary *Mixed*

a. Analisis Delay

Tabel 4.1 : Data Delay

Type Wireless	Delay
Wireless 802.11a	37 ms
Wireless 802.11b	16 ms
Wireless 802.11g	16 ms
Mixed	17 ms



Gambar 4.7 : Grafik Delay

Delay yang diukur pada pengukuran ini merupakan rata-rata selisih waktu saat paket mulai dikirimkan *client* hingga diterima *server*, perhitungan *delay* ini diperoleh dari hasil jumlah waktu paket yang dikirim yang direkam oleh *software wireshark*.

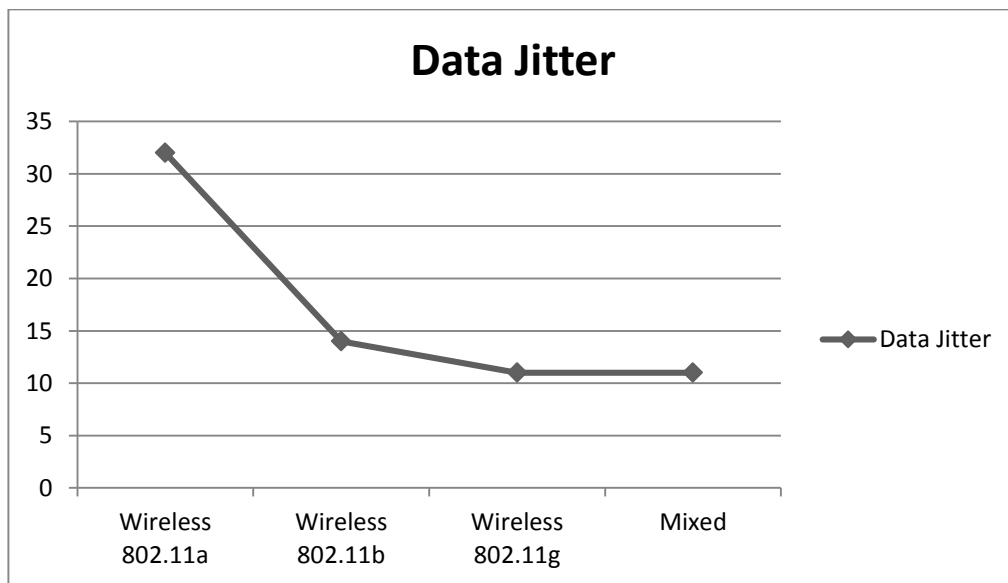
Berdasarkan hasil capture dengan menggunakan tipe wireless yang berbeda dimulai dengan uji coba yang pertama, yaitu *wireless 802.11a* didapatkan data *delay* 37 ms, *wireless 802.11b* didapatkan data *delay* 16 ms untuk uji coba kedua, yaitu *wireless 802.11g* didapatkan data *delay* 16 ms, sedangkan untuk uji coba yang ketiga, yaitu *Mixed* didapatkan data *delay* 17 ms.

Perhitungan *delay* didapat dari uji coba dengan perhitungan rumus sebagai berikut:

b. Analisis Jitter

Tabel 4.2 : Data Jitter

Type Wireless	Jitter
Wireless 802.11a	32 ms
Wireless 802.11b	14 ms
Wireless 802.11g	11 ms
Mixed	11 ms



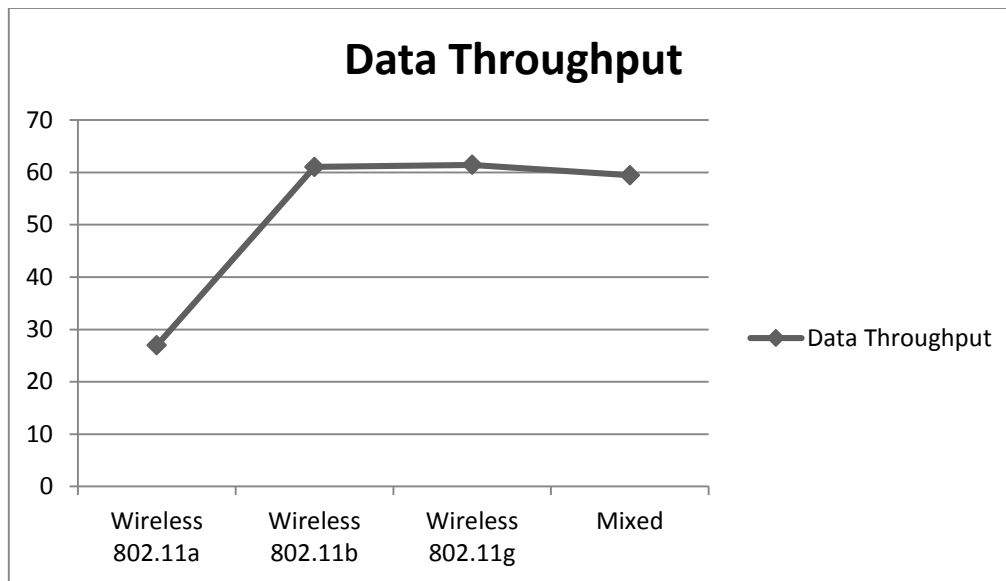
Gambar 4.8 : Grafik Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi karena waktu kedatangan paket yang berbeda - beda. Secara sederhana bisa dikatakan bahwa *jitter* adalah perbedaan waktu kedatangan antara 1 paket dengan paket lainnya. Parameter *jitter* perlu dianalisis untuk mengetahui *delay* kedatangan antar satu paket dengan paket lainnya. Dari hasil perhitungan, didapat besar data *jitter* untuk *Wireless* 802.11a adalah 32 ms, data *jitter* untuk *Wireless* 802.11b adalah 14 ms, data *jitter* untuk *Wireless* 802.11g adalah 11 ms, sedangkan data *jitter* untuk *Mixed* adalah 11 ms.

c. Analisis *Throughput*

Tabel 4.3 Data *Throughput*

Type Wireless	Throughput
Wireless 802.11a	26,962 kbps
Wireless 802.11b	61,048 kbps
Wireless 802.11g	61,427 kbps
Mixed	59,449 kbps



Gambar 4.9 : Grafik *Throughput*

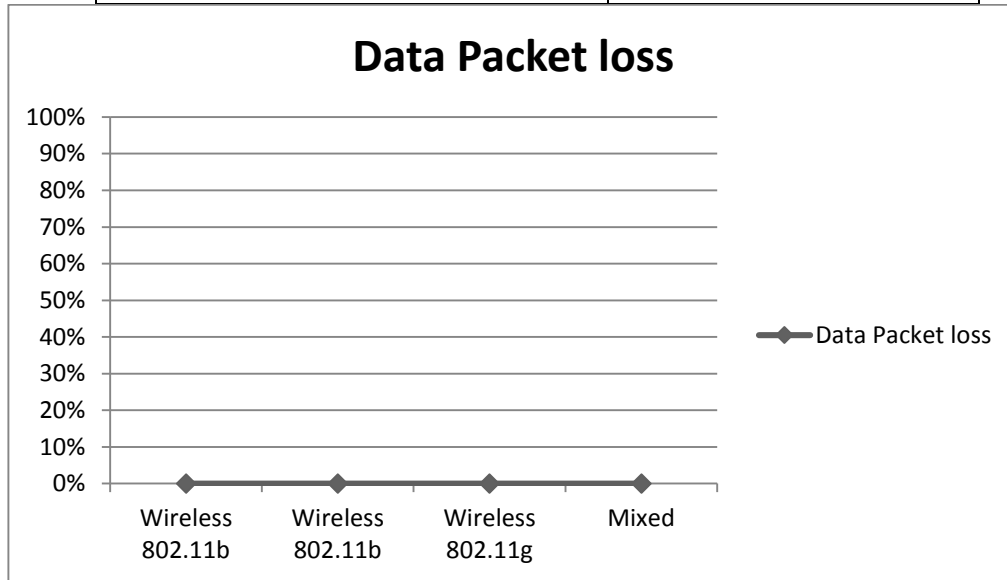
Throughput adalah sejumlah informasi yang berhasil di kirim oleh suatu jaringan selama interval waktu tertentu. *Throughput* merupakan *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu waktu tertentu untuk kondisi tertentu. Dari hasil perhitungan didapat besar *Throughput* untuk *wireless* 802.11a adalah 26,962 kbps, untuk besar *throughput wireless* 802.11b adalah 61,048 kbps, untuk besar *throughput wireless* 802.11g adalah 61,427 kbps, sedangkan untuk besar *throughput Mixed* adalah 59,449 kbps.

d. Analisis *Packet loss*

Tabel 4.4 : Data Packet loss

Type Wireless	Packet loss
---------------	-------------

<i>Wireless 802.11a</i>	0 %
<i>Wireless 802.11b</i>	0 %
<i>Wireless 802.11g</i>	0 %
<i>Mixed</i>	0 %



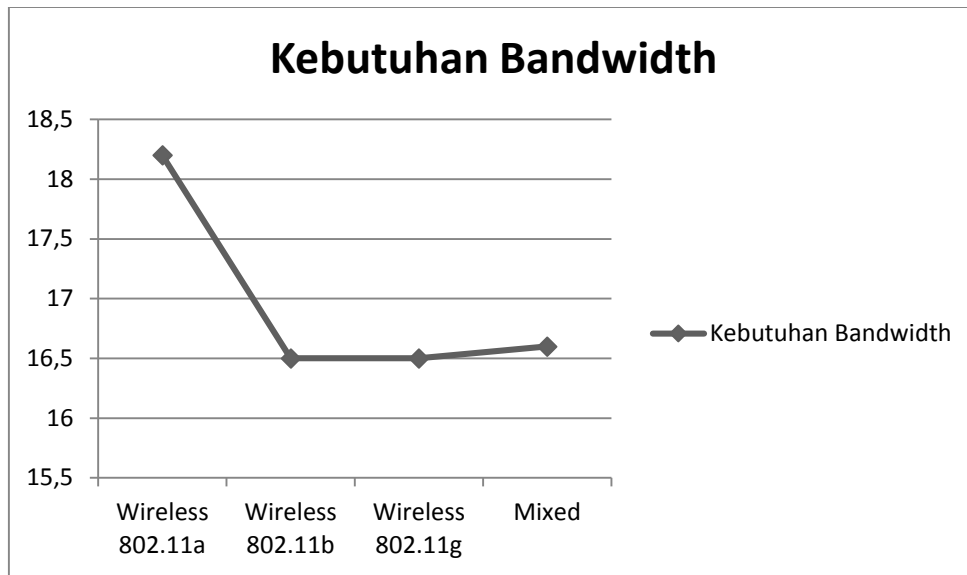
Gambar 4.10 : Grafik *Packet loss*

Packet loss merupakan jumlah paket yang hilang dalam proses pengiriman data dari *node* satu ke *node* yang lain. Setelah dilakukan hasil *capture* menggunakan *wireshark* maka didapatkan hasil yaitu besar *presentase packet loss* pada standar *wireless 802.11a* sebesar 0 %, pada standar *wireless 802.11b* sebesar 0%, pada standar *wireless 802.11g* sebesar 0%, sedangkan pada standar *Mixed* didapatkan besar *presentase packet loss* adalah 0%.

Analisis *Bandwidth*

Tabel 4.5 : Kebutuhan *Bandwidth*

Type <i>Wireless</i>	<i>Bandwidth</i>
<i>Wireless 802.11a</i>	18,2 kbps
<i>Wireless 802.11b</i>	16,5 kbps
<i>Wireless 802.11g</i>	16,5 kbps
<i>Mixed</i>	16,6 kbps



Gambar 4.11 : Grafik *Kebutuhan Bandwidth*

Dari hasil perhitungan didapat besar kebutuhan *Bandwidth* untuk *wireless* 802.11a adalah 18,2 kbps, untuk besar kebutuhan *Bandwidth wireless* 802.11b adalah 16,5 kbps, untuk besar kebutuhan *Bandwidth wireless* 802.11g adalah 16,5 kbps, sedangkan untuk besar kebutuhan *Bandwidth Mixed* adalah 16,6 kbps.

Compression Method	Bit Rate (Kbps)	Sample Size (ms)
G.711 PCM	64	0.125
G.726 ADPCM	32	0.125
G.728 Low Delay Code Excited Linear Predictive (LD-CELP)	15	0.625
G.729 Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Predictive (CS-ACELP)	8	10
G.729a CS-ACELP	8	10
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30
G.723.1 ACELP	5.3	30
iLBC Freeware	15.2	20
	13.3	30

Gambar 4.12 : ITU-t Standar Codec Bit Rate [19]

Untuk menghitung *bandwidth* yang dibutuhkan tiap satu panggilan VoIP dapat dihitung dengan rumus berikut [20]:

$$- \text{Voice payload} = \text{Bit Rate (iLBC Freeware)} * \text{Avg. packets/sec}$$

- $\text{Voice packet size} = (\text{Header layer}) + (\text{UDP}) + (\text{voice payload})$
- $\text{Voice packets per second (pps)} = \text{Bit Rate} / \text{voice payload size}$
- $\text{Bandwidth} = \text{voice packet size} * \text{pps} \dots \dots \dots (4.5)$

1. *Wireless 802.11 a :*

- $\text{Voice payload} = 15200 * 0,027 = 410,4 \text{ bits} = 51,3 \text{ bytes}$
- $\text{Voice packet size} = 6 \text{ bytes} + 4 \text{ bytes} + 51,3 \text{ bytes} = 61,3 \text{ bytes}$
 $= 61,3 \text{ bytes} * 8 \text{ bits per byte} = 490,4 \text{ bit}$
- $\text{Voice packets per second (pps)} = 15200 / 410,4 \text{ bits} = 37 \text{ pps}$
- $\text{Bandwidth} = 490,4 * 37 = 18162,9 \text{ Bps} = 18,2 \text{ kbps}$

2. *Wireless 802.11 b :*

- $\text{Voice payload} = 15200 * 0,061 = 927,2 \text{ bits} = 115,9 \text{ bytes}$
- $\text{Voice packet size} = 6 \text{ bytes} + 4 \text{ bytes} + 115,9 \text{ bytes} = 125,9 \text{ bytes}$
 $= 125,9 \text{ bytes} * 8 \text{ bits per byte} = 1007,2 \text{ bit}$
- $\text{Voice packets per second (pps)} = 15200 / 927,2 \text{ bits} = 16,4 \text{ pps}$
- $\text{Bandwidth} = 1007,2 * 16,4 = 16511 \text{ Bps} = 16,5 \text{ kbps}$

3. *Wireless 802.11 g :*

- $\text{Voice payload} = 15200 * 0,0614 = 933,28 \text{ bits} = 116,7 \text{ bytes}$
- $\text{Voice packet size} = 6 \text{ bytes} + 4 \text{ bytes} + 116,7 \text{ bytes} = 126,7 \text{ bytes}$
 $= 126,7 \text{ bytes} * 8 \text{ bits per byte} = 1013,6 \text{ bit}$
- $\text{Voice packets per second (pps)} = 15200 / 933,28 \text{ bits} = 16,3 \text{ pps}$
- $\text{Bandwidth} = 1013,6 * 16,3 = 16521 \text{ Bps} = 16,5 \text{ kbps}$

4. *Mixed :*

- $\text{Voice payload} = 15200 * 0,0595 = 904,4 \text{ bits} = 113,65 \text{ bytes}$
- $\text{Voice packet size} = 6 \text{ bytes} + 4 \text{ bytes} + 113,05 \text{ bytes} = 123,05 \text{ bytes}$
 $= 123,05 \text{ bytes} * 8 \text{ bits per byte} = 984,4 \text{ bit}$
- $\text{Voice packets per second (pps)} = 15200 / 904,4 \text{ bits} = 16,81 \text{ pps}$
- $\text{Bandwidth} = 984,4 * 16,81 = 16547,76 \text{ Bps} = 16,6 \text{ kbps}$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka penulis dapat memperoleh beberapa kesimpulan. Diantaranya sebagai berikut :

1. Dari pengukuran diketahui bahwa rata-rata *delay* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11a adalah 37 ms, rata-rata *delay* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11b adalah 16 ms, rata-rata *delay* untuk standar *wireless* 802.11g adalah 16 ms, sedangkan rata-rata *delay* untuk ujicoba pada standar *wireless Mixed* adalah 17 ms. Dapat disimpulkan bahwa *VoIP* berjalan dengan baik karena *delay* yang terjadi dibawah 150 ms yang merupakan standar *delay* untuk *real time streaming* protokol. *Wireless* 802.11 b dan *wireless* 802.11 g adalah yang terbaik dan memiliki jumlah *delay* yang sama.
2. Dari pengukuran diketahui bahwa rata-rata *jitter* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11a adalah 32 ms, rata-rata *jitter* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11b adalah 14 ms, rata-rata *jitter* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11g adalah 11 ms, sedangkan rata-rata *delay* untuk ujicoba *Mixed* adalah 11 ms. Dapat disimpulkan *VoIP* berjalan dengan baik karena *jitter* yang terjadi masih dibawah standar *jitter* untuk *VoIP* yaitu 20ms. *Wireless* 802.11 g dan *Mixed* adalah yang terbaik dan memiliki jumlah *jitter* yang sama.
3. Dari pengukuran diketahui bahwa *throughput* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11a adalah 26,962 kbps, *throughput* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11b adalah 61,048 kbps, untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11g adalah 61,427 kbps sedangkan rata-rata *throughput* untuk ujicoba pada *Mixed* adalah 59,449 kbps. Dapat disimpulkan, standar *wireless* 802.11 g memiliki jumlah *throughput* yang lebih besar.
4. Dari pengukuran diketahui bahwa *packet loss* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11a adalah 0 %, *packet loss* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11b adalah 0 %, untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11g adalah 0 %,sedangkan *packet loss* untuk ujicoba pada standar *Mixed* adalah 0 %. *VoIP* berjalan dengan sangat baik karena jumlah *packet loss* masih dibawah standart *packet loss* untuk *VoIP* yaitu 0.5 %.
5. Dari pengukuran diketahui bahwa *bandwidth* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11a adalah 18,2 kbps, *bandwidth* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11b adalah 16,5 kbps, *bandwidth* untuk ujicoba pada standar *wireless* 802.11g adalah 16,5

kbps, sedangkan *bandwidth* untuk ujicoba pada standar *Mixed* adalah 16,6 kbps. Standar *wireless* 802.11g memerlukan jumlah *bandwidth* yang lebih sedikit dibandingkan standar *wireless* lainnya.

6. Dilihat dari hasil penelitian yang telah penulis sebutkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa standar *wireless* 802.11 g relatif sedikit lebih baik digunakan untuk jaringan VoIP dibandingkan standar *wireless* yang lainnya.

Saran

1. Kualitas suara yang dihasilkan pada jaringan VoIP tidak tergantung apakah itu teknologi terbaru, kualitas suara jaringan VoIP tergantung pada besarnya *bandwidth* yang digunakan, banyaknya user yang menggunakan fasilitas standar *wireless* tersebut, sehingga dapat mempengaruhi kecepatan dari *traffic* pada layanan VoIP.
2. Pengukuran aplikasi VoIP ini dilakukan hanya dengan mengukur QoS-nya saja. Untuk selanjutnya mungkin bisa dilakukan pengukuran VoIP dengan menggunakan metode yang lain.
3. Pengukuran aplikasi VoIP ini dilakukan dengan menggunakan standar *wireless* 802.11a, standar *wireless* 802.11b, dan standar *wireless* 802.11g, serta *mixed* (perpaduan antara standar *wireless* 802.11b dan standar *wireless* 802.11g). Untuk selanjutnya mungkin bisa dilakukan pengukuran menggunakan standar *wireless* 802.11n.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irawan, Budhi. 2005. Jaringan Komputer. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [2] Jonathan, Davidson. 2000. Voice over IP Fundamentals. Cisco System.
- [3] Rafiudin, Rahmat. 2006. Protokol-protokol Esensial Internet. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [4] Tharom, Tabratas, dan Purbo, Onno W.. 2001. Teknologi VoIP (Voice over Internet Protocol). Jakarta : Elek Media Komputindo.
- [5] Yoanes Bandung, Syahrial Hubbany, Antonius Aditya Hartanto. 2002. Teknologi Multimedia over Internet Protokol. Jakarta : Elek Media Komputindo.