

MEMBANGUN JARINGAN BERBASIS AD HOC UNTUK SARANA KOMUNIKASI VOIP BUILDING NETWORK BASED ON AD HOC FOR VOIP COMMUNICATION MEANS

Esabella Timaya Ametha Ginting¹, Asep Mulyana², Iman Hedi Santoso³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Jaringan Ad Hoc merupakan sebuah jaringan wireless yang terdiri dari mobilemobile node yang tidak memiliki infrastruktur. Pada area yang tidak memiliki infrastruktur, dimungkinkan untuk membangun jaringan agar tercapainya pertukaran informasi. Salah satu informasi yang dapat dilewatkan pada jaringan Ad Hoc yaitu VoIP (Voice over Internet Protocol). Untuk menyediakan layanan VoIP pada jaringan berbasis Ad Hoc terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan, seperti trade off delay, jitter, packet loss, throughput dan MOS.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dan implementasi jaringan Ad Hoc antar ruang dalam satu gedung dengan menggunakan desktop dan analisis terhadap suara yang dilewatkan. Gedung yang dipilih untuk membangun jaringan tersebut adalah gedung E IT Telkom Bandung. Spesifikasi gedung tersebut adalah jenis gedung multifloor dan multiwall. Software yang digunakan dalam konfigurasi jaringan Ad Hoc tersebut yaitu SJPhone, Vistumbler, OLSRD (Optimized Link State Routing Daemon), dan Wireshark.

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, diperoleh jarak maksimum jaringan Ad Hoc untuk kondisi Free Space Loss (FSL) pada indoor sejauh 83.5 meter sedangkan untuk outdoor sejauh 80 meter. Pada Tugas Akhir ini dilakukan dua skenario analisis. Yang pertama, dilakukan pengukuran VoIP antara dua node yang tidak melewati repeater (1 hop). Dan yang ke dua yaitu pengukuran antar node yang melewati repeater (≥ 2 hop). Dari hasil pengukuran voice yang dilakukan, yang mempunyai nilai R Faktor tertinggi yaitu antara node Lab CaTV dengan GSM, Lab CaTV dengan CnC1, dan Lab GSM dengan CnC2 dimana nilai R Faktor untuk masing-masing node sebesar 86.73 (MOS baik). Sedangkan node yang memiliki nilai R Faktor paling rendah yaitu antara node CaTV dengan Elkom dengan nilai 61.73 (MOS kurang baik).

Kata Kunci : Quality of Service (QoS), delay, jitter, throughput, packet loss.

Telkom
University

Abstract

Ad Hoc network is a wireless network consisting of mobile nodes that do not have the infrastructure network. In areas that do not have the infrastructure, it is possible to build the network to achieve the exchange of information. One of the information that can be passed on an ad hoc network is VoIP (Voice over Internet Protocol). To provide VoIP service based on an ad hoc network there are several factors to be considered, such as trade off delay, jitter, packet loss, throughput, and MOS.

This final project was made to design and implementation an Ad Hoc network between rooms within a building using a desktop and an analysis of the voice that was passed. The building that was chosen to build the network is E Buliding of IT Telkom Bandung. The specification of the building are multiwall and multifloor. The software which was used in the configuration were SJPhone, Vistumbler, OLSRD (Optimized Link State Routing Daemon), and Wireshark.

Based on measurement which had been done, obtained the maximum distance for Free Space Loss (FSL) of Ad Hoc network in indoor is 83.5 meters but in outdoor is 80 meters. There are two scenarios in this final project. The first one is measurement of VoIP between two nodes without repeater (1 hop). And the second one is measurement between nodes that passed through repeaters (≥ 2 hops). From the results of measurements voice performance, the nodes which have the highest value of R Factor are between nodes in CaTV and GSM Laboratory, CaTV and CnC1 Laboratory, and the last one is nodes between GSM and CnC2 Laboratory. Where the value of R Factor for each node at 86.73 (good MOS). The nodes that have the lowest value of R Factor that is between CATV and Elkom Laboratory about 61.73 (MOS less good).

Keywords : Quality of Service (QoS), delay, jitter, throughput, packet loss.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi jaringan saat ini telah berkembang dengan pesat. Berbagai macam teknologi telah dikembangkan untuk membantu manusia dalam berkomunikasi. Kalau pada era tahun 80-an teknologi jaringan komputer hanya mengandalkan teknologi jaringan berbasis kabel, saat ini teknologi tersebut mulai banyak di tinggalkan karena beberapa keterbatasannya, seperti besarnya biaya yang harus dikeluarkan oleh organisasi jika menggunakan teknologi ini (*wired network*). Selain itu teknologi ini juga tidak flexibel karena sangat tergantung pada kabel. Saat ini kalau kita perhatikan mulai banyak perusahaan yang mulai menerapkan teknologi tanpa kabel (*wireless*) atau yang biasa disebut dengan *Wireless Fidelity* (WiFi). Hal ini dapat kita lihat banyaknya perusahaan yang menawarkan *Hotspot Area* (area yang terdapat jaringan internet berbasis WiFi) yang dapat diakses oleh semua orang baik itu secara gratis maupun dengan cara registrasi ke penyedia layanan tersebut.

Untuk itulah perlu dibangun suatu jaringan berbasis Ad Hoc untuk sarana komunikasi VoIP agar para pengguna dapat melakukan pertukaran informasi dengan cepat tanpa melalui perantara seperti *Acces Point* (AP). Selain itu, penggunaan teknologi ini mudah digunakan dalam aplikasi Windows dan syaratnya hanyalah memiliki *Wireless LAN card* saja.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah merancang dan mengimplementasikan jaringan berbasis Ad Hoc untuk sarana komunikasi VoIP. Parameter performansi *voice* yang diukur adalah *delay*, *jitter*, *packet loss*, *throughput* dan metoda MOS (*Mean Opinion Score*).

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang dirumuskan dalam perancangan dan implementasi pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sebuah jaringan Ad Hoc.
2. Bagaimana topologi jaringan yang terbentuk.
3. Berapakah jarak maksimal antar node untuk kondisi LOS (*Line of Sight*) maupun NLOS (*Non Line of Sight*).
4. Dapatkah jaringan yang terbentuk digunakan untuk sarana komunikasi VoIP.
5. Bagaimana kualitas VoIP yang dihasilkan serta bagaimana cara pengukurannya.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang digunakan dalam penulisan, perancangan, dan implementasi dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dibuat untuk komunikasi VoIP di gedung E Institut Teknologi Telkom Bandung.
2. Perancangan jaringan dengan menggunakan desktop yang sudah ada.
3. Analisis performansi jaringan yang dilakukan adalah pada saat kondisi NLOS (*Non Line of Sight*).
4. Parameter performansi yang akan diukur adalah QoS (*Quality of Service*).
5. Parameter performansi *voice* yang dibahas adalah *delay*, *jitter*, *packet loss*, *throughput* dan MOS (*Mean Opinion Score*).
6. Tidak membahas trafik dan kapasitas.
7. Tidak membahas *security*.
8. Protocol Routing yang digunakan adalah OLSRD (*Optimized Link State Routing Daemon*)
9. *Softphone* yang digunakan adalah SJPhone dengan protocol H.323.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur

Pencarian dan pengumpulan literatur – literatur yang berkaitan dengan masalah – masalah yang ada pada tugas akhir ini, baik berupa artikel, buku referensi, internet, dan sumber – sumber lain yang berhubungan dengan masalah pada tugas akhir ini.

2. Analisis masalah

Menganalisis permasalahan yang ada berdasarkan sumber – sumber dan pengamatan terhadap permasalahan tersebut.

3. Perancangan dan realisasi jaringan

Membuat perancangan terhadap jaringan berdasarkan parameter – parameter yang dibutuhkan, berdasarkan perancangan yang ada, kemudian merealisasikan rancangan tersebut sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

4. Pengukuran dan pengujian

Teknik pengukuran dan pengujian yang digunakan mencakup analisis jaringan, analisis sinyal, serta analisis sistem secara keseluruhan. Analisis ini akan dibantu dengan proyeksi pengukuran yang didapat dari hasil pengujian.

5. Analisis data hasil observasi.

6. Konsultasi.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian singkat mengenai latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berupa uraian konsep dan teori dasar secara umum yang mendukung dalam pemecahan masalah, baik yang berhubungan dengan sistem maupun perangkat.

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan dan realisasi perangkat sistem.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini menguraikan pengujian dan analisa prinsip kerja sistem yang telah diimplementasikan. Pengujian dan analisa sistem akan mengacu pada spesifikasi yang telah disebutkan untuk mengetahui apakah hasil rancangan sesuai dengan spesifikasi.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan.



BAB IV

ANALISIS PERFORMANSI VOIP PADA JARINGAN AD HOC

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengukuran dan analisis performansi *voice* pada jaringan berbasis Ad Hoc yang telah dibangun dan dikonfigurasi di Gedung E IT Telkom Bandung.

4.1 Aspek Propagasi Ad Hoc

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, aspek propagasi di sini dianalisis dari hasil pengukuran jarak maksimal untuk kondisi *Free Space Loss*. Dengan melihat pengaruh redaman pada gedung, dapat diprediksi jarak maksimum antar user baik dalam kondisi LOS maupun NLOS (adanya *obstacle*). Pengukuran *Free Space Loss* dilakukan dengan bantuan PING antara node satu dengan node lainnya.

4.1.1 Kondisi *Free Space Loss* (FSL)

Kondisi FSL untuk *indoor* tidak sama dengan *outdoor*. Pada kondisi *indoor* terdapat beberapa factor yang mempengaruhi besarnya nilai FSL yaitu *scattering*, *refraction*, *diffraction*, dan *reflection* yang menyebabkan jangkauannya lebih jauh dibandingkan *outdoor*. Dari hasil pengukuran koridor gedung E sejauh 83.5 meter untuk kondisi FSL. Sedangkan untuk *outdoor* yang dilakukan di lapangan rektorat IT Telkom, FSL yang terukur adalah sejauh 80 m.

4.1.2 Besar Sinyal yang Diterima User Berdasarkan Uji Coba dari dan ke Berbagai Node

Dari penjelasan di Bab III, dilakukan pendeteksian persentase sinyal dari waktu ke waktu oleh masing-masing *user* dengan bantuan Vistumbler. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui apakah sebuah *node* pada jaringan Ad Hoc

memerlukan repeater untuk komunikasi VoIP atau tidak agar komunikasi VoIP pada jaringan Ad Hoc masih dapat terdengar dengan baik berdasarkan hasil perhitungan MOS yang didapatkan. Berikut ini adalah kuat sinyal yang diperoleh dari dan ke berbagai node (Gambar Terlampir : Lampiran A)

1. Laboratorium CnC1- CnC2
Jarak = 11.03 meter
Kuat sinyal rata-rata = 81.30 %
2. Laboratorium Dastran - Elkom
Jarak = 5.72 meter
Kuat sinyal rata-rata = 52.73 %
3. Laboratorium CaTV – GSM
Kuat sinyal rata-rata sebelum adanya repeater = 25.58 %
Kuat sinyal rata-rata setelah adanya repeater = 100 %
4. Laboratorium CaTV – CnC1
Kuat sinyal rata-rata sebelum adanya repeater = 20.22 %
Kuat sinyal rata-rata setelah adanya repeater = 94.57 %
5. Laboratorium CaTV – CnC2
Kuat sinyal rata-rata = 99.83 %
6. Laboratorium CaTV – Elkom
Kuat sinyal rata-rata = 100 %
7. Laboratorium GSM – CnC2
Kuat sinyal rata-rata = 99.79 %

- 8. Laboratorium GSM - Elkom
Kuat sinyal rata-rata = 100 %

- 9. Laboratorium CnC1-Switching
Kuat sinyal rata-rata = 57.5 %

- 10. Laboratorium CnC1- Elkom
Kuat sinyal rata-rata = 100 %

- 11. Laboratorium CnC2 - Switching
Jarak = 13.3 meter
Kuat sinyal rata-rata sebelum adanya repeater = 12.47 %
Kuat sinyal rata-rata setelah adanya repeater = 93.44 %

- 12. Lab CnC2 - Elkom
Kuat sinyal rata-rata = 78.53 %

- 13. Lab Switching - Elkom
Kuat sinyal rata-rata = 100 %

Sinyal rata-rata dari dan ke berbagai node dapat diringkas pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1: Kuat Sinyal rata-rata dari dan ke berbagai *node*

Node Asal	Node Tujuan	Jarak	Tanpa Repeater	Dengan Repeater
CnC1	CnC2	11.03 m	-	81.30 %
Dastran	Elkom	5.72 m	-	52.73%
CaTV	GSM	-	25.58 %	100%
CaTV	CnC1	-	20.22 %	94.57 %
CaTV	CnC2	-	-	99.83 %

CaTV	Elkom	-	-	100%
GSM	CnC2	-	-	99.79%
GSM	Elkom	-	-	100%
CnC1	Switching	-	-	57.5 %
CnC1	Elkom	-	-	100%
CnC2	Switching	-	12.47 %	93.44%
CnC2	Elkom	-	-	78.53%
Switching	Elkom	-	-	100%

4.2 Performansi Voice pada Jaringan Ad Hoc

Performansi *voice* pada jaringan Ad Hoc dilihat dari pengukuran *software* Wireshark dengan parameter *delay*, *jitter*, *packet loss*, *throughput* dan MOS.

4.2.1 Skenario Perancangan dari dan ke Berbagai Node

Desktop yang dijadikan *node* masing-masing diberikan label. Tabel berikut ini adalah label laboratorium yang diberikan:

Tabel 2.2 Daftar label PC yang digunakan

No	Label	Posisi
1	A	Laboratorium Dastran
2	B	Laboratorium Elkom
3	C	Laboratorium GSM
4	D	Laboratorium CnC I
5	E	Laboratorium CnC II
6	F	Laboratorium Switching
7	G	Laboratorium CaTV
8	X	Ruang Diskusi

4.2.2 Analisis Performansi Ad Hoc antar Node

Sebelum menganalisis performansi jaringan Ad Hoc yang telah dibangun, hal-hal yang mesti dilakukan adalah meng-*capture* paket-paket yang dikirimkan dari *node* satu ke *node* lainnya dengan menggunakan *software* Wireshark. Lalu performansi *voice* diukur pada *node* yang hanya melewati satu hop, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran performansi *voice* dimana antar *node* yang lebih dari satu hop (≥ 2 hop).

4.2.2.1 Analisis Performansi VoIP over Ad Hoc antar Node Tanpa Repeater (1 Hop)

Percobaan yang pertama kali dilakukan adalah komunikasi VoIP antar *desktop* yang dapat berkomunikasi secara langsung tanpa melewati sebuah *repeater*. Berdasarkan gambar 2.6 pada Bab III sebelumnya, kita dapat melihat *desktop* yang dapat terhubung secara langsung yaitu *node* antara Laboratorium CaTV dengan CnC I, CnC I dengan CnC II, CnC II dengan Switching, CnC I dengan Elkom, dan Dastran dengan Elkom. Namun, karena sinyal yang diterima secara langsung pada node CaTV dengan CnC I, CnC II dengan Switching, CnC I dengan Elkom sangat kecil dan membutuhkan *repeater*, maka *node* yang dapat berkomunikasi secara langsung hanyalah *node* CnC I dengan CnC II, dan *node* Dastran dengan Elkom.

Data hasil pengukuran performansi VoIP pada jaringan Ad Hoc yang didapatkan dengan menggunakan Wireshark antara *node* yang dapat saling berkomunikasi secara langsung dapat terlihat pada tabel-tabel berikut ini (Data Terlampir: Lampiran B) :

Tabel 2.3. Performansi VoIP antara *node* Laboratorium CnC1 dan CnC2

No	Jarak(m)	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput
1	10.03	13.08	5.31	0 (0%)	0.071 Mbps
2		19.74	5.29	0 (0%)	0.053 Mbps

BAB IV Analisis Performansi VoIP pada Jaringan Ad Hoc

One way delay rata-rata = 16.41 ms = d
Jitter rata-rata = 5.3 ms
Packet Loss = 0 = e

$$R = 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln (1 + 15 e)]$$

$$= 94.2 - [0.394 + 0.11(-160.89) H(-160.89)] - [7 + 30 \ln (1 + 0)]$$

$$= 94.2 - [0.394 + 0] - [7 + 0]$$

$$= 86.61$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Tabel 2.4. Performansi VoIP antara *node* Laboratorium Dastran dan Elkom

No	Jarak (m)	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	5.72	21.21	6.74	0 (0%)	0.264 Mbps
2		19.73	4.94	0 (0%)	0.267 Mbps

One way delay rata-rata = 20.47 ms = d
Jitter rata-rata = 5.7 ms
Packet Loss = 0 = e

$$R = 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln (1 + 15 e)]$$

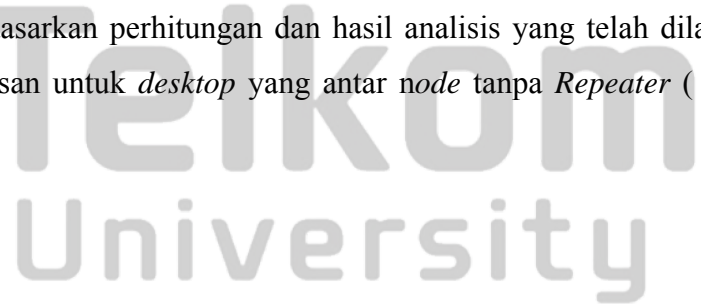
$$= 94.2 - [0.49 + 0.11(-156.83) H((-156.83)] - [7 + 0]$$

$$= 94.2 - 0.49 - 7$$

$$= 86.71$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Berdasarkan perhitungan dan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil ringkasan untuk *desktop* yang antar *node* tanpa *Repeater* (1 Hop) pada tabel berikut ini:



Tabel 2.5. Hasil Analisis Performansi VoIP *over* Ad Hoc antar *Node* Tanpa *Repeater* (1 Hop)

Node Asal	Node Tujuan	Jarak (m)	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput rata-rata	MOS
CnC1	CnC2	10.03	16.41	5.3	0 (0%)	0.062 Mbps	Baik
Dastran	Elkom	5.72	20.47	5.7	0 (0%)	0.266 Mbps	Baik

4.2.2.2 Analisis Performansi Ad Hoc antar *Node* yang Membutuhkan *Repeater* (≥ 2 Hop)

Percobaan yang ke-dua adalah komunikasi VoIP antar *node* yang membutuhkan *repeater*. Berdasarkan gambar 2.6 pada Bab III sebelumnya, kita dapat melihat desktop yang tidak dapat terhubung secara langsung yaitu *node* antara Laboratorium CaTV dengan GSM, CaTV dengan CnC I, CaTV dengan CnC II, CaTV dengan Elkom, GSM dengan CnC I, GSM dengan CnC II, GSM dengan Elkom, CnC I dengan Switching, CnC I dengan Elkom, CnC II dengan Switching, CnC II dengan Elkom, dan Switching dengan Elkom. Namun terjadi data *error* pada GSM dengan CNC1 sehingga performansi VoIP tidak dapat dianalisis.

Langkah-langkah dalam analisis performansi dengan menggunakan *software* Wireshark sama saja dengan analisis pada komunikasi secara langsung. Hal-hal yang membedakannya hanyalah penggunaan *software* OLSRD pada setiap *node*. Jika pada komunikasi secara langsung tidak membutuhkan *protocol routing* OLSRD, sebaliknya pada komunikasi tidak langsung *software* OLSRD sangat dibutuhkan untuk memperbaharui tabel *routing*.

Tabel 2.6. Performansi VoIP antara node Laboratorium CaTV dan GSM

No	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput
1	19.75	4.54	0 (0.00%)	0.114 Mbps
2	19.75	5.05	0 (0.00%)	0.101 Mbps

BAB IV Analisis Performansi VoIP pada Jaringan Ad Hoc

One way delay rata-rata = 19.75 ms = d

Jitter rata-rata = 4.795 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln (1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [0.47 + 0.11(-157.55) H(-157.55)] - [7 + 0] \\
 &= 94.2 - 0.47 - 7 \\
 &= 86.73
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Tabel 2.7. Performansi VoIP antara node Laboratorium CaTV dan CnC1

No	Jarak (m)	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	7.2	19.74	4.49	0 (0.00%)	0.069 Mbps
2		19.74	4.54	0 (0.00%)	0.067 Mbps

One way delay rata-rata = 19.74 ms = d

Jitter rata-rata = 4.515 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln (1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [0.47] - [7] \\
 &= 86.73
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Tabel 2.8. Performansi VoIP antara node Laboratorium CaTV dan CnC2

No	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	20.45	181.20	1071 (27.08%)	0.310 Mbps
2	18.76	20.02	-97 (-6.51%)	0.065 Mbps

One way delay rata-rata = 19.6 ms = d

Jitter rata-rata = 100.61 ms

Packet Loss rata-rata = 0.16795 = e

$$R = 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln (1 + 15 e)]$$

$$\begin{aligned}
 &= 94.2 - [0.47 + 0.11(-157.7) H(0.47)] - [7 + 30 \ln 3.52] \\
 &= 94.2 - [0.47 - 17.35] - [7 + 37.75] \\
 &= 66.33
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Kurang Baik
 (3.1 < MOS < 3.6)

Tabel 2.9. Performansi VoIP antara node Laboratorium CaTV dan Elkom

No	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput
1	52.59	37.94	0 (0.00%)	0.014 Mbps
2	38.16	294.44	227 (16.72%)	0.016 Mbps

One way delay rata-rata = 45.37 ms = d

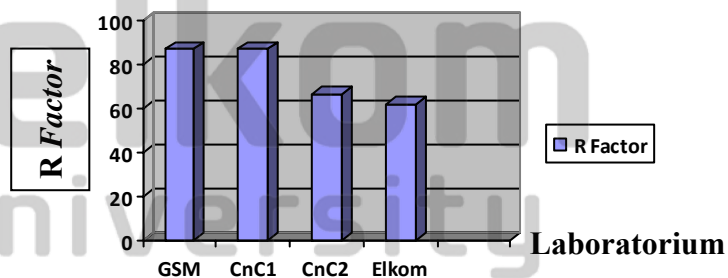
Jitter rata-rata = 166.19 ms

Packet Loss = 0.0836 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln (1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [1.09 + 0.11(-131.93) H(-131.93)] - [7 + 30 \ln 2.254] \\
 &= 94.2 - 1.09 - 31.38 \\
 &= 61.73
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Kurang Baik
 (3.1 < MOS < 3.6)

Performansi VoIP dari Lab.CaTV ke *node* GSM, CnC1, CnC2, dan Elkom berdasarkan nilai R Factor, ditunjukkan oleh grafik berikut ini:



Gambar 4.1 Grafik performansi VoIP dari *node* Lab. CaTV ke berbagai *node*

BAB IV Analisis Performansi VoIP pada Jaringan Ad Hoc

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *R Factor* yang terbesar yaitu antara *node* CaTV dengan GSM dan CnC1 sebesar 86.73. Sedangkan nilai *R Factor* terkecil yaitu antara *node* CaTV dengan Elkom sebesar 61.73.

Tabel 3.0. Performansi VoIP antara node Laboratorium GSM dan CnC2

No	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	19.74	4.46	0 (0.00%)	0.038 Mbps
2	19.75	5.17	0 (0.00%)	0.038 Mbps

One way delay rata-rata = 19.74 ms = d

Jitter rata-rata = 4.8 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [0.47 + 0.11(-157.56) H(-157.56)] - [7 + 0] \\
 &= 94.2 - 0.47 - 7 \\
 &= 86.73
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Tabel 3.1. Performansi VoIP antara node Laboratorium GSM dan Elkom

No	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	55.01	40.59	0 (0.00%)	0.013 Mbps
2	65.02	50.64	0 (0.00%)	0.010 Mbps

One way delay rata-rata = 60.02 ms = d

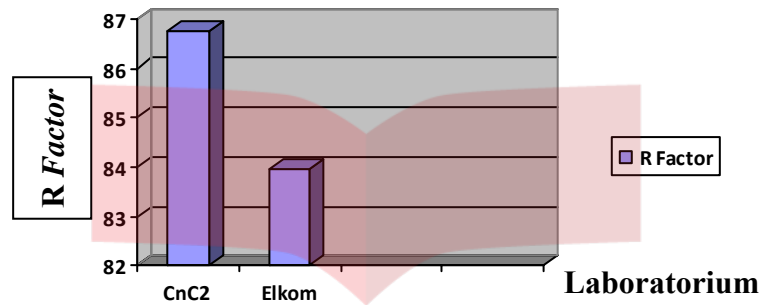
Jitter rata-rata = 45.62 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [1.44 + 0.11(-117.28) H(-117.28)] - [7 + 0] \\
 &= 94.2 - 1.44 - 7 = 83.96
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Performansi VoIP dari Lab.GSM ke *node* CnC2 dan Elkom berdasarkan nilai *R Factor*, ditunjukkan oleh grafik berikut ini:



Gambar 4.2 Grafik performansi VoIP dari *node* Lab. GSM ke berbagai *node*

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *R Factor* yang terbesar yaitu antara *node* GSM dengan CnC2 sebesar 86.73. Sedangkan nilai *R Factor* terkecil yaitu antara *node* GSM dengan Elkom sebesar 83.96.

Tabel 3.2. Performansi VoIP antara node Laboratorium CnC1 dan Switching

No	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	55.98	41.98	0 (0.00%)	0.013 Mbps
2	19.16	5.45	0 (0.00%)	0.008 Mbps

$$\text{One way delay rata-rata} = 37.57 \text{ ms} = d$$

$$\text{Jitter rata-rata} = 23.72 \text{ ms}$$

$$\text{Packet Loss} = 0 = e$$

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [0.9 + 0.11(-139.73) H(-139.73)] - [7 + 0] \\
 &= 94.2 - 0.9 - 7 \\
 &= 86.3
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Tabel 3.3. Performansi VoIP antara node Laboratorium CnC I dan Elkom

No	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput
1	19.75	4.85	0 (0.00%)	0.072 Mbps
2	19.75	5.14	0 (0.00%)	0.072 Mbps

One way delay rata-rata = 19.75 ms = d

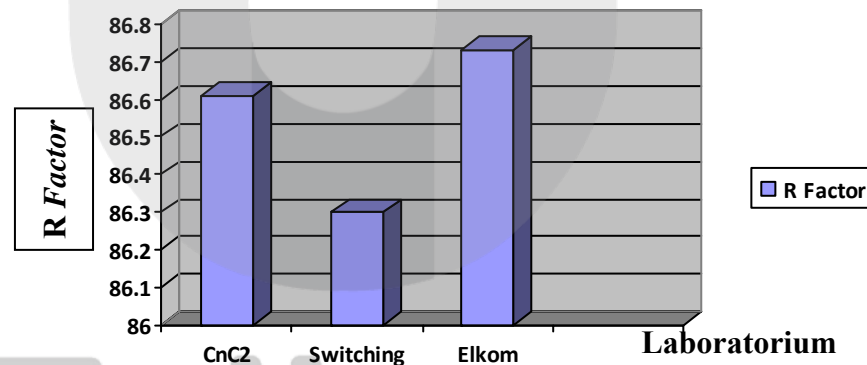
Jitter rata-rata = 4.995 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [0.47 + 0.11(-157.55) H(-157.55)] - [7 + 0] \\
 &= 94.2 - 0.47 - 7 \\
 &= 86.73
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Performansi VoIP dari Lab.CnC1 ke *node* CnC2, Switching, dan Elkom berdasarkan nilai R Factor, ditunjukkan oleh grafik berikut ini:



Gambar 4.3 Grafik performansi VoIP dari *node* Lab. CnC1 ke berbagai *node*

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai R Factor yang terbesar yaitu antara *node* CnC1 dengan Elkom sebesar 86.73. Sedangkan nilai R Factor terkecil yaitu antara *node* CnC1 dengan Switching sebesar 86.3.

Tabel 3.4. Performansi VoIP antara node Laboratorium CnC 2 dan Switching

No	Jarak (m)	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput
1	13.3	48.66	34.57	0 (0%)	0.011 Mbps
2		52.27	38.15	0 (0%)	0.014 Mbps

One way delay rata-rata = 50.47 ms = d

Jitter rata-rata = 36.36 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [1.21 + 0.11(-126.83) H(-126.83)] - [7 + 0] \\
 &= 85.99
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

Tabel 3.5. Performansi VoIP antara node Laboratorium CnC2 dan Elkom

No	One way Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss	Throughput
1	20.03	19.52	6 (0.20%)	0.074 Mbps
2	18.3	19.22	-281 (-9.38%)	0.079 Mbps

One way delay rata-rata = 19.17 ms = d

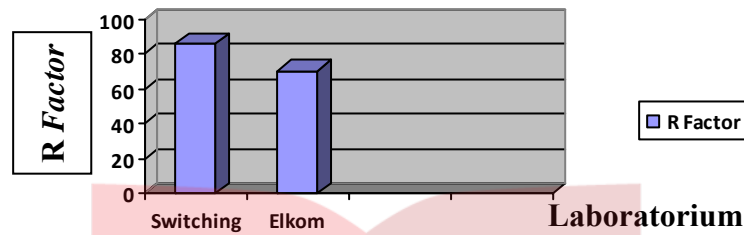
Jitter rata-rata = 19.37 ms

Packet Loss = 4.79% = 0.0479 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [0.46 + 0.11(-158.13) H(-158.13)] - [7 + 16.24] \\
 &= 94.2 - 0.46 - 23.24 = 70.51
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Cukup Baik (3.6 < MOS < 4.0)

Performansi VoIP dari Lab.CnC2 ke berbagai *node* berdasarkan nilai R *Factor*, ditunjukkan oleh grafik di bawah ini:



Gambar 4.4 Grafik performansi VoIP dari *node* Lab. CnC2 ke *node* Switching dan Elkom

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai R *Factor* yang terbesar yaitu antara *node* CnC2 dengan Switching sebesar 85.99. Sedangkan nilai R *Factor* terkecil yaitu antara *node* CnC2 dengan Elkom sebesar 70.51.

Tabel 3.6. Performansi VoIP antara *node* Laboratorium Switching dan Elkom

No	<i>One way Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Packet Loss</i>	<i>Throughput</i>
1	59.62	44.57	0 (0.00%)	0.010 Mbps
2	61.5	46.95	0 (0.00%)	0.012 Mbps

One way delay rata-rata = 60.56 ms = d

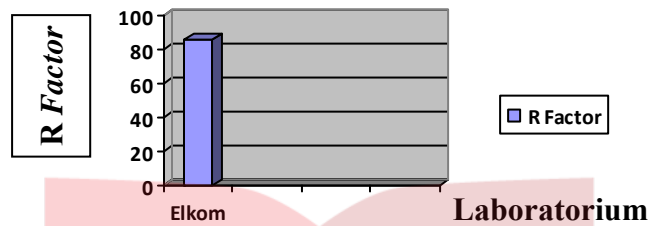
Jitter rata-rata = 45.76 ms

Packet Loss = 0 = e

$$\begin{aligned}
 R &= 94.2 - [0.024 d + 0.11(d - 177.3) H(d - 177.3)] - [7 + 30 \ln(1 + 15 e)] \\
 &= 94.2 - [1.45 + 0.11(-116.74) H(-116.74)] - [7 + 0] \\
 &= 94.2 - 1.45 - 7 \\
 &= 85.75
 \end{aligned}$$

MOS = Berdasarkan Gambar 2.4 halaman 12, MOS = Baik (4.0 < MOS < 4.3)

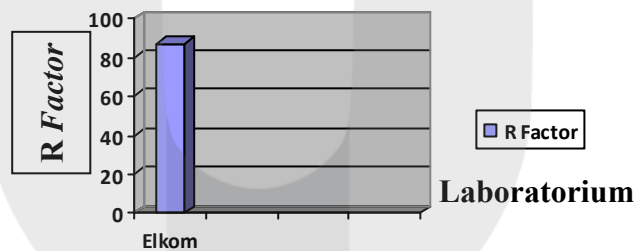
Performansi VoIP dari Lab.Switching ke *node* Lab Elkom berdasarkan nilai *R Factor*, ditunjukkan oleh grafik berikut ini:



Gambar 4.5 Grafik performansi VoIP dari *node* Lab. Switching ke *node* Lab Elkom

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *R Factor* antara *node* di Lab Switching ke *node* Lab Elkom sebesar 85.75.

Performansi VoIP dari Lab.Dastran ke berbagai *node* berdasarkan nilai *R Factor*, ditunjukkan oleh grafik berikut ini:



Gambar 4.6 Grafik performansi VoIP dari *node* Lab. Dastran ke *node* Lab Elkom

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *R Factor* antara *node* di Lab Dastran ke *node* Lab Elkom sebesar 86.71.



Berdasarkan perhitungan dan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil ringkasan untuk *node* yang membutuhkan *repeater* (≥ 2 Hop) pada tabel berikut:

Tabel 3.7. Hasil Analisis VoIP pada *node* yang membutuhkan *repeater* (≥ 2 Hop)

Node Asal	Node Tujuan	One way Delay rata-rata (ms)	Jitter rata-rata (ms)	Packet Loss	MOS	Throughput rata-rata
CaTV	GSM	19.75	4.795	0 (0%)	Baik	0.108 Mbps
CaTV	CnC1	19.74	4.515	0 (0%)	Baik	0.068 Mbps
CaTV	CnC2	19.6	100.61	584 (16.795%)	Kurang Baik	0.188 Mbps
CaTV	Elkom	45.37	166.19	114 (8.36 %)	Kurang Baik	0.015 Mbps
GSM	CnC2	19.74	4.8	0 (0%)	Baik	0.038 Mbps
GSM	Elkom	60.02	45.62	0 (0%)	Baik	0.112 Mbps
CnC1	Switching	37.57	23.72	0 (0%)	Baik	0.011Mbps
CnC1	Elkom	19.75	4.995	0 (0%)	Baik	0.072 Mbps
CnC2	Switching	50.47	36.36	0 (0%)	Baik	0.013Mbps
CnC2	Elkom	19.17	19.37	144 (4.79%)	Cukup Baik	0.077 Mbps
Switching	Elkom	60.56	45.76	0 (0%)	Baik	0.011 Mbps



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ilmawan, Bahru Rodi. *Analisa Performansi Voice over Wireless LAN (Local Area Network) di Gedung E Kampus STT Telkom*. 2006. Bandung : IT Telkom.
- [2] ITU-T Recommendation G.107. *The E-model, a computational model for use in transmission planning*. 1998
- [3] Juhana, Tutun. *TCP Unfairness pada Jaringan Ad Hoc berbasis IEEE802.11*: Suatu survey, submitted paper. 2006. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- [4] Lelono, Purwo Haraseno. *Rancang Bangun VoIP dengan Modem ADSL tanpa Server Menggunakan Protokol P2P-SIP*. 2009. Surabaya: ITS.
- [5] Mahmudin SIP. *Evaluasi Performansi OLSR pada Jaringan Wireless Mesh*. 2007. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [6] Nitin H,Vaidya. *Mobile Ad Hoc Networks:Routing, MAC and Transport Issues , a Tutorial*. Agustus 2003.
- [7] Samba Sesay et.al.. *A Survey on Mobile Ad Hoc Wireless Network*. Information Technology Journal 3 (2): 168-175. 2004.
- [8] Z. Fu et.al.. *The Impact of Multihop Wireless Channel on TCP throughput and Loss*. Proc. IEEE INFOCOM. 2003. San Francisco, USA
- [9] http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/WNDW:_Jaringan_Mesh_dengan_OLSR
- [10] <http://www.danielhp.com/slide/JARKOM2008%20week%205.pdf>