

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil dan pembahasan dari simulasi. Analisis yang dilakukan berdasarkan pada hasil simulasi dengan menggunakan *network* simulator Riverbed Modeler. Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh tipe *access point* (AP) yang berbeda dengan variasi jumlah *client* pada jaringan *wireless* LAN yang diimplementasikan pada aplikasi layanan *video conference* dengan media IPv6. Analisis yang dilakukan meliputi parameter *delay*, *packet loss*, dan *throughput*.

Pada skenario aplikasi layanan *video conference* ini, hanya membutuhkan *application config* dan *profile config*. Agar jaringan tersebut terintegrasi pada network IPv6, maka pada menu *protocols* yang disediakan oleh simulator Riverbed Modeler terdapat *function* agar jaringan terintegrasi dengan *network* IPv6. Durasi simulasi ditentukan selama 1 jam.

4.1 Konfigurasi Perangkat

Pada bagian ini akan dibahas mengenai konfigurasi perangkat yang digunakan untuk menunjang jalannya penelitian. Perangkat yang digunakan terdiri atas *Personal Computer* (PC)/Laptop dan *software* Riverbed Modeler *Academic Edition*.

4.1.1 Instalasi *Software* Riverbed Modeler

Riverbed Modeler merupakan *software* yang memiliki fitur beragam yang memudahkan proses mendesain skenario jaringan di dunia nyata ke dalam suatu model simulasi jaringan. Sebelum tahap instalasi dilakukan, perlu diketahui bahwa terdapat spesifikasi minimum yang diperlukan oleh Riverbed Modeler agar dapat bekerja secara optimal. Tabel 4.1 menunjukkan spesifikasi minimum yang dibutuhkan untuk menjalankan Riverbed pada perangkat PC/Laptop.

Tabel 4.1 Spesifikasi Minimum Untuk Riverbed Modeler

Nama	Spesifikasi
<i>Supported platform for Microsoft</i>	Windows XP Professional
<i>Required System Patches for Microsoft</i>	<i>Service Pack 1</i> (diperlukan) <i>Service Pack 2</i> (usahakan menggunakan SP2, sebab untuk instalasi <i>compiler</i> , VS2005, memerlukan SP2)
<i>System configuration</i>	RAM: minimal 512 MB, 1-2 GB (disarankan) System File Space: 3 GB Working File Space: 100 MB or more for temporary and log files Display Resolution: 1024x768 minimum
<i>Supporting software (compiler)</i>	Microsoft Visual C/C++ 6.x, Visual Studio .NET 2003, atau Visual Studio 2005.

Sumber: (<http://www.riverbed.com>, 2016)

4.2 Konfigurasi Video Conference pada Jaringan Wireless LAN dengan Media IPv6

Pada konfigurasi *Video Conference* melalui jaringan *Wireless LAN* dengan media IPv6 akan ditentukan komponen-komponen jaringan, karakteristik trafik yang akan dibangkitkan serta penentuan parameter-parameter simulasi yang diimplementasikan dalam model jaringan yang akan dirancang untuk mengetahui performansi *Video Conference* pada jaringan *Wireless LAN* dengan media IPv6.

4.2.1 Komponen Jaringan

Proses simulasi pada Riverbed Modeler memerlukan model-model jaringan yang merupakan representasi dari kondisi jaringan sebenarnya yang disebut dengan *node model*. Tabel 4.2 merupakan penjelasan mengenai komponen jaringan (*node* dan *link model*) yang akan digunakan dalam simulasi menggunakan Riverbed Modeler.

Tabel 4.2 Komponen-komponen Jaringan yang Digunakan dalam Simulasi

No	Nama	Fungsi	Simbol
1	<i>Application Config</i>	model yang digunakan untuk menentukan jenis aplikasi atau layanan yang akan berlangsung pada <i>user</i> , dalam skripsi ini berupa <i>video conference</i>	 Application Config
2	<i>Profile Config</i>	Model yang digunakan untuk menentukan perilaku yang akan terjadi pada user atau disebut (<i>user profile</i>)	 Profile Config
3	Ethernet_server_adv	Model yang digunakan untuk merepresentasikan server dengan aplikasi server yang ada	 ethernet_server_adv
4	100BaseT_adv	Model yang digunakan untuk merepresentasikan sambungan ethernet yang beroperasi dengan kecepatan 100 Mbps	 100BaseT_adv
5	Wlan_ethernet_router_adv	Model yang digunakan untuk merepresentasikan router berbasis <i>wireless</i> LAN dengan satu ethernet <i>interface</i>	 wlan_ethernet_router_adv
6	Wlan_wkstn_adv	Model yang digunakan untuk merepresentasikan komputer dengan aplikasi <i>client-server</i> yang bekerja pada TCP/IP dan UDP/IP	 wlan_wkstn_adv

Sumber: (Simulasi, 2016)

4.3 Analisis Video Conference pada Jaringan Wireless LAN dengan Media IPv6

Analisis yang dilakukan pada bab ini berdasarkan pada hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *network simulator* Riverbed Modeler. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh tipe *access point* (AP) yang berbeda dengan variasi jumlah *client*. Parameter yang dianalisa meliputi *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Data hasil simulasi menggunakan Riverbed Modeler ditampilkan dalam bentuk grafik pada fungsi waktu. Skenario variasi jumlah *client* dengan tipe *access point* (AP) berbeda dilakukan berdasarkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Skenario Variasi Jumlah *Client* Berdasarkan Tipe *Access Point*

<i>Access Point</i>	Durasi Panggilan Tiap <i>Client</i>	Jumlah <i>Client</i>
802.11a	1 jam	3 <i>client</i>
		6 <i>client</i>
		9 <i>client</i>
		12 <i>Client</i>
802.11b	1 jam	3 <i>client</i>
		6 <i>client</i>
		9 <i>client</i>
		12 <i>Client</i>
802.11g	1 jam	3 <i>client</i>
		6 <i>client</i>
		9 <i>client</i>
		12 <i>Client</i>
802.11n (2,4 GHz)	1 jam	3 <i>client</i>
		6 <i>client</i>
		9 <i>client</i>
		12 <i>Client</i>
802.11n (5 GHz)	1 jam	3 <i>client</i>
		6 <i>client</i>
		9 <i>client</i>
		12 <i>Client</i>

Gambar 4.1 merupakan konfigurasi *video conference* pada jaringan *Wireless LAN* dengan media IPv6 yang digunakan pada Riverbed Modeler:



Gambar 4.1 Konfigurasi *Video Conference* pada Jaringan *Wireless LAN* dengan Media IPv6

4.4 Evaluasi Hasil Skenario Jaringan *Wireless LAN* Aplikasi *Video Conference* dengan Media IPv6

Implementasi simulasi yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak lima skenario berdasarkan tipe *access point* dengan penambahan *client* yang berbeda untuk menggunakan aplikasi layanan *video conference*. Dimana pada setiap skenario yang dilakukan, penambahan *client* yang disimulasikan dimulai dari 3, 6, 9, dan 12 hingga didapat nilai dari parameter yang diamati yaitu *delay*, *packet loss*, dan *throughput* pada penambahan *client*. Hasil simulasi masing-masing skenario dijelaskan mulai dari 4.4.1 sampai 4.4.5.

4.4.1 Skenario WLAN 802.11a

4.4.1.1 Throughput

Throughput menunjukkan jumlah data yang diterima dengan benar pada sisi penerima setelah melewati media transmisi. Dalam analisis *throughput* pada *video conference* melalui jaringan *Wireless LAN* adalah *throughput* dari *server* menuju *client*. Simulasi dibawah ini menunjukkan grafik *throughput* yang diterima dalam fungsi waktu dengan durasi simulasi selama satu jam.

Throughput WLAN 802.11a untuk *data rate* 54 Mbps dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai *throughput access point* WLAN 802.11a, yang berkaitan dengan jumlah *user* berbeda sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Pada skenario *throughput* WLAN 802.11a dengan *data rate* 54 Mbps digunakan *physical characteristic* dari 802.11a sesuai dengan standar IEEE yang ditunjukkan Tabel 4.4.

Tabel 4.4 IEEE 802.11a *Physical Characteristic*

Parameter	Nilai
SIFS	16 μ s
DIFS	34 μ s
ACK	24 μ s
<i>Preamble</i>	16 μ s
<i>Header</i>	4 μ s
<i>Overhead (preamble+header)</i>	20 μ s
WLAN Data	100 Kbyte
<i>Data Rate</i>	54 Mbps

Sumber: (IEEE Std 802.11, 2012)

Berikut ini merupakan langkah perhitungan *throughput* WLAN 802.11a untuk skenario penerapan *data rate* sebesar 54 Mbps. Perhitungan dilakukan dua tahap yaitu perhitungan waktu (t_T) untuk mentransmisikan paket data dan perhitungan *throughput*.

a. Perhitungan Waktu Transmisi (t_T)

Waktu transmisi dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga untuk *data rate* 54 Mbps didapat waktu transmisi sebesar:

$$t_T = DIFS + Overhead + \frac{data}{rate} + SIFS + ACK$$

$$t_T = 34 + 20 + \frac{100 \text{ Kbyte}}{54 \text{ Mbps}} + 16 + 24$$

$$= 9,4 \times 10^{-5} + \frac{8 \times 10^5}{54 \times 10^6}$$

$$= 0,1490881$$

b. Perhitungan *Throughput*

Perhitungan *throughput* didapat dengan menggunakan persamaan 2.2, sehingga *throughput* WLAN 802.11a sebesar:

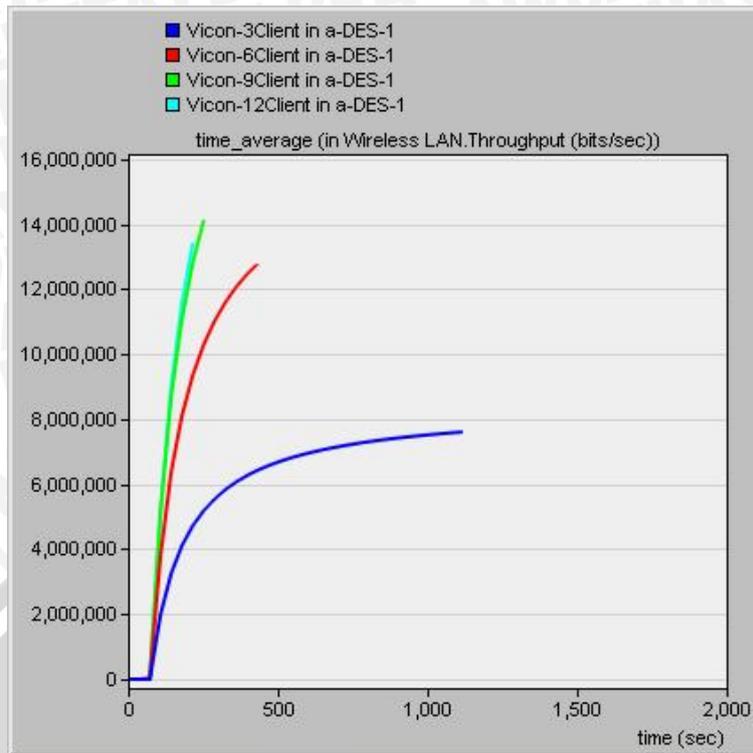
$$\text{Throughput (bps)} = \frac{Data}{t_T}$$

$$= \frac{8 \times 10^5}{0,1490881}$$

$$= 5365954 \text{ bps} = 5,366 \text{ Mbps}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai dari *throughput* WLAN 802.11a sebesar 5,366 Mbps untuk penerapan *data rate* 54 Mbps.

Untuk pengaruh jumlah *user* yang berbeda terhadap WLAN 802.11a, dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator *Riverbed Modeler*. Pada skenario ini, terdapat beberapa buah *client* yang divariasikan secara berkelipatan mulai dari 3, 6, 9, hingga 12 *client* berupa *wlan_workstation* dan sebuah *access point* berupa *wlan_ethernet_router* yang dihubungkan ke *server* menggunakan 100BaseT. Model tersebut di konfigurasi untuk pengaturan trafik yang digunakan pada simulasi. Gambar 4.2 merupakan hasil perbandingan *throughput* WLAN 802.11a dengan variasi jumlah *client*.



Gambar 4.2 Hasil Perbandingan *Throughput* WLAN 802.11a

Pada Gambar 4.2 diambil rata-rata *throughput video conference* secara global. Tabel 4.5 menunjukkan rata-rata dari *throughput* yang diambil berdasarkan variasi jumlah *client*.

Tabel 4.5 *Throughput* Simulasi WLAN 802.11a

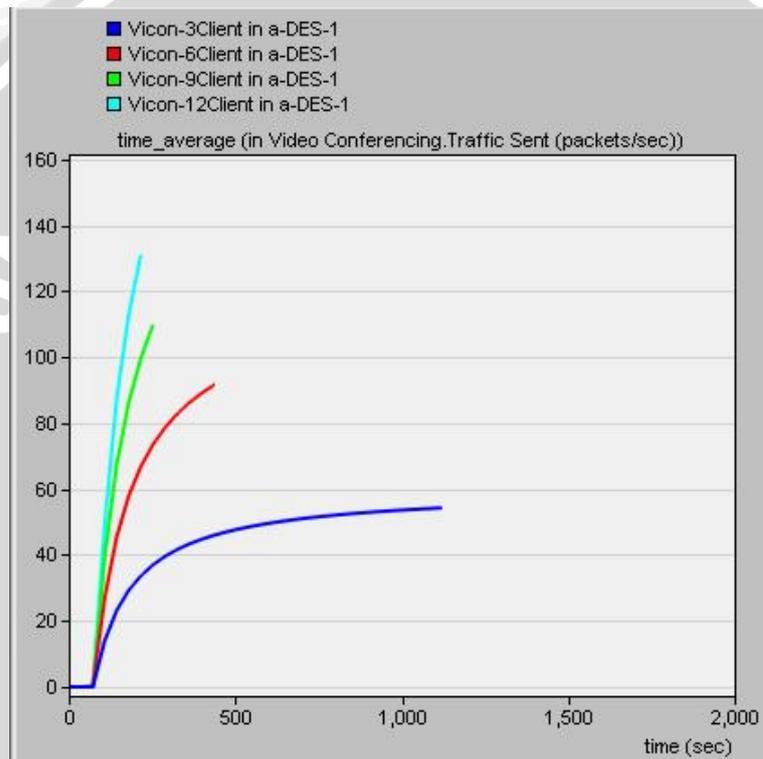
<i>Client</i>	<i>Throughput (Mbps)</i>
3	4,234
6	2,980
9	0,655
12	0,596

Sumber: (Simulasi)

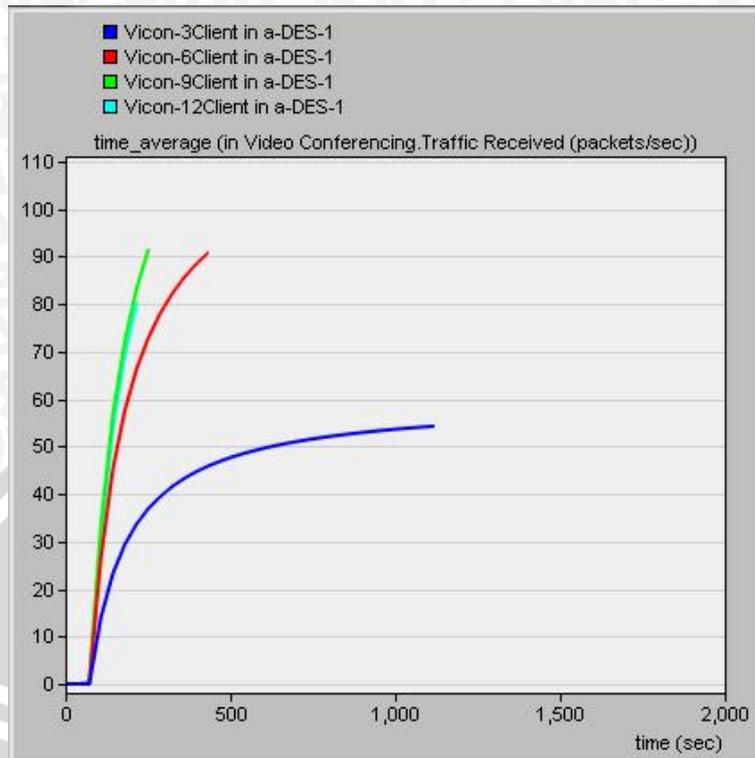
Dari data hasil simulasi pada Tabel 4.5 tersebut dengan penggunaan *Wireless LAN* 802.11a dapat dianalisis bahwa semakin banyak jumlah *client* maka *throughput* yang dihasilkan semakin kecil/sedikit. Pada *client* dengan nilai paling rendah ditunjukkan oleh *client* dengan jumlah 12 *client* yakni sebesar 0,596 Mbps, sedangkan pada *client* dengan nilai paling tinggi dihasilkan oleh *client* dengan jumlah tiga *client* yakni sebesar 4,234 Mbps.

4.4.1.2 Probabilitas *Packet Loss*

Probabilitas *packet loss* total merupakan probabilitas banyaknya paket yang diterima dalam kondisi salah di sisi penerima. Dalam simulasi ini akan ditampilkan jumlah paket yang dikirim dari *server* dan paket yang akan diterima pada *client*. Gambar 4.3 menunjukkan *packet sent* yang terjadi selama simulasi berlangsung, sedangkan jumlah paket rata-rata yang diterima selama simulasi berlangsung pada sisi penerima ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Hasil Perbandingan Paket yang Dikirim WLAN 802.11a



Gambar 4.4 Hasil Perbandingan Paket yang Diterima WLAN 802.11a

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, dapat ditentukan probabilitas *packet loss* pada tiga *client* adalah:

$$\text{Packet loss} = \frac{(3,504 - 1,208)}{3,504} = 0,655$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai probabilitas *packet loss* untuk tiap jumlah *client* yang berbeda, ditunjukkan dalam Tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Probabilitas *Packet Loss* WLAN 802.11a

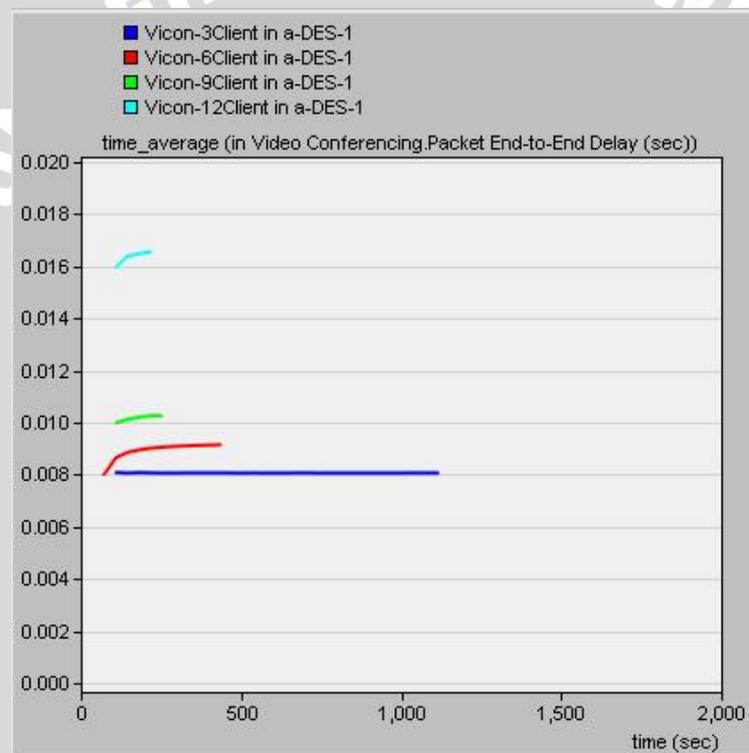
<i>Client</i>	<i>Traffic Sent (pps)</i>	<i>Traffic Received (pps)</i>	Probabilitas <i>Packet Loss</i>
3	3,504	1,208	0,655
6	3,341	0,484	0,855
9	4,925	0,539	0,890
12	5,560	0,587	0,894

Sumber: (Simulasi)

Dari hasil simulasi dengan penggunaan *Wireless LAN 802.11a* di atas diperoleh probabilitas *packet loss* dengan nilai terendah diperoleh dari *client* dengan jumlah 12 *client* sebesar 0,214, sedangkan nilai tertinggi dari *client* dengan jumlah tiga *client* sebesar 0,008. Sehingga, kualitas *video conference* semakin baik jika *packet loss* yang dihasilkan semakin kecil.

4.4.1.3 Delay End to End

Delay end-to-end merupakan penjumlahan waktu total pada jaringan IP dari *delay-delay* yang terjadi dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan. Pada penelitian ini pembangkitan *video conference* dilakukan dari awal selama satu jam hingga selesai. Gambar 4.5 merupakan grafik *delay end-to-end* yang dihasilkan dari simulasi.



Gambar 4.5 Hasil Perbandingan *Delay end-to-end* WLAN 802.11a

Dari hasil simulasi Gambar 4.5 diperoleh rata-rata *delay end-to-end* dengan jumlah *client* berbeda yang tercantum pada Tabel 4.7 :

Tabel 4.7 *Delay end-to-end* WLAN 802.11a

Client	Average Delay end-to-end (detik)
3	0,054
6	0,062
9	0,070
12	0,086

Sumber: (Simulasi)

Berdasarkan data pada Tabel 4.7 dapat dianalisis bahwa semakin banyak pengguna, maka *delay end-to-end* yang terjadi pada *video conference* melalui jaringan *Wireless LAN* menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan semakin banyaknya pengguna maka *bandwidth* akan semakin kecil dan *delay* yang dihasilkan akan semakin besar. Dari hasil simulasi *delay end-to-end* nilai tertinggi pada *client* dengan jumlah 12 *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,0112 detik, sedangkan nilai terendah pada *client* dengan jumlah tiga *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,0084 detik.

4.4.2 Skenario WLAN 802.11b

4.4.2.1 Throughput

Throughput WLAN 802.11b untuk *data rate* 11 Mbps dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai maksimum *throughput access point* WLAN 802.11b, yang berkaitan dengan jumlah *user* berbeda sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Pada skenario *throughput* WLAN 802.11b dengan *data rate* 11 Mbps digunakan *physical characteristic* dari 802.11b sesuai dengan standar IEEE yang ditunjukkan Tabel 4.8.

Tabel 4.8 IEEE 802.11b Physical Characteristic

Parameter	Nilai
SIFS	10 μ s
DIFS	50 μ s
ACK	203 μ s
Preamble	144 μ s
Header	48 μ s
Overhead (preamble+header)	192 μ s
WLAN Data	100 Kbyte
Data Rate	11 Mbps

Sumber: (IEEE Std 802.11, 2012)

Berikut ini merupakan langkah perhitungan *throughput* WLAN 802.11b untuk skenario penerapan *data rate* sebesar 11 Mbps. Perhitungan dilakukan dua tahap yaitu perhitungan waktu (t_T) untuk mentransmisikan paket data dan perhitungan *throughput*.

a. Perhitungan Waktu Transmisi (t_T)

Waktu transmisi dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga untuk *data rate* 11 Mbps didapat waktu transmisi sebesar:

$$t_T = DIFS + Overhead + \frac{data}{rate} + SIFS + ACK$$

$$t_T = 50 + 192 + \frac{100 \text{ Kbyte}}{11 \text{ Mbps}} + 10 + 203$$

$$= 45,5 \times 10^{-5} + \frac{8 \times 10^5}{11 \times 10^6}$$

$$= 0,07318227$$

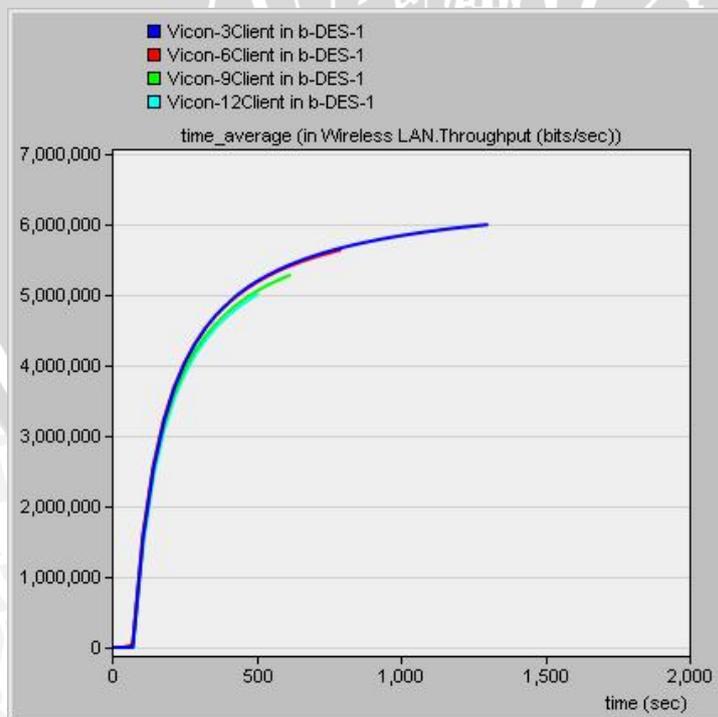
b. Perhitungan *Throughput*

Perhitungan *throughput* didapat dengan menggunakan persamaan 2.2, sehingga *throughput* WLAN 802.11b sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Throughput (Mbps)} &= \frac{\text{Data}}{t_T} \\ &= \frac{8 \times 10^5}{0,07318227} \\ &= 10931609 \text{ bps} = 10,932 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai dari *throughput* WLAN 802.11b sebesar 10,932 Mbps untuk penerapan *data rate* 11 Mbps.

Untuk pengaruh jumlah *user* yang berbeda terhadap WLAN 802.11b, dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator *Riverbed Modeler*. Pada skenario ini, terdapat beberapa buah *client* yang divariasikan secara berkelipatan mulai dari 3, 6, 9, hingga 12 *client* berupa *wlan_workstation* dan sebuah *access point* berupa *wlan_ethernet_router* yang dihubungkan ke *server* menggunakan 100BaseT. Model tersebut di konfigurasi untuk pengaturan trafik yang digunakan pada simulasi. Gambar 4.6 merupakan hasil perbandingan *throughput* WLAN 802.11b dengan variasi jumlah *client*.



Gambar 4.6 Hasil Perbandingan *Throughput* WLAN 802.11b

Pada Gambar 4.6 diambil rata-rata *throughput video conference* secara global. Tabel 4.9 menunjukkan rata-rata dari *throughput* yang diambil berdasarkan variasi jumlah *client*.

Tabel 4.9 *Throughput* Simulasi WLAN 802.11b

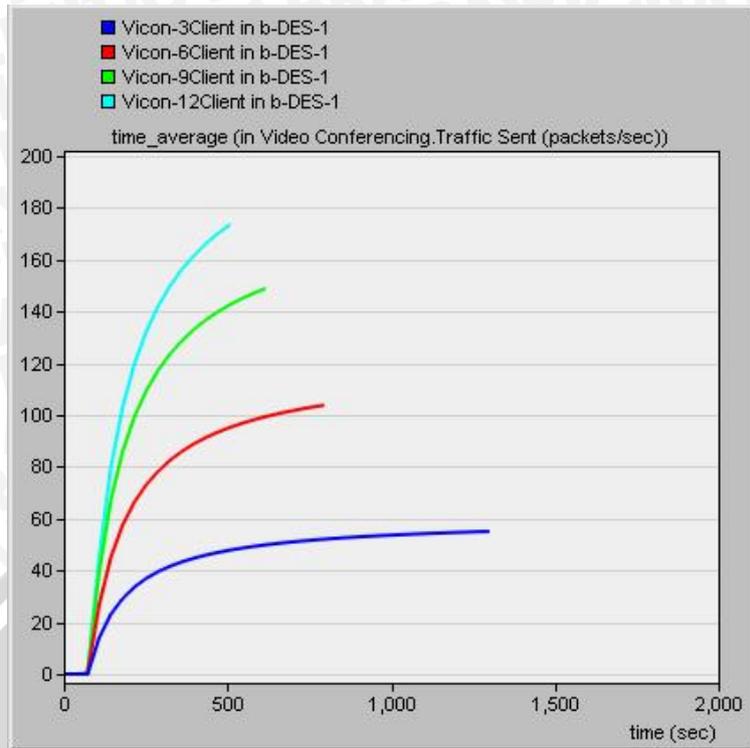
<i>Client</i>	<i>Throughput</i> (Mbps)
3	4,148
6	2,379
9	1,759
12	1,115

Sumber: (Simulasi)

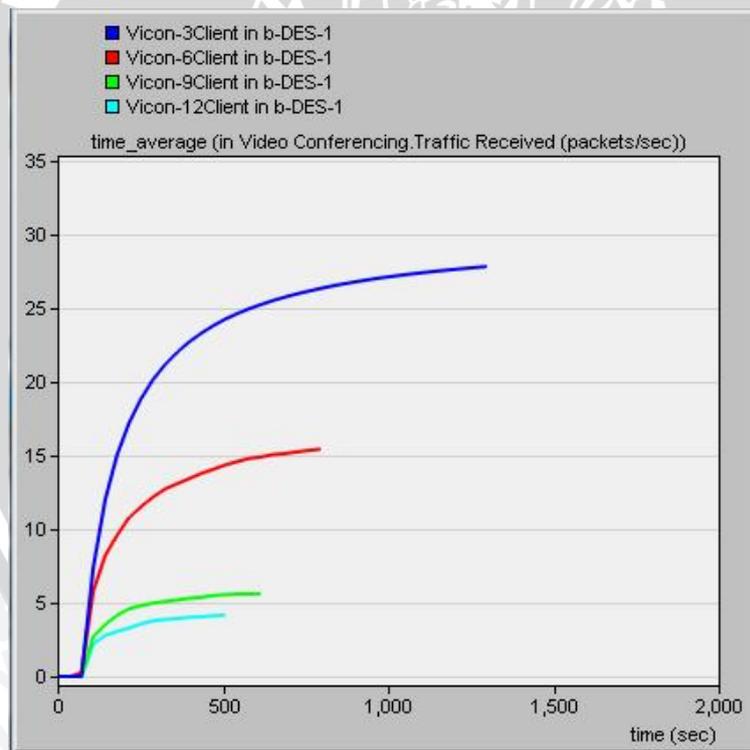
Dari data hasil simulasi pada Tabel 4.9 tersebut dengan penggunaan *Wireless LAN* 802.11b dapat dianalisis bahwa semakin banyak jumlah *client* maka *throughput* yang dihasilkan semakin kecil/sedikit. Pada *client* dengan nilai paling rendah ditunjukkan oleh *client* dengan jumlah 12 *client* yakni sebesar 2,339 Mbps, sedangkan pada *client* dengan nilai paling tinggi dihasilkan oleh *client* dengan jumlah tiga *client* yakni sebesar 4,148 Mbps.

4.4.2.2 Probabilitas *Packet Loss*

Gambar 4.7 menunjukkan *packet sent* yang terjadi selama simulasi berlangsung, sedangkan jumlah paket rata-rata yang diterima selama simulasi berlangsung pada sisi penerima ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Hasil Perbandingan Paket yang Dikirim WLAN 802.11b



Gambar 4.8 Hasil Perbandingan Paket yang Diterima WLAN 802.11b

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, dapat ditentukan probabilitas *packet loss* pada tiga *client* adalah:

$$\text{Packet loss} = \frac{(4,437 - 2,117)}{4,437} = 0,522$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai probabilitas *packet loss* untuk tiap jumlah *client* yang berbeda, ditunjukkan dalam Tabel 4.10 :

Tabel 4.10 Probabilitas *Packet Loss* WLAN 802.11b

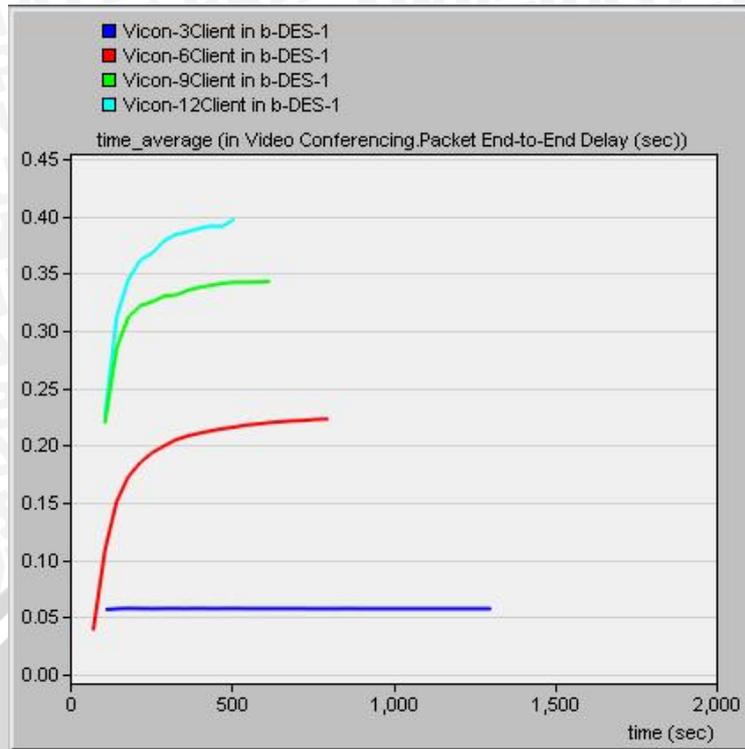
<i>Client</i>	<i>Traffic Sent</i> (pps)	<i>Traffic Received</i> (pps)	Probabilitas <i>Packet Loss</i>
3	4,437	2,117	0,522
6	8,475	1,217	0,856
9	11,176	0,488	0,956
12	12,636	0,259	0,979

Sumber: (Simulasi)

Dari hasil simulasi dengan penggunaan *Wireless LAN 802.11b* di atas diperoleh probabilitas *packet loss* dengan nilai terendah diperoleh dari *client* dengan jumlah 12 *client* sebesar 0,979, sedangkan nilai tertinggi dari *client* dengan jumlah tiga *client* sebesar 0,522. Sehingga, kualitas *video conference* semakin baik jika *packet loss* yang dihasilkan semakin kecil.

4.4.2.3 Delay End to End

Delay end-to-end merupakan penjumlahan waktu total pada jaringan IP dari *delay-delay* yang terjadi dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan. Pada penelitian ini pembangkitan *video conference* dilakukan dari awal selama satu jam hingga selesai. Gambar 4.9 merupakan grafik *delay end-to-end* yang dihasilkan dari simulasi.



Gambar 4.9 Hasil Perbandingan *Delay end-to-end* WLAN 802.11b

Dari hasil simulasi Gambar 4.9 diperoleh rata-rata *delay end-to-end* dengan jumlah *client* berbeda yang tercantum pada Tabel 4.11 :

Tabel 4.11 *Delay end-to-end* WLAN 802.11b

Client	Average Delay end-to-end (detik)
3	0,065
6	0,416
9	0,448
12	0,515

Sumber: (Simulasi)

Berdasarkan data pada Tabel 4.11 dapat dianalisis bahwa semakin banyak pengguna, maka *delay end-to-end* yang terjadi pada *video conference* melalui jaringan *Wireless LAN* menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan semakin banyaknya pengguna maka *bandwidth* akan semakin kecil dan *delay* yang dihasilkan akan semakin besar. Dari hasil simulasi *delay end-to-end* nilai tertinggi pada *client* dengan jumlah 12 *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,515 detik, sedangkan nilai terendah pada *client* dengan jumlah tiga *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,065 detik.

4.4.3 Skenario WLAN 802.11g

4.4.3.1 Throughput

Throughput WLAN 802.11g untuk *data rate* 54 Mbps dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai maksimum *throughput access point* WLAN 802.11g, yang berkaitan dengan jumlah *user* berbeda sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Pada skenario *throughput* WLAN 802.11g dengan *data rate* 54 Mbps digunakan *physical characteristic* dari 802.11g sesuai dengan standar IEEE yang ditunjukkan Tabel 4.12.

Tabel 4.12 IEEE 802.11g *Physical Characteristic*

Parameter	Nilai
SIFS	10 μ s
DIFS	28 μ s
ACK	34 μ s
<i>Preamble</i>	20 μ s
<i>Header</i>	4 μ s
<i>Overhead (preamble+header)</i>	24 μ s
WLAN Data	100 Kbyte
<i>Data Rate</i>	54 Mbps

Sumber: (IEEE Std 802.11, 2012)

Berikut ini merupakan langkah perhitungan *throughput* WLAN 802.11g untuk skenario penerapan *data rate* sebesar 54 Mbps. Perhitungan dilakukan dua tahap yaitu perhitungan waktu (t_T) untuk mentransmisikan paket data dan perhitungan *throughput*.

a. Perhitungan Waktu Transmisi (t_T)

Waktu transmisi dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga untuk *data rate* 54 Mbps didapat waktu transmisi sebesar:

$$t_T = DIFS + Overhead + \frac{data}{rate} + SIFS + ACK$$

$$t_T = 28 + 24 + \frac{100 \text{ Kbyte}}{54 \text{ Mbps}} + 10 + 34$$

$$= 9,6 \times 10^{-5} + \frac{8 \times 10^5}{54 \times 10^6}$$

$$= 0,01491081$$

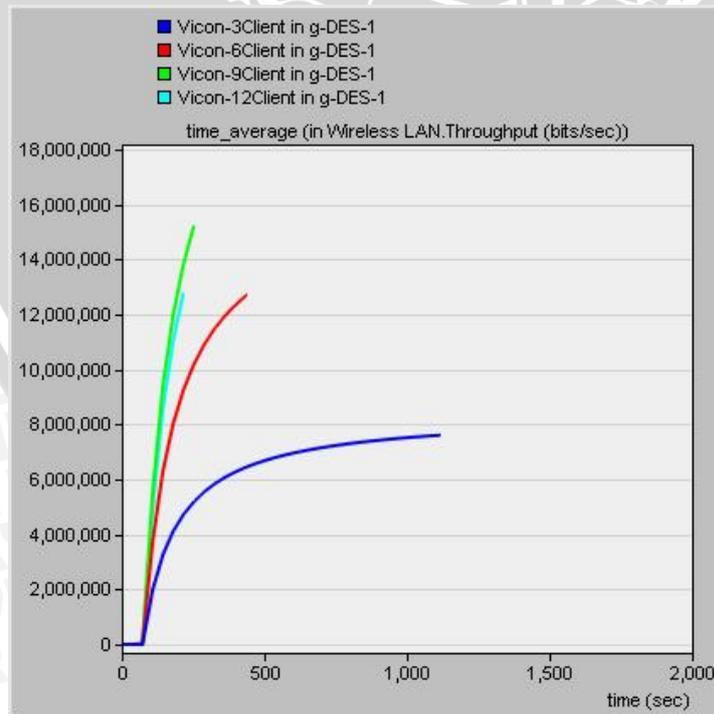
b. Perhitungan *Throughput*

Perhitungan *throughput* didapat dengan menggunakan persamaan 2.2, sehingga *throughput* WLAN 802.11g sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Throughput (Mbps)} &= \frac{\text{Data}}{t_T} \\ &= \frac{8 \times 10^5}{0,01491081} \\ &= 5365235 \text{ bps} = 5,365 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai dari *throughput* WLAN 802.11g sebesar 5,365 Mbps untuk penerapan *data rate* 54 Mbps.

Untuk pengaruh jumlah *user* yang berbeda terhadap WLAN 802.11g, dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator *Riverbed Modeler*. Pada skenario ini, terdapat beberapa buah *client* yang divariasikan secara berkelipatan mulai dari 3, 6, 9, hingga 12 *client* berupa *wlan_workstation* dan sebuah *access point* berupa *wlan_ethernet_router* yang dihubungkan ke *server* menggunakan *100BaseT*. Model tersebut di konfigurasi untuk pengaturan trafik yang digunakan pada simulasi. Gambar 4.10 merupakan hasil perbandingan *throughput* WLAN 802.11g dengan variasi jumlah *client*.



Gambar 4.10 Hasil Perbandingan *Throughput* WLAN 802.11g

Pada Gambar 4.10 diambil rata-rata *throughput video conference* secara global. Tabel 4.13 menunjukkan rata-rata dari *throughput* yang diambil berdasarkan variasi jumlah *client*.

Tabel 4.13 *Throughput* Simulasi WLAN 802.11g

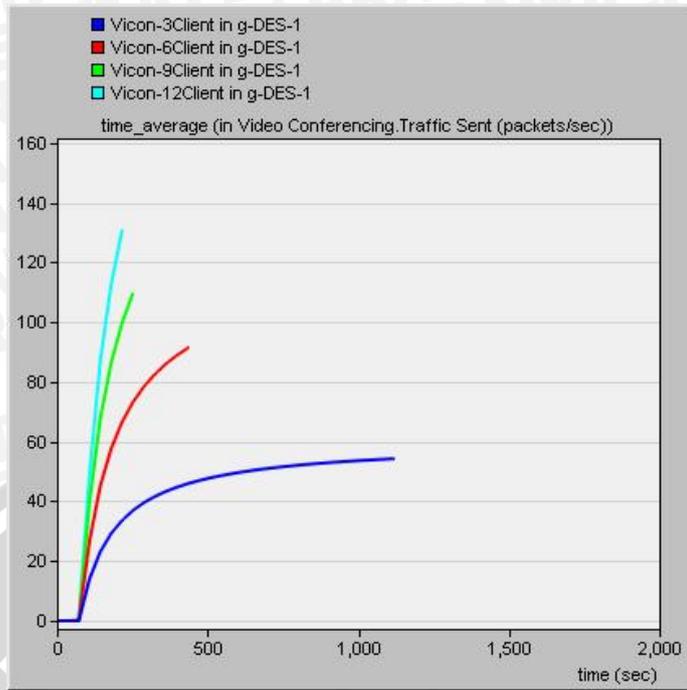
<i>Client</i>	<i>Throughput (Mbps)</i>
3	4,236
6	2,792
9	1,765
12	1,656

Sumber: (Simulasi)

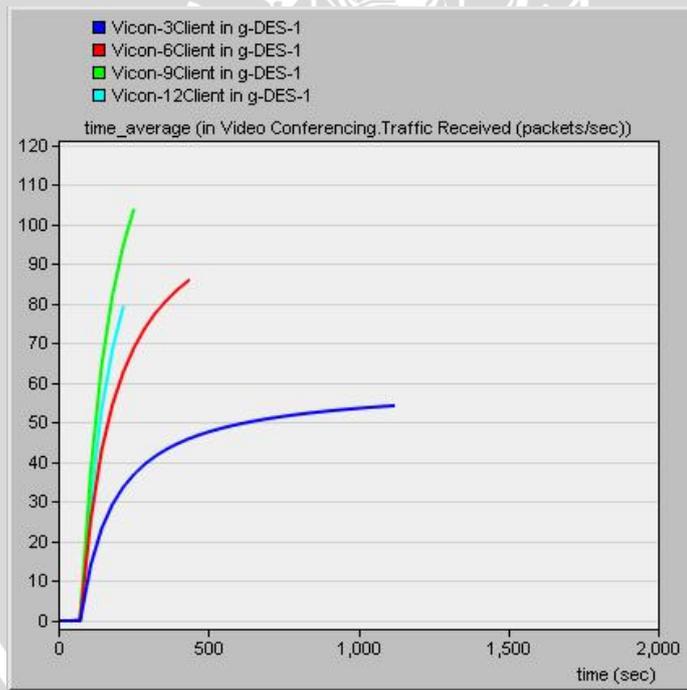
Dari data hasil simulasi pada Tabel 4.13 tersebut dengan penggunaan *Wireless LAN 802.11g* dapat dianalisis bahwa semakin banyak jumlah *client* maka *throughput* yang dihasilkan semakin kecil/sedikit. Pada *client* dengan nilai paling rendah ditunjukkan oleh *client* dengan jumlah 12 *client* yakni sebesar 1,656 Mbps, sedangkan pada *client* dengan nilai paling tinggi dihasilkan oleh *client* dengan jumlah tiga *client* yakni sebesar 4,234 Mbps.

4.4.3.2 Probabilitas *Packet Loss*

Gambar 4.11 menunjukkan *packet sent* yang terjadi selama simulasi berlangsung, sedangkan jumlah paket rata-rata yang diterima selama simulasi berlangsung pada sisi penerima ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Hasil Perbandingan Paket yang Dikirim WLAN 802.11g



Gambar 4.12 Hasil Perbandingan Paket yang Diterima WLAN 802.11g

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, dapat ditentukan probabilitas *packet loss* pada tiga *client* adalah:

$$\text{Packet loss} = \frac{(4,604 - 4,567)}{4,604} = 0,008$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai probabilitas *packet loss* untuk tiap jumlah *client* yang berbeda, ditunjukkan dalam Tabel 4.14 :

Tabel 4.14 Probabilitas *Packet Loss* WLAN 802.11g

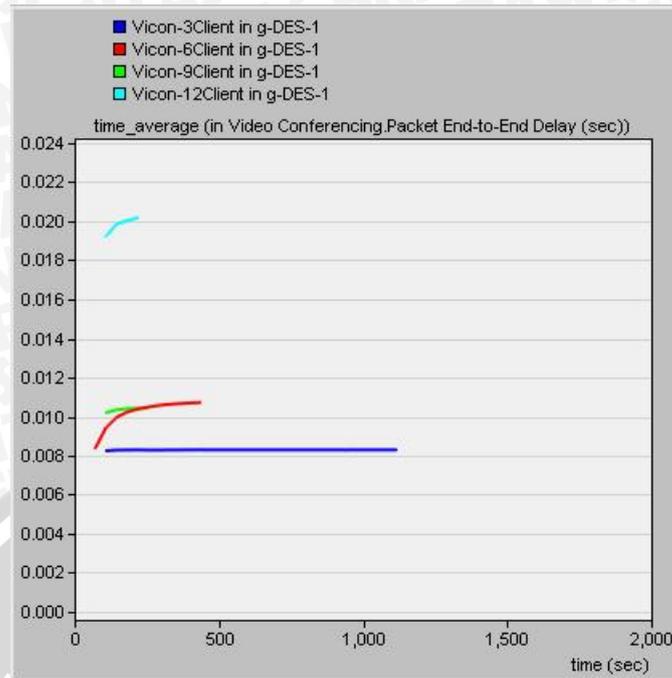
<i>Client</i>	<i>Traffic Sent (pps)</i>	<i>Traffic Received (pps)</i>	Probabilitas <i>Packet Loss</i>
3	4,604	4,567	0,008
6	6,359	6,075	0,044
9	7,040	6,039	0,142
12	9,188	5,740	0,375

Sumber: (Simulasi)

Dari hasil simulasi dengan penggunaan *Wireless LAN 802.11g* di atas diperoleh probabilitas *packet loss* dengan nilai terendah diperoleh dari *client* dengan jumlah 12 *client* sebesar 0,375, sedangkan nilai tertinggi dari *client* dengan jumlah tiga *client* sebesar 0,003. Sehingga, kualitas *video conference* semakin baik jika *packet loss* yang dihasilkan semakin kecil.

4.4.3.3 *Delay end-to-end*

Delay end-to-end merupakan penjumlahan waktu total pada jaringan IP dari *delay-delay* yang terjadi dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan. Pada penelitian ini pembangkitan *video conference* dilakukan dari awal selama satu jam hingga selesai. Gambar 4.13 merupakan grafik *delay end-to-end* yang dihasilkan dari simulasi.



Gambar 4.13 Hasil Perbandingan *Delay end-to-end* WLAN 802.11g

Dari hasil simulasi Gambar 4.13 diperoleh rata-rata *delay end-to-end* dengan jumlah *client* berbeda yang tercantum pada Tabel 4.15 :

Tabel 4.15 *Delay end-to-end* WLAN 802.11g

Client	Average Delay end-to-end (detik)
3	0,008
6	0,009
9	0,010
12	0,018

Sumber: (Simulasi)

Berdasarkan data pada Tabel 4.15 dapat dianalisis bahwa semakin banyak pengguna, maka *delay end-to-end* yang terjadi pada *video conference* melalui jaringan *Wireless LAN* menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan semakin banyaknya pengguna maka *bandwidth* akan semakin kecil dan *delay* yang dihasilkan akan semakin besar. Dari hasil simulasi *delay end-to-end* nilai tertinggi pada *client* dengan jumlah 12 *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,018 detik, sedangkan nilai terendah pada *client* dengan jumlah tiga *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,008 detik.

4.4.4 Skenario WLAN 802.11n (2,4 GHz)

4.4.4.1 Throughput

Throughput WLAN 802.11n (2,4 GHz) untuk *data rate* 100 Mbps dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai maksimum *throughput access point* WLAN 802.11n (2,4 GHz), yang berkaitan dengan jumlah *user* berbeda sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Pada skenario *throughput* WLAN 802.11n (2,4 GHz) dengan *data rate* 100 Mbps digunakan *physical characteristic* dari 802.11n (2,4 GHz) sesuai dengan standar IEEE yang ditunjukkan Tabel 4.16.

Tabel 4.16 IEEE 802.11n (2,4 GHz) *Physical Characteristic*

Parameter	Nilai
SIFS	10 μ s
DIFS	28 μ s
ACK	24 μ s
<i>Preamble</i>	16 μ s
<i>Header</i>	4 μ s
<i>Overhead (preamble+header)</i>	20 μ s
WLAN Data	100 Kbyte
<i>Data Rate</i>	100 Mbps

Sumber: (IEEE Std 802.11, 2012)

Berikut ini merupakan langkah perhitungan *throughput* WLAN 802.11n (2,4 GHz) untuk skenario penerapan *data rate* sebesar 100 Mbps. Perhitungan dilakukan dua tahap yaitu perhitungan waktu (t_T) untuk mentransmisikan paket data dan perhitungan *throughput*.

a. Perhitungan Waktu Transmisi (t_T)

Waktu transmisi dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga untuk *data rate* 100 Mbps didapat waktu transmisi sebesar:

$$t_T = DIFS + Overhead + \frac{data(kbyte)}{rate(Mbps)} + SIFS + ACK$$

$$t_T = 28 + 20 + \frac{100 \text{ Kbyte}}{100 \text{ Mbps}} + 10 + 24$$

$$= 8,2 \times 10^{-5} + \frac{8 \times 10^5}{10^8}$$

$$= 0,008082$$

b. Perhitungan *Throughput*

Perhitungan *throughput* didapat dengan menggunakan persamaan 2.2, sehingga *throughput* WLAN 802.11n (2,4 GHz) sebesar:

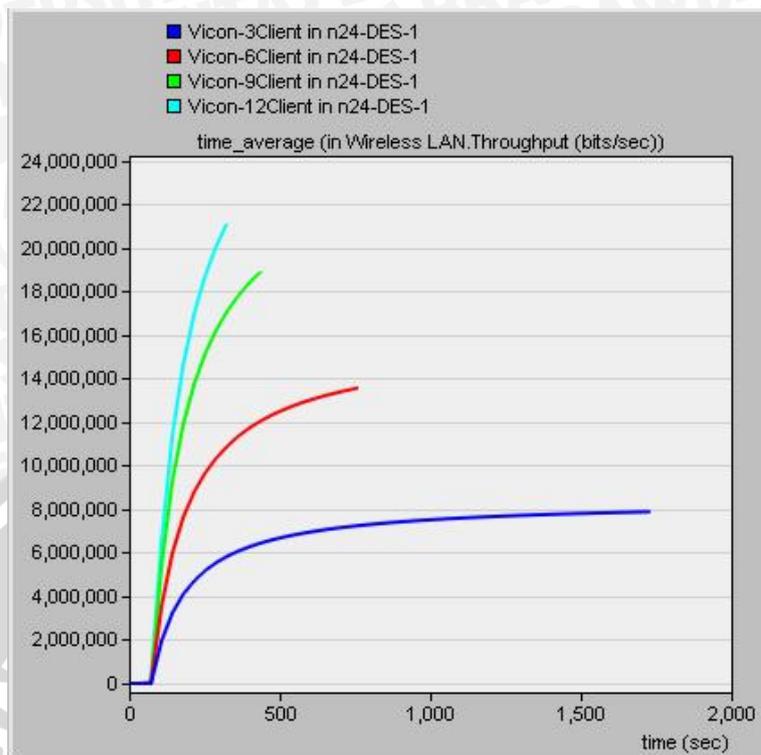
$$Throughput (Mbps) = \frac{Data}{t_T}$$

$$= \frac{8 \times 10^5}{0,008082}$$

$$= 9898539 \text{ bps} = 9,898 \text{ Mbps}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai dari *throughput* WLAN 802.11n (2,4 GHz) sebesar 9,898 Mbps untuk penerapan *data rate* 100 Mbps.

Untuk pengaruh jumlah *user* yang berbeda terhadap WLAN 802.11n (2,4 GHz), dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator *Riverbed Modeler*. Pada skenario ini, terdapat beberapa buah *client* yang divariasikan secara berkelipatan mulai dari 3, 6, 9, hingga 12 *client* berupa *wlan_workstation* dan sebuah *access point* berupa *wlan_ethernet_router* yang dihubungkan ke *server* menggunakan 100BaseT. Model tersebut di konfigurasi untuk pengaturan trafik yang digunakan pada simulasi. Gambar 4.14 merupakan hasil perbandingan *throughput* WLAN 802.11n (2,4 GHz) dengan variasi jumlah *client*.



Gambar 4.14 Hasil Perbandingan *Throughput* Tipe 802.11n (2,4 GHz)

Pada Gambar 4.14 diambil rata-rata *throughput video conference* secara global. Tabel 4.17 menunjukkan rata-rata dari *throughput* yang diambil berdasarkan variasi jumlah *client*.

Tabel 4.17 *Throughput* Simulasi WLAN 802.11n (2,4 GHz)

<i>Client</i>	<i>Throughput (Mbps)</i>
3	4,917
6	2,382
9	1,762
12	1,181

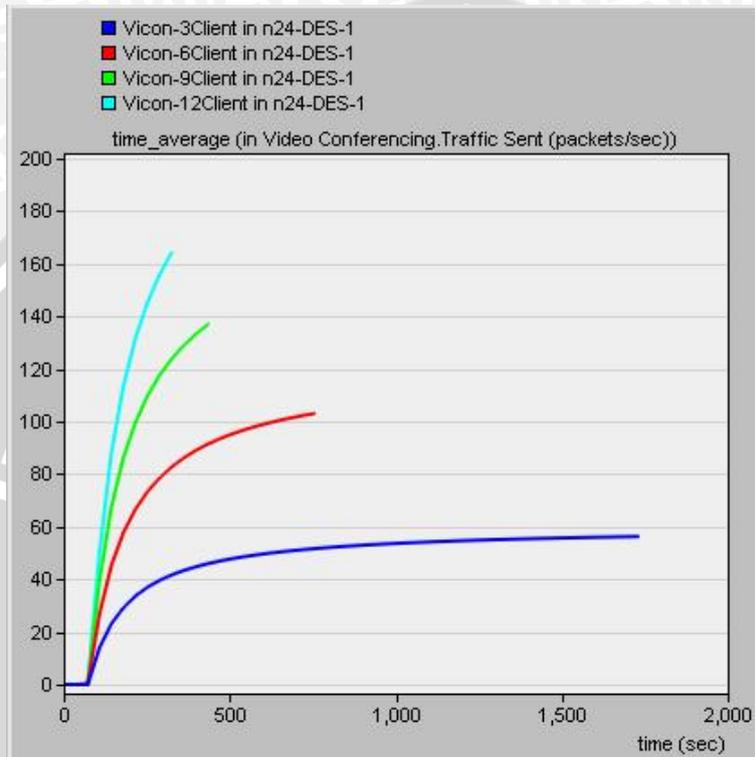
Sumber: (Simulasi)

Dari data hasil simulasi pada Tabel 4.17 tersebut dengan penggunaan *Wireless LAN 802.11n (2,4 GHz)* dapat dianalisis bahwa semakin banyak jumlah *client* maka *throughput* yang dihasilkan semakin kecil/sedikit. Pada *client* dengan nilai paling rendah ditunjukkan oleh *client* dengan jumlah 12 *client* yakni sebesar 1,181 Mbps, sedangkan pada *client* dengan nilai paling tinggi dihasilkan oleh *client* dengan jumlah tiga *client* yakni sebesar 4,917 Mbps.



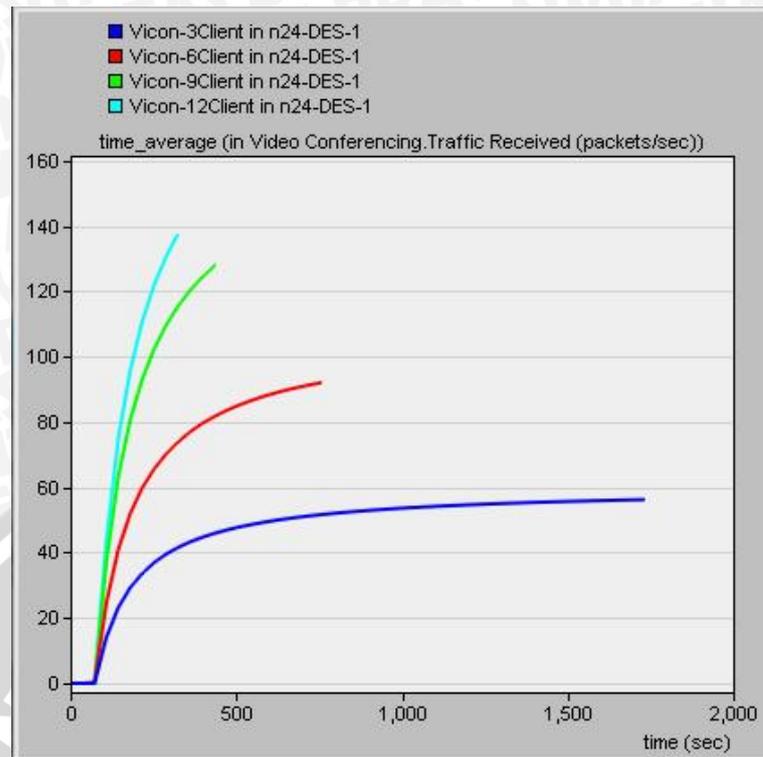
4.4.4.2 Probabilitas *Packet Loss*

Gambar 4.15 menunjukkan *packet sent* yang terjadi selama simulasi berlangsung, sedangkan jumlah paket rata-rata yang diterima selama simulasi berlangsung pada sisi penerima ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.15 Hasil Perbandingan Paket yang Dikirim WLAN 802.11n (2,4 GHz)





Gambar 4.16 Hasil Perbandingan Paket yang Diterima WLAN 802.11n (2,4 GHz)

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, dapat ditentukan probabilitas *packet loss* pada tiga *client* adalah:

$$Packet\ loss = \frac{(4,907 - 4,856)}{4,907} = 0,010$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai probabilitas *packet loss* untuk tiap jumlah *client* yang berbeda, ditunjukkan dalam Tabel 4.18 :

Tabel 4.18 Probabilitas *Packet Loss* WLAN 802.11n (2,4 GHz)

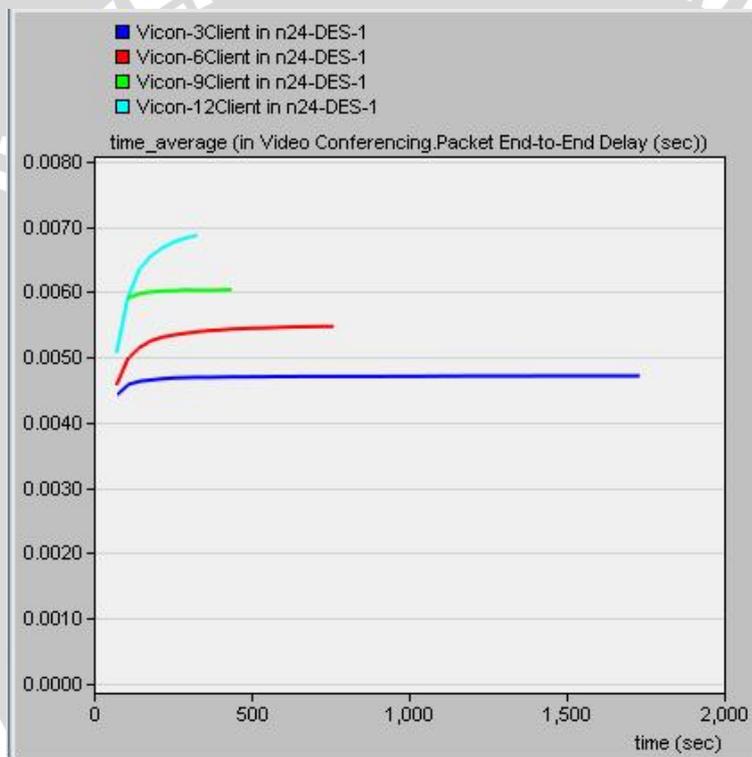
<i>Client</i>	<i>Traffic Sent</i> (pps)	<i>Traffic Received</i> (pps)	Probabilitas <i>Packet Loss</i>
3	4,907	4,856	0,010
6	8,573	8,223	0,040
9	8,583	8,215	0,121
12	11,479	8,295	0,277

Sumber: (Simulasi)

Dari hasil simulasi dengan penggunaan *Wireless LAN 802.11n* (2,4 GHz) di atas diperoleh probabilitas *packet loss* dengan nilai terendah diperoleh dari *client* dengan jumlah 12 *client* sebesar 0,277 sedangkan nilai tertinggi dari *client* dengan jumlah tiga *client* sebesar 0,010. Sehingga, kualitas *video conference* semakin baik jika *packet loss* yang dihasilkan semakin kecil.

4.4.4.3 Delay end-to-end

Delay end-to-end merupakan penjumlahan waktu total pada jaringan IP dari *delay-delay* yang terjadi dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan. Pada penelitian ini pembangkitan *video conference* dilakukan dari awal selama satu jam hingga selesai. Gambar 4.17 merupakan grafik *delay end-to-end* yang dihasilkan dari simulasi.



Gambar 4.17 Hasil Perbandingan *Delay end-to-end* WLAN 802.11n (2,4 GHz)

Dari hasil simulasi Gambar 4.17 diperoleh rata-rata *delay end-to-end* dengan jumlah *client* berbeda yang tercantum pada Tabel 4.19 :

Tabel 4.19 *Delay end-to-end* WLAN 802.11n (2,4 GHz)

Client	Average Delay end-to-end (detik)
3	0,0031
6	0,0070
9	0,0072
12	0,0080

Sumber: (Simulasi)

Berdasarkan data pada Tabel 4.19 dapat dianalisis bahwa semakin banyak pengguna, maka *delay end-to-end* yang terjadi pada *video conference* melalui jaringan *Wireless LAN* menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan semakin banyaknya pengguna maka *bandwidth* akan semakin kecil dan *delay* yang dihasilkan akan semakin besar. Dari hasil simulasi *delay end-to-end* nilai tertinggi pada *client* dengan jumlah 12 *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,008 detik, sedangkan nilai terendah pada *client* dengan jumlah tiga *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,0031 detik.

4.4.5 Skenario WLAN 802.11n (5GHz)

4.4.5.1 Throughput

Throughput WLAN 802.11n (5 GHz) untuk *data rate* 100 Mbps dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai maksimum *throughput access point* WLAN 802.11n (5 GHz), yang berkaitan dengan jumlah *user* berbeda sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan. Pada skenario *throughput* WLAN 802.11n (5 GHz) dengan *data rate* 100 Mbps digunakan *physical characteristic* dari 802.11n (5 GHz) sesuai dengan standar IEEE yang ditunjukkan Tabel 4.20.

Tabel 4.20 IEEE 802.11n (5 GHz) *Physical Characteristic*

Parameter	Nilai
SIFS	16 μ s
DIFS	34 μ s
ACK	24 μ s
<i>Preamble</i>	16 μ s
<i>Header</i>	4 μ s
<i>Overhead (preamble+header)</i>	20 μ s
WLAN Data	100 Kbyte
<i>Data Rate</i>	100 Mbps

Sumber: (IEEE Std 802.11, 2012)

Berikut ini merupakan langkah perhitungan *throughput* WLAN 802.11n (5 GHz) untuk skenario penerapan *data rate* sebesar 100 Mbps. Perhitungan dilakukan dua tahap yaitu perhitungan waktu (t_T) untuk mentransmisikan paket data dan perhitungan *throughput*.

a. Perhitungan Waktu Transmisi (t_T)

Waktu transmisi dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1, sehingga untuk *data rate* 100 Mbps didapat waktu transmisi sebesar:

$$t_T = DIFS + Overhead + \frac{data}{rate} + SIFS + ACK$$

$$t_T = 34 + 20 + \frac{100 \text{ Kbyte}}{100 \text{ Mbps}} + 16 + 24$$

$$= 9,4 \times 10^{-5} + \frac{8 \times 10^5}{10^8}$$

$$= 0,008094$$

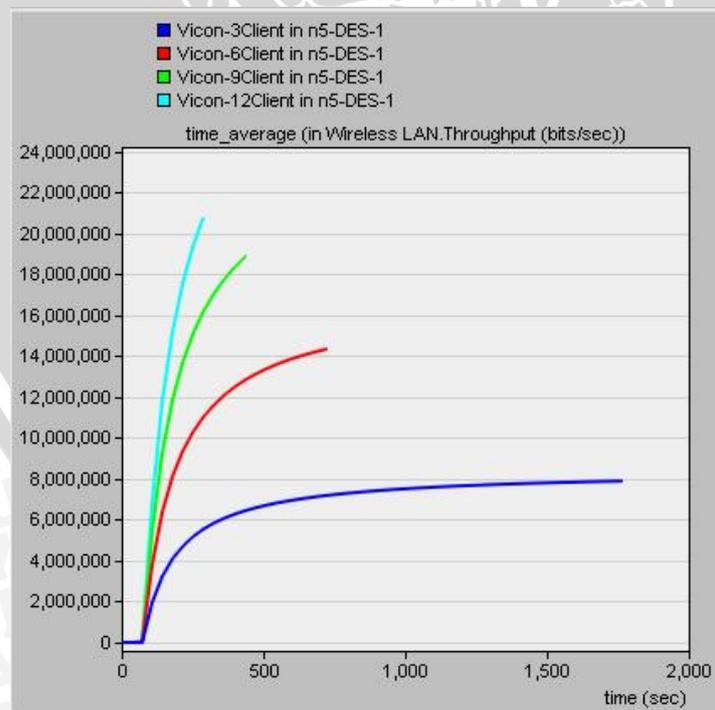
b. Perhitungan *Throughput*

Perhitungan *throughput* didapat dengan menggunakan persamaan 2.2, sehingga *throughput* WLAN 802.11n (5 GHz) sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Throughput (Mbps)} &= \frac{\text{Data}}{t_r} \\ &= \frac{8 \times 10^5}{0,008094} \\ &= 9883854 \text{ bps} = 9,884 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai dari *throughput* WLAN 802.11n (5 GHz) sebesar 9,884 Mbps untuk penerapan *data rate* 100 Mbps.

Untuk pengaruh jumlah *user* yang berbeda terhadap WLAN 802.11n (5 GHz), dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator *Riverbed Modeler*. Pada skenario ini, terdapat beberapa buah *client* yang divariasikan secara berkelipatan mulai dari 3, 6, 9, hingga 12 *client* berupa *wlan_workstation* dan sebuah *access point* berupa *wlan_ethernet_router* yang dihubungkan ke *server* menggunakan *100BaseT*. Model tersebut di konfigurasi untuk pengaturan trafik yang digunakan pada simulasi. Gambar 4.18 merupakan hasil perbandingan *throughput* WLAN 802.11n (5 GHz) dengan variasi jumlah *client*.



Gambar 4.18 Hasil Perbandingan *Throughput* Tipe 802.11n (5 GHz)

Pada Gambar 4.18 diambil rata-rata *throughput video conference* secara global. Tabel 4.21 menunjukkan rata-rata dari *throughput* yang diambil berdasarkan variasi jumlah *client*.

Tabel 4.21 *Throughput* Simulasi WLAN 802.11n (5 GHz)

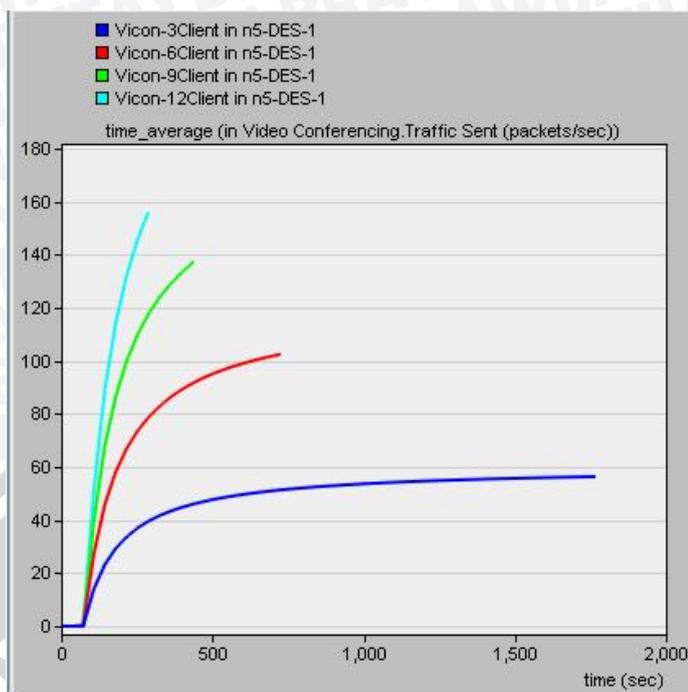
<i>Client</i>	<i>Throughput</i> (Mbps)
3	4,977
6	3,076
9	2,824
12	2,339

Sumber: (Simulasi)

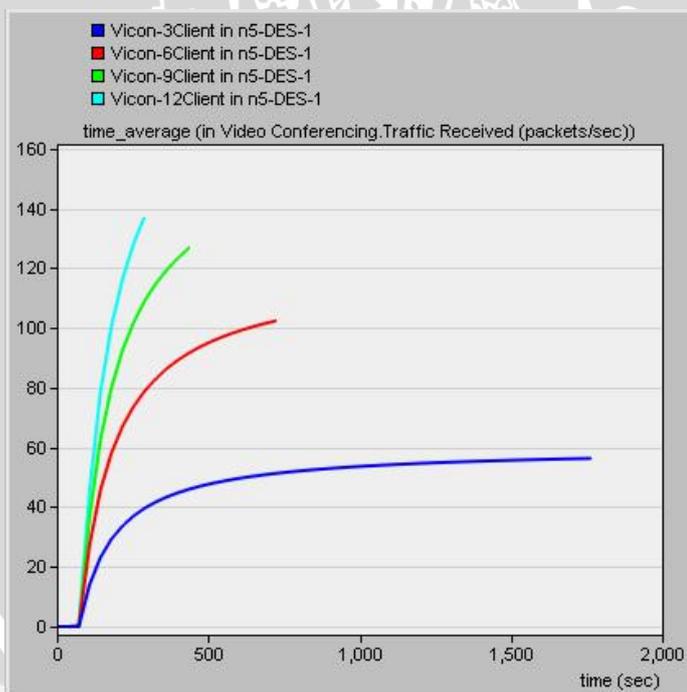
Dari data hasil simulasi pada Tabel 4.21 tersebut dengan penggunaan *Wireless LAN* 802.11n (5 GHz) dapat dianalisis bahwa semakin banyak jumlah *client* maka *throughput* yang dihasilkan semakin kecil/sedikit. Pada *client* dengan nilai paling rendah ditunjukkan oleh *client* dengan jumlah 12 *client* yakni sebesar 1,115 Mbps, sedangkan pada *client* dengan nilai paling tinggi dihasilkan oleh *client* dengan jumlah tiga *client* yakni sebesar 4,977 Mbps.

4.4.5.2 Probabilitas *Packet Loss*

Gambar 4.19 menunjukkan *packet sent* yang terjadi selama simulasi berlangsung, sedangkan jumlah paket rata-rata yang diterima selama simulasi berlangsung pada sisi penerima ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.19 Hasil Perbandingan Paket yang Dikirim WLAN 802.11n (5 GHz)



Gambar 4.20 Hasil Perbandingan Paket yang Diterima WLAN 802.11n (5 GHz)

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, dapat ditentukan probabilitas *packet loss* pada tiga *client* adalah:

$$\text{Packet loss} = \frac{(3,696 - 3,683)}{3,696} = 0,003$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai probabilitas *packet loss* untuk tiap jumlah *client* yang berbeda, ditunjukkan dalam Tabel 4.22 :

Tabel 4.22 Probabilitas *Packet Loss* WLAN 802.11n (5 GHz)

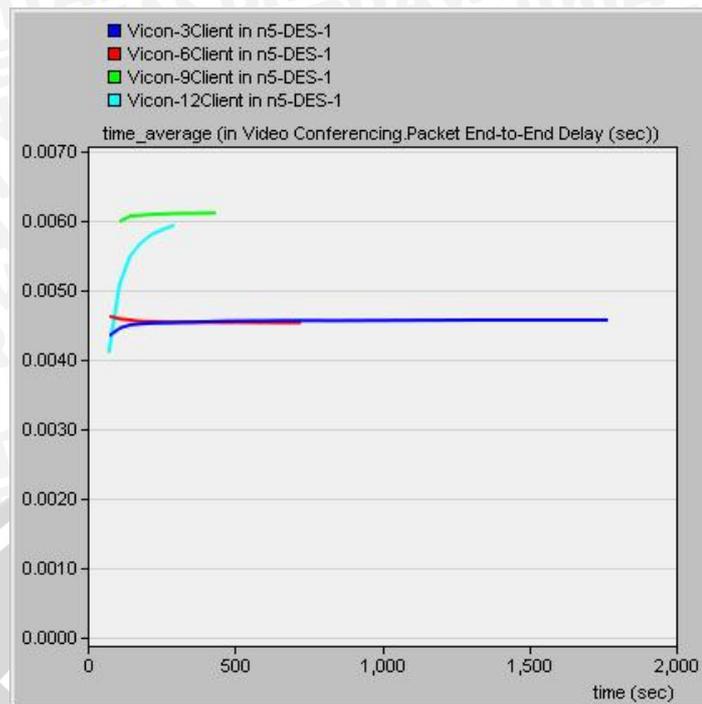
<i>Client</i>	<i>Traffic Sent</i> (pps)	<i>Traffic Received</i> (pps)	Probabilitas <i>Packet Loss</i>
3	3,696	3,683	0,003
6	6,105	5,695	0,067
9	6,759	5,995	0,113
12	7,650	6,012	0,214

Sumber: (Simulasi)

Dari hasil simulasi dengan penggunaan *Wireless LAN* 802.11n (5 GHz) di atas diperoleh probabilitas *packet loss* dengan nilai terendah diperoleh dari *client* dengan jumlah 12 *client* sebesar 0,894 sedangkan nilai tertinggi dari *client* dengan jumlah tiga *client* sebesar 0,655. Sehingga, kualitas *video conference* semakin baik jika *packet loss* yang dihasilkan semakin kecil.

4.4.5.3 *Delay end-to-end*

Delay end-to-end merupakan penjumlahan waktu total pada jaringan IP dari *delay-delay* yang terjadi dalam perjalanan paket dari sumber ke tujuan. Pada penelitian ini pembangkitan *video conference* dilakukan dari awal selama satu jam hingga selesai. Gambar 4.21 merupakan grafik *delay end-to-end* yang dihasilkan dari simulasi.



Gambar 4.21 Hasil Perbandingan *Delay end-to-end* WLAN 802.11n (5 GHz)

Dari hasil simulasi Gambar 4.21 diperoleh rata-rata *delay end-to-end* dengan jumlah *client* berbeda yang tercantum pada Tabel 4.23 :

Tabel 4.23 *Delay end-to-end* WLAN 802.11n (5 GHz)

Client	Average Delay end-to-end (detik)
3	0,008
6	0,010
9	0,011
12	0,012

Sumber: (Simulasi)

Berdasarkan data pada Tabel 4.23 dapat dianalisis bahwa semakin banyak pengguna, maka *delay end-to-end* yang terjadi pada *video conference* melalui jaringan *Wireless LAN* menjadi semakin besar. Hal itu dikarenakan semakin banyaknya pengguna maka *bandwidth* akan semakin kecil dan *delay* yang dihasilkan akan semakin besar. Dari hasil simulasi *delay end-to-end* nilai tertinggi pada *client* dengan jumlah 12 *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,086 detik, sedangkan nilai terendah pada *client* dengan jumlah tiga *client* delay yang dihasilkan sebesar 0,054 detik.

4.5 Analisa Hasil Skenario *Wireless LAN 802.11*

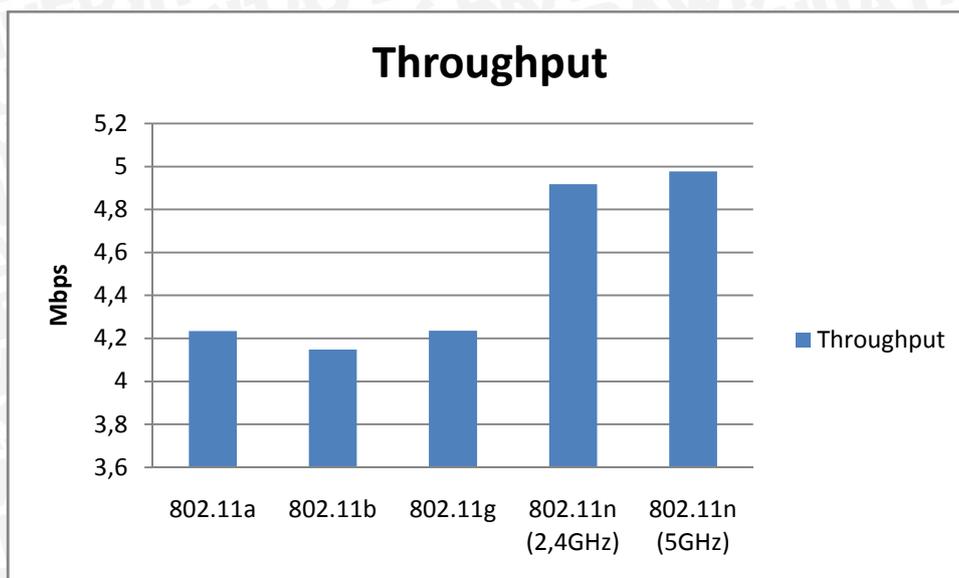
Dari hasil pengujian diperoleh tabel dan grafik perbandingan dari setiap tipe WLAN 802.11. Pada Tabel 4.24 menunjukkan perbedaan besarnya nilai *throughput*, *packet loss*, dan *delay* pada jumlah *client* yang berbeda sesuai dengan masing-masing tipe WLAN 802.11.

Tabel 4.24 Perbandingan Nilai QOS pada WLAN 802.11

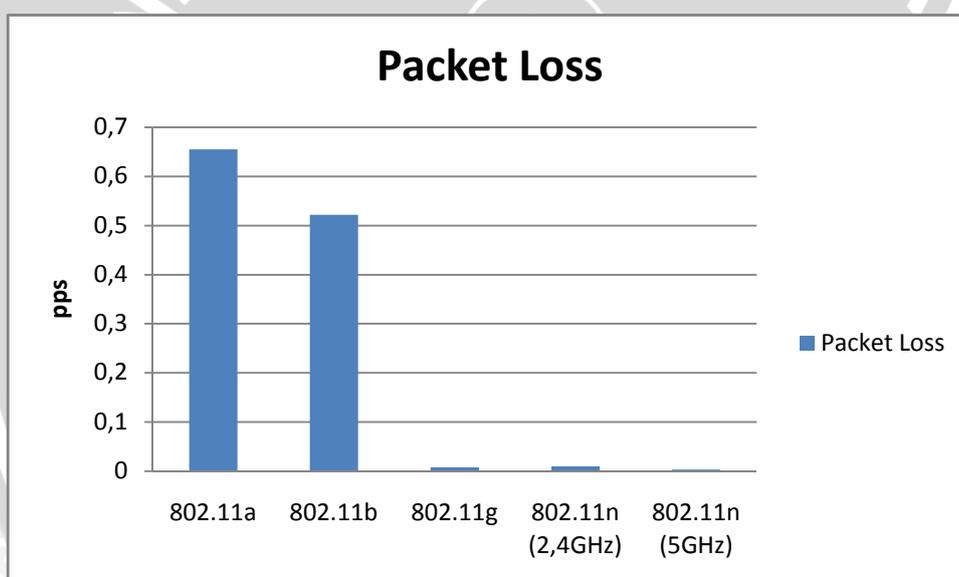
Access Point	3 Client			6 Client			9 Client			12 Client		
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (pps)	Delay (detik)	Throughput (Mbps)	Packet Loss (pps)	Delay (detik)	Throughput (Mbps)	Packet Loss (pps)	Delay (detik)	Throughput (Mbps)	Packet Loss (pps)	Delay (detik)
802.11a	4,234	0,655	0,054	2,980	0,855	0,062	0,655	0,890	0,070	0,596	0,894	0,086
802.11b	4,148	0,522	0,065	2,379	0,856	0,416	1,759	0,956	0,488	1,115	0,979	0,515
802.11g	4,236	0,008	0,008	2,792	0,044	0,009	1,765	0,142	0,010	1,656	0,375	0,018
802.11n (2,4GHz)	4,917	0,010	0,003	2,382	0,040	0,007	1,762	0,121	0,008	1,181	0,277	0,010
802.11n (5GHz)	4,977	0,003	0,008	3,076	0,067	0,010	2,824	0,113	0,011	2,339	0,214	0,012

Tabel 4.24 merupakan perbandingan nilai QOS 802.11 dari hasil simulasi untuk pengaruh jumlah *user* yang berbeda. Dapat dilihat secara horizontal dari masing-masing tipe *access point* a, b, g, maupun n semakin bertambahnya jumlah *client* nilai *throughput* semakin menurun, sebaliknya nilai *packet loss* dan *delay* meningkat. Penurunan dan peningkatan nilai ini berbeda-beda berdasarkan tipe *access point*. Sedangkan secara vertikal dapat dilihat semakin tinggi standar dari *access point* yang digunakan nilai *throughput* yang dihasilkan semakin tinggi, sebaliknya nilai *packet loss* dan *delay* menurun, hal ini berlaku pada setiap jumlah *user*.

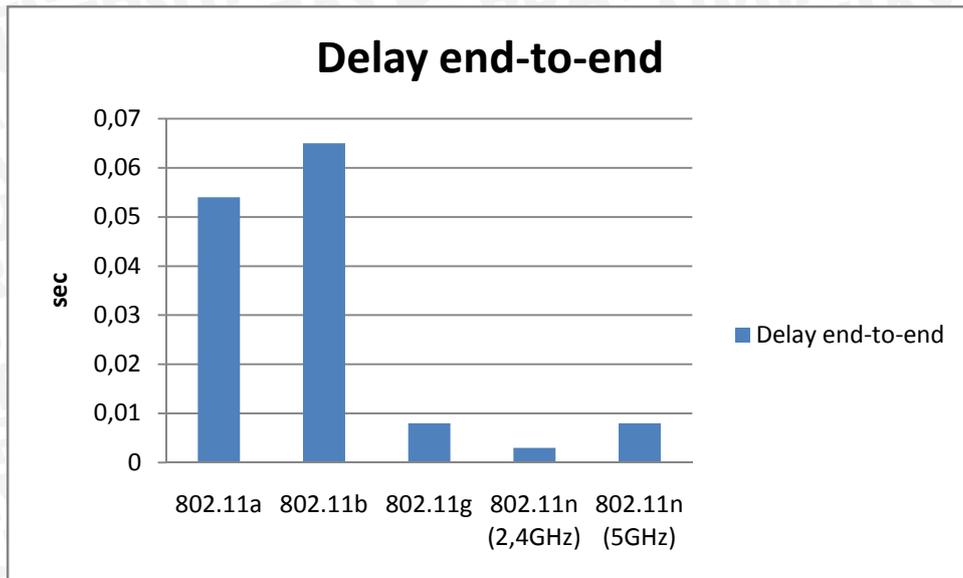
Dan dari tabel dibuat grafik untuk membandingkan kinerja setiap tipe WLAN 802.11. Grafik yang dibuat menampilkan parameter *throughput*, *packet loss*, dan *delay* dengan 3 *client* sebagai acuan.



Gambar 4.22 Perbandingan nilai *throughput* 3 Client



Gambar 4.23 Perbandingan nilai *Packet Loss* 3 Client



Gambar 4.24 Perbandingan nilai *Delay end-to-end* 3 Client

Analisa dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pada *end-to-end delay* WLAN 802.11n memiliki nilai *delay* lebih kecil dibanding dengan tipe 802.11a, 802.11b, dan 802.11g meskipun memiliki jumlah *client* yang sama. Nilai rata-rata *delay* terkecil untuk *end-to-end delay* adalah 0,01 detik.

- Untuk *throughput* apabila tipe 802.11a dibandingkan dengan tipe 802.11b, 802.11g, dan 802.11n, tipe 802.11n yang menunjukkan hasil *throughput* paling besar dengan nilai rata-rata 3,304 Mbps, dan dilihat dari perhitungan WLAN 802.11n dihasilkan *throughput* dengan nilai rata-rata sebesar 9,891 Mbps yang mencukupi kebutuhan *throughput* pada layanan *video conference* untuk *data rate* 100 Mbps.
- Untuk probabilitas *packet loss* diambil rata-rata dari masing-masing tipe *access point* dan diperoleh *packet loss* dengan nilai paling kecil pada tipe 802.11n adalah 0,101.
- Pertambahan *client* pada setiap tipe WLAN mempengaruhi kinerja pengaksesan layanan *video conference*. Dan semakin kecil *delay* yang dihasilkan pada setiap tipe WLAN maka semakin baik kinerja yang diterima oleh *client*.