

# Pengujian Peladen VoIP dalam Lingkungan Operasional

Dany Eka Saputra<sup>1</sup>, Irfan Dhia Irsyad<sup>2</sup>, Muhammad Abdul Mujib<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>STMIK “AMIKBANDUNG”

<sup>1,2,3</sup>Jl. Jakarta No. 28 Bandung

e-mail: dekastra@stmik-amikbandung.ac.id

**Abstrak** – Pengujian peladen (server) yang sudah memasuki masa operasional menimbulkan beberapa masalah. Peladen yang berada diluar kuasa pihak penguji serta gangguan dari faktor eksternal dapat mempengaruhi hasil pengujian dan memberikan kesimpulan yang salah. Untuk itu, penelitian mengembangkan metode pengujian yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Metode dikembangkan untuk menguji penggunaan peladen VoIP melayani panggilan dari dan ke jaringan lokal yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan memantau paket data yang dikirimkan selama percakapan menggunakan VoIP di perangkat percakapan. Hasil dari implementasi metode menunjukkan bahwa metode pengujian dapat memberikan kesimpulan mengenai peladen VoIP yang diuji.

**Kata kunci:** VoIP, pengujian operasional, metode pengujian, delay, packet loss

## 1. Pendahuluan

Voice over Internet Protocol (VoIP) merupakan teknologi yang mengirimkan data suara sebagai data digital menggunakan jaringan internet. Saat ini VoIP sudah menjadi salah satu teknologi umum untuk komunikasi dua arah secara jarak jauh. Dengan menggunakan teknologi ini, pembicaraan antara dua pihak diubah menjadi data digital. Data tersebut dikirimkan sebagai paket-paket data dengan menggunakan jaringan internet. Keandalan, kemudahan, dan biaya yang menjadi alasan penggunaan VoIP.

Kualitas dari layanan VoIP secara kuantitatif dapat dinilai dari *Quality of Service* (QoS). QoS memiliki beberapa parameter menggambarkan kualitas suatu layanan. Layanan VoIP sendiri dapat dilihat kualitasnya dengan menggunakan 2 parameter QoS, *delay* dan *packet loss*. *Delay* merupakan parameter yang menggambarkan perbedaan waktu antara pengiriman paket di asal dengan penerimaan paket di tujuan. *Packet loss* menyatakan rasio dari jumlah paket yang diterima di tujuan dibandingkan dengan jumlah paket yang dikirimkan oleh asal.

ITU-T memberikan standar bagi nilai yang dianggap memuaskan untuk parameter *delay* dan *packet loss* [1], [2]. Standar ini dapat digunakan sebagai titik referensi dalam pengujian layanan VoIP. Standar yang sama dapat digunakan untuk melakukan penyesuaian konfigurasi peladen (server) VoIP. Pemenuhan suatu layanan VoIP terhadap standar ini memiliki arti bahwa layanan tersebut memiliki kualitas yang dapat diterima oleh pengguna.

Pengukuran kualitas juga dapat dilakukan dengan menggunakan parameter kualitatif. Cara yang umum digunakan dalam penentuan kualitas dengan metode ini adalah *Mean Opinion Score* (MOS). Dengan menggunakan cara ini, pengujian dilakukan langsung pada pengguna dengan menanyakan beberapa parameter yang menggambarkan kualitas layanan yang dirasakan. Cara ini telah diajukan dalam [3].

Pengukuran dan pengujian untuk mendapatkan parameter tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara. Cara yang paling umum adalah dengan memantau paket data dalam *traffic*

pembicaraan VoIP [4], [5], [6], [7], [8]. Pemantauan paket data memberikan data mentah yang digunakan dalam menghitung *delay* dan *packet loss*.

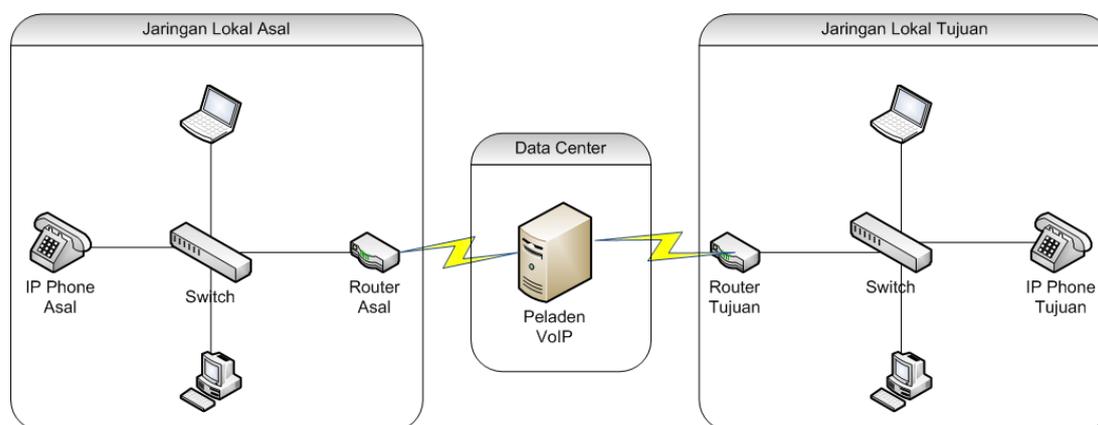
Meski pemantauan paket data merupakan cara yang umum, terdapat beberapa variasi dalam langkah pengambilan paket data tergantung pada obyek pengujian atau pengukuran. Kondisi jaringan [4], [5], [9], protokol yang digunakan [6], [10], dan perangkat pemantau yang digunakan [8], [11], [12], [13] memberikan variasi dalam menentukan langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian/pengukuran.

Pengujian tersebut selayaknya dilakukan dalam kondisi yang terkendali. Hal ini untuk meminimalkan adanya gangguan yang dapat mempengaruhi nilai parameter yang didapatkan dan mendorong kesimpulan yang salah. Namun, metode untuk melakukan pengujian sesudah *deployment* tetap dapat dilakukan dengan melakukan hal-hal yang mengeliminir pengaruh kondisi eksternal [9].

Dalam makalah ini, diajukan metode pengujian dalam kondisi operasional (*post-deployment*). Subyek uji dalam metode ini adalah konfigurasi peladen (*server*) VoIP. Metodologi yang diajukan dapat mengeliminir pengaruh eksternal untuk mendapatkan indikasi apakah penyesuaian yang dilakukan di peladen sudah tepat atau tidak.

## 2. Metode Pengujian yang Diajukan

Kondisi yang menjadi dasar bagi pengembangan metode uji dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam kondisi ini, layanan VoIP sudah diimplementasikan. Implementasi setidaknya menghubungkan 3 (tiga) perangkat: IP *phone* asal, peladen VoIP, dan IP *phone* tujuan. Tiap perangkat berada dalam jaringan lokal yang berbeda. Peladen berada pada suatu *data center* yang tidak berada dalam kuasa penguji. Sehingga parameter peladen tidak dapat dipantau secara langsung.

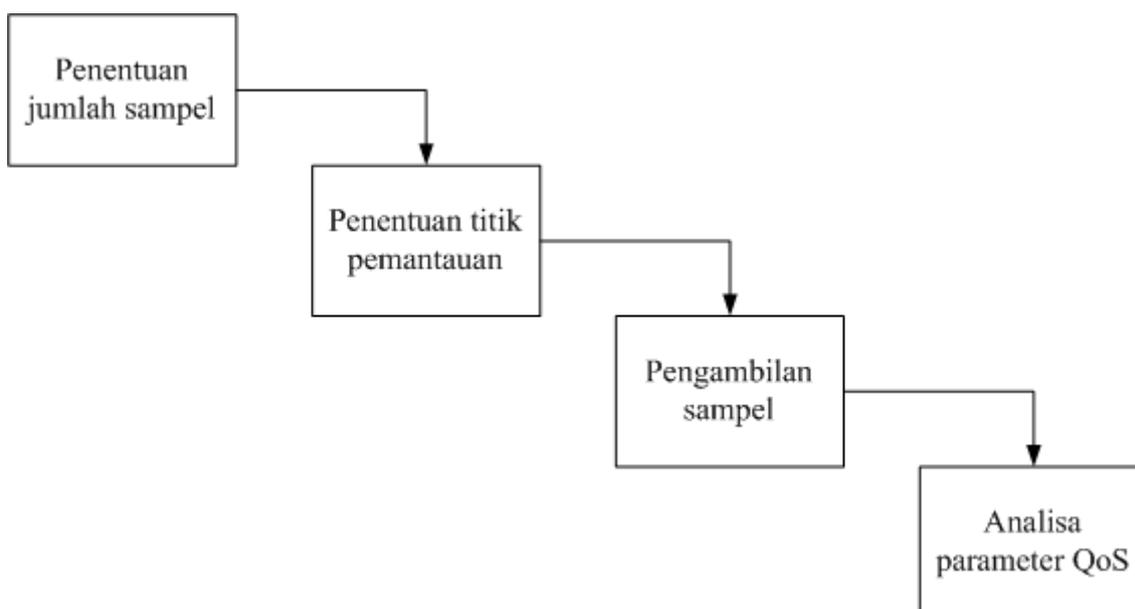


Gambar 1. Arsitektur jaringan VoIP yang menjadi dasar pengembangan

Kondisi ini menimbulkan beberapa batasan dalam melakukan pengujian. Batasan tersebut akan menentukan langkah-langkah pengujian dan juga mengubah cara perhitungan parameter QoS. Batasan tersebut adalah:

- Waktu antar tiap perangkat tidak tersinkronisasi dan mungkin memiliki perbedaan yang cukup signifikan,
- Traffic* dalam jaringan peladen tidak dapat diketahui, sehingga pemantauan paket tidak dapat dilakukan pada peladen.

Pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan 2 jenis *traffic* yang terdapat dalam kondisi uji. *Outbound traffic* adalah lalu lintas data keluar yang terdiri dari *hop* Asal-Peladen dan Peladen-Tujuan. *Inbound traffic* adalah lalu lintas data masuk yang terdiri dari *hop* Tujuan-Peladen dan Peladen-Asal. Keempat *hop* tersebut dipantau untuk mendapatkan data lalu lintas paket.



Gambar 2. Metodologi pengujian yang diajukan

Untuk mengatasi permasalahan yang sudah dijelaskan, pengujian peladen VoIP dilakukan dengan menggunakan menggunakan metodologi yang terlihat pada Gambar 2. Metodologi tersebut menjelaskan tahapan dari mulai perencanaan pengujian hingga perhitungan parameter QoS. Adapun penjelasan rinci mengenai kegiatan tiap tahap dapat dijelaskan sebagai berikut.

### 2.1. Penentuan Jumlah Sampel

Langkah pertama dalam pengujian adalah perencanaan jumlah sampel yang akan diambil. Sampel yang dimaksud adalah data paket percakapan antara Asal dengan Tujuan. Penentuan jumlah sampel akan menentukan kemampuan penguji untuk menganalisa apakah hasil yang diperoleh merupakan pengaruh dari kondisi eksternal atau konfigurasi dalam peladen itu sendiri. Jumlah sampel juga harus ditentukan untuk memastikan bahwa data *inbound* dan *outbound* memiliki porsi yang sama. Penentuan jumlah sampel dilakukan dengan menggunakan panduan berikut:

- Sampel harus mencakup seluruh kemungkinan kondisi jaringan lokal. Sampel harus diambil saat kondisi jaringan lokal (baik di Asal maupun Tujuan) dalam kondisi *high traffic* maupun *low traffic*. Hal ini terutama dilakukan pada kondisi jaringan lokal yang tidak membedakan penggunaan VoIP dengan penggunaan lainnya.
- Untuk kondisi *high* dan *low traffic*, pengambilan sampel dilakukan berulang. Pengulangan dilakukan dalam jumlah yang dapat meyakinkan bahwa pola yang diperoleh dari sampel selalu berulang untuk kondisi yang sama.
- Durasi percakapan pada tiap sampel harus dibuat agar *inbound* dan *outbound traffic* memiliki jumlah paket yang kurang lebih sama. Hal ini bisa dilakukan dengan merancang percakapan yang saling bergantian dalam jangka waktu tertentu (misal per 5 detik).

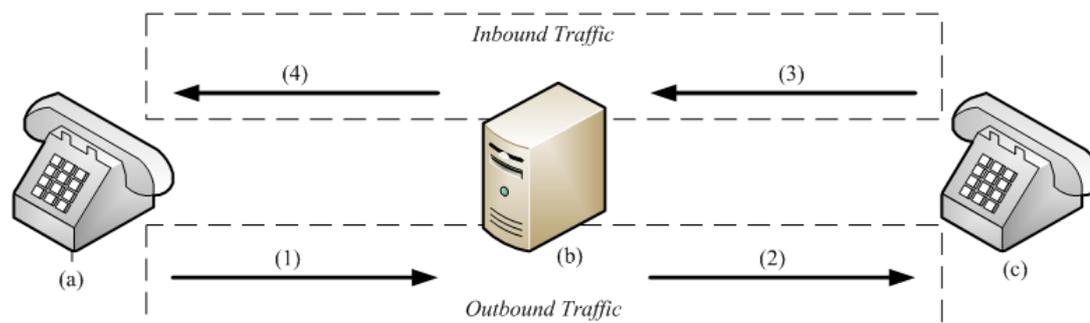
Penentuan jumlah sampel dapat didekati dengan menggunakan persamaan berikut:

$$s \approx C_2^n \times m \quad (1)$$

dengan  $C$  adalah jumlah kombinasi dari kondisi *traffic* di Asal dan Tujuan,  $n$  adalah jumlah total kondisi *traffic* pada tiap jaringan lokal, dan  $m$  adalah jumlah pengulangan untuk tiap kombinasi *traffic*.

## 2.2. Penentuan Titik Pemantauan

Titik pemantauan adalah titik di mana perangkat lunak pemantauan *traffic* diletakkan. Penentuan titik pemantauan bergantung pada kondisi akses perangkat dan juga kemampuan perangkat lunak yang digunakan. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 3.



Gambar 3. Alur data pada sistem yang diuji

Pada Gambar 3 terdapat 3 titik yang mungkin digunakan sebagai titik pemantauan. Titik (a) adalah IP *phone* pada Asal, titik (b) adalah peladen VoIP, dan titik (c) adalah IP *phone* pada Tujuan. Secara ideal, pemantauan harus dilakukan pada ketiga titik tersebut untuk memantau keempat *traffic hop* yang ada (dilambangkan dengan subset angka). Namun dari batasan yang sudah dinyatakan sebelumnya, peladen tidak mungkin digunakan sebagai titik pantau

Bila perangkat pemantauan mampu memantau keempat data melalui satu titik pantau, maka cukup salah satu antara titik (a) atau (b) yang digunakan. Namun, demi kualitas data yang lebih baik, sebaiknya kedua titik pemantauan digunakan untuk memantau data *traffic*.

## 2.3. Pengambilan Sampel

Sampel diambil dengan melakukan panggilan dari telepon Asal ke telepon Tujuan. Pada tiap pengambilan sampel sebaiknya disediakan skenario percakapan yang sudah disiapkan sebelumnya. Skenario tersebut harus dapat memastikan bahwa durasi tiap pengambilan sampel sama, sehingga menghasilkan jumlah paket yang kurang lebih sama.

Skenario juga memastikan bahwa tiap dialog yang digunakan antara Asal-Tujuan dan Tujuan-Asal memiliki durasi yang sama. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa data *inbound* dan *outbound* memiliki porsi yang hampir sama. Sebagai contoh, setiap kali Asal berbicara, durasinya dibatasi selama 10 detik. Setelah itu, giliran Tujuan berbicara dengan durasi yang sama. Giliran tersebut diulangi hingga total durasi yang sudah ditetapkan tercapai untuk tiap sampel.

Hasil dari pengujian ini memiliki variasi tergantung perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan pemantauan. Secara umum, data yang diperoleh dari pengujian yang relevan untuk fase analisa ada 3 jenis data yang tergabung dalam satu paket. Data tersebut adalah *source IP*, *destination IP*, protokol paket, dan waktu pengiriman/penerimaan paket.

## 2.4. Analisa Parameter QoS

Setelah data sampel diambil langkah terakhir dalam pengujian adalah analisa parameter QoS. Tujuan dari langkah ini adalah menentukan apakah penyesuaian yang dilakukan pada peladen VoIP sudah benar dan memberikan layanan yang sesuai standar. Analisa dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- Memisahkan sampel berdasarkan kombinasi *traffic* yang sudah ditentukan.
- Menyaring data paket dalam tiap kelompok sampel berdasarkan protokol. Pada langkah pertama ini, hanya data paket yang memiliki protokol RTP yang diambil dan membuang

paket dengan protokol lainnya. Data percakapan terkandung pada paket yang memiliki protokol RTP.

- c. Memisahkan data berdasarkan *source* IP dan *destination* IP dan menggolongkannya berdasarkan *hop traffic*. Setelah langkah ini untuk tiap kombinasi *traffic* terdapat 4 kelompok data berdasarkan *hop*, Asal-Peladen, Peladen-Tujuan, Tujuan-Peladen, dan Peladen-Asal.
- d. Menghitung parameter QoS pada tiap kelompok data. Parameter yang dihitung adalah *delay* dan *packet loss*. Parameter disandingkan berdasarkan kelompok *traffic* untuk melihat pola *delay* dan *packet loss* selama pengujian.
- e. Menganalisa pola *delay* dan *packet loss* untuk mengeliminasi faktor eksternal dan menentukan hasil penyesuaian peladen VoIP. Pola parameter QoS yang diperoleh bisa dibandingkan dengan data penggunaan *bandwith* pada jaringan lokal saat pengujian dilakukan.

*Packet loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$PL = \frac{P_r}{P_s} \times 100\% \quad (2)$$

dengan  $PL$  adalah rasio paket yang hilang atau *packet loss* (%),  $P_s$  adalah jumlah paket yang dikirimkan oleh Asal, dan  $P_r$  adalah jumlah paket yang diterima oleh Tujuan.

Perhitungan *delay* untuk tiap paket dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$d = T_a - T_s \quad (3)$$

dengan  $T_a$  adalah waktu penerimaan paket di Tujuan,  $T_s$  adalah waktu pengiriman paket di Asal, dan *delay* ( $d$ ) dinyatakan dalam satuan detik. Dengan demikian *delay* rata-rata untuk tiap sampel dapat dihitung dengan menggunakan:

$$avd = \frac{\sum_{i=1}^j d_i}{P_s} \quad (4)$$

dengan  $avd$  adalah *delay* rata-rata (detik), dan  $d_i$  adalah *delay* tiap paket.

Namun, (3) dan (4) tidak dapat digunakan dalam kondisi yang menjadi dasar penelitian ini. Dalam batasan yang sudah dijelaskan, kondisi di peladen merupakan sebuah kotak hitam yang tidak dapat diamati. Dari langkah penentuan titik pantau juga sudah dijelaskan bahwa tidak ada titik pantau pada peladen sehingga waktu pengiriman atau penerimaan paket di peladen tidak dapat ditentukan. Selain itu, (3) secara implisit menyaratkan waktu di titik pengiriman dan penerimaan tersinkronisasi dengan baik. Namun berdasarkan batasan pertama, kondisi ini tidak memungkinkan. Dengan demikian, kita membutuhkan cara lain untuk menghitung *delay* rata-rata untuk tiap sampel.

Dari pengumpulan dan pemisahan data berdasarkan protokol, kita dapat menentukan durasi percakapan untuk tiap *hop*. Durasi total percakapan yang diperoleh merupakan gabungan dari durasi percakapan ditambah dengan total *delay*, atau secara matematis dinyatakan sebagai,

$$T_{sampel} = T_c + d_{total} \quad (5)$$

dengan  $T_{sampel}$  adalah durasi total dari sampel (detik),  $T_c$  adalah durasi total percakapan (detik), dan  $d_{total}$  adalah total *delay* untuk sampel tersebut (detik). Yang diperoleh dari pengambilan sampel adalah variabel  $T_{sampel}$ . Karena variabel tersebut sudah mengandung *delay* untuk tiap paket, kita dapat menentukan perkiraan rata-rata *delay* per paket (*average expected delay per packet*) sebagai berikut:

$$adp = \frac{T_{sampel}}{P_s} \quad (6)$$

Persamaan (6) akan menggantikan (3) dan (4) untuk menghitung parameter *delay*. Meskipun demikian patut dicatat bahwa *adp* adalah suatu pendekatan, bukan *delay* yang sebenarnya. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa berdasarkan (5) *delay* sebenarnya akan lebih kecil atau sama dengan perkiraan *delay* ( $avd \leq adp$ ).

### 3. Analisis Implementasi

Metode pengujian yang dijelaskan pada bagian sebelumnya sudah diimplementasikan untuk menguji konfigurasi peladen VoIP yang sudah beroperasi. Pada bagian ini, contoh implementasi tersebut diberikan untuk memberikan validasi bahwa metodologi yang dikembangkan memang dapat mencapai tujuan yang sudah dijelaskan pada awal makalah. Sistem yang menjadi obyek pengujian memiliki arsitektur jaringan seperti yang terlihat pada Gambar 1. Antar jaringan dihubungkan dengan menggunakan *virtual private network* (VPN). Namun, fakta ini tidak memiliki kontribusi pada parameter QoS yang dicari sehingga dikesampingkan dalam pengujian.

#### 3.1. Penentuan Jumlah Sampel

Kondisi *traffic* pada sistem yang diuji menghasilkan kondisi sebagai berikut: Pagi, Siang, dan Sore. Dalam hal ini, 3 kondisi tersebut sudah menghasilkan kombinasi yang ada, sehingga jumlah kombinasi ( $C_2^n$ ) adalah 3 (tiga). Jumlah pengulangan (*m*) yang diambil adalah 3. Berdasarkan (1), jumlah sampel yang dibutuhkan adalah 9 (sembilan) sampel.

#### 3.2. Penentuan Titik Pemantauan

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, titik pemantauan diletakkan pada perangkat IP *phone* Asal dan Tujuan. Pemantauan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Wireshark. Pemantauan dilakukan secara *on-site* pada Asal dan Tujuan secara simultan.

#### 3.3. Pengambilan Sampel

Pengujian atau pengambilan sampel dilakukan selama 3 hari. Setiap hari dilakukan pengambilan sampel pada pagi, siang, dan sore. Durasi percakapan untuk tiap sampel adalah  $\pm 5$  menit, dengan porsi untuk *inbound* dan *outbound* masing-masing  $\pm 2,5$  menit. Rincian langkah pengambilan sampel yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian pengambilan sampel

Hari	Waktu	Durasi <i>outbound</i>	Durasi <i>inbound</i>	Total durasi percakapan
1	Pagi	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
	Siang	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
	Sore	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
2	Pagi	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
	Siang	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
	Sore	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
3	Pagi	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
	Siang	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit
	Sore	$\pm 2,5$ menit	$\pm 2,5$ menit	$\pm 5$ menit

#### 3.4. Analisa QoS

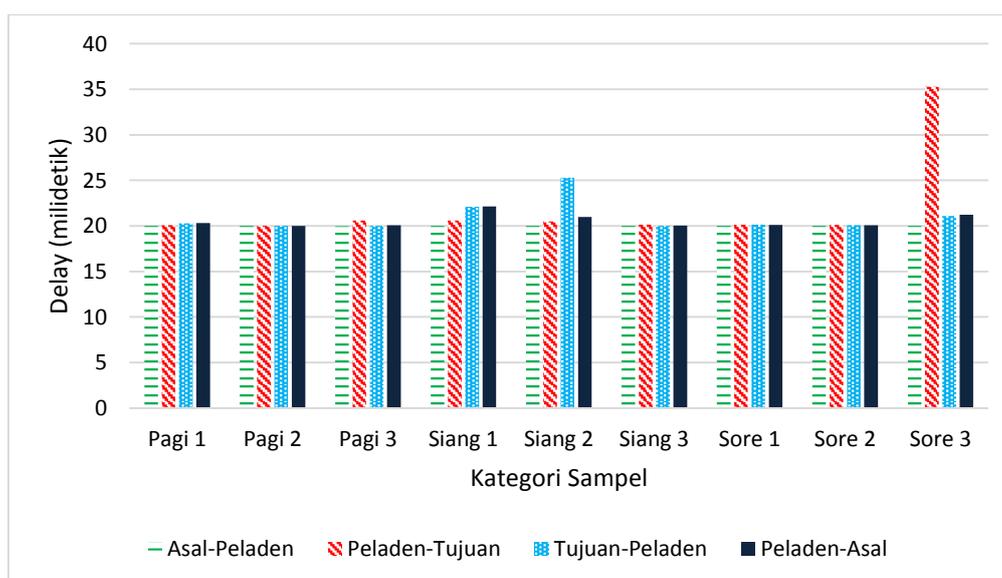
Pada langkah ini, pemisahan dan penyaringan sampel berdasarkan metodologi yang dikembangkan sudah dilakukan pada sampel yang diperoleh. Berdasarkan penyaringan, diperoleh 36 kelompok data yang akan dihitung parameter *delay* dan *packet loss*. Dengan menggunakan (2)

dan (6), *delay* dan *packet loss* tiap kelompok data dihitung. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan *delay* dan *packet loss* pada sampel

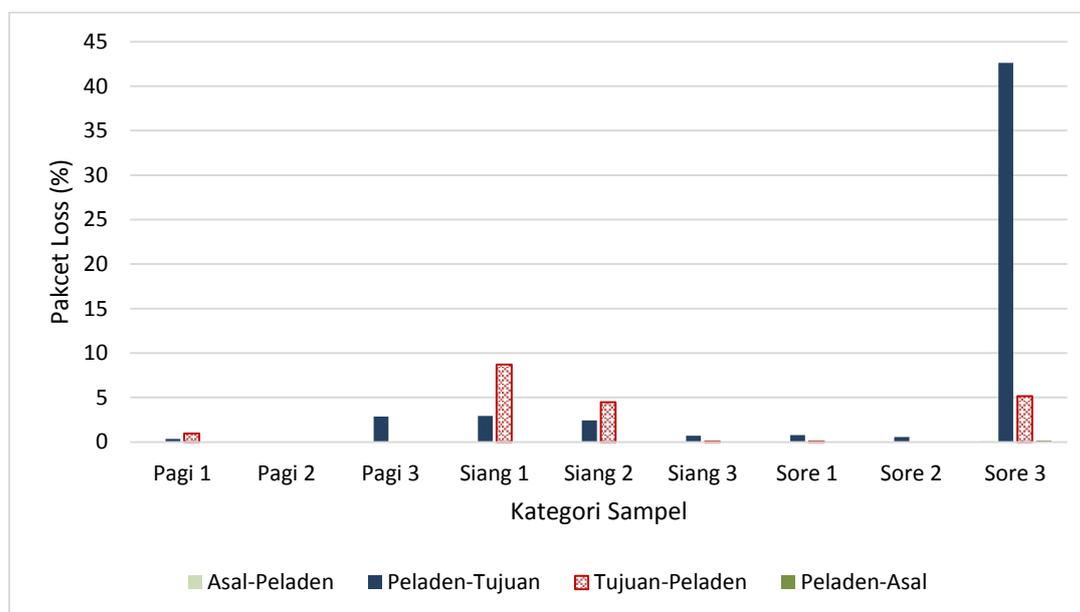
Kelompok Sampel	Asal-Peladen		Peladen-Tujuan		Tujuan-Peladen		Peladen-Asal	
	<i>Delay</i> (ms)	<i>Packet Loss</i> (%)						
Pagi 1	20,004	0,013	20,069	0,33	20,272	0,965	20,302	0
Pagi 2	19,999	0	19,997	0,013	20,012	0	20,012	0
Pagi 3	19,953	0	20,588	2,85	19,999	0	20,078	0
Siang 1	19,997	0	20,599	2,92	22,100	8,69	22,126	0
Siang 2	19,997	0	20,496	2,42	25,312	4,46	20,978	0
Siang 3	19,997	0	20,148	0,708	20,012	0,064	20,022	0
Sore 1	19,999	0	20,153	0,758	20,131	0,05	20,121	0
Sore 2	19,998	0	20,114	0,577	20,063	0	20,078	0
Sore 3	20,014	0,083	35,295	42,63	21,088	5,17	21,224	0,189

Mengacu pada Tabel 2, *delay* pada sampel menunjukkan nilai rata-rata  $\pm 20$  milidetik. Namun, patut diingat bahwa standar *delay* yang diberikan pada [2] mengacu pada perbedaan waktu antara pengiriman di IP *phone* pemanggil dengan waktu penerimaan di IP *phone* penerima. Dengan demikian, untuk setiap sampel panggilan telepon VoIP memiliki *delay* rata-rata sebesar  $\pm 40$  milidetik. Berdasarkan standar yang disebutkan pada [1] dan [2], nilai tersebut masih termasuk pada nilai *delay* yang bisa diterima. Nilai *delay* tersebut diperoleh dari (6) yang merupakan perkiraan nilai maksimum *delay* rata-rata, yang dapat disimpulkan bahwa *delay* rata-rata sesungguhnya masih lebih kecil dari nilai tersebut. Dengan ini, kita dapat menyimpulkan bahwa konfigurasi peladen sudah disesuaikan dengan baik sehingga *delay* tidak mempengaruhi kualitas layanan VoIP. Pola *delay* yang terlihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa *delay* cenderung konstan sepanjang waktu pengujian, kecuali pada sampel Sore 3 dengan *hop* Peladen-Tujuan.



Gambar 4. Nilai *delay* pada tiap kategori sampel

*Packet loss* harus dijaga agar tidak lebih dari 5% [1] agar kualitas layanan VoIP masih dapat diterima. Pada Tabel 2 ada beberapa sampel yang memiliki nilai *packet loss* > 5 %, yaitu pada sampel Siang 1 dan Sore 3. Hasil ini menunjukkan indikasi bahwa layanan VoIP mengalami penurunan kualitas. Namun, hal ini tidak semerta-merta memberikan kesimpulan bahwa ada konfigurasi di peladen yang bermasalah. Untuk dapat menyimpulkan penyebab terjadinya *packet loss* yang melebihi standar, analisa pola *packet loss* untuk mengeliminir faktor eksternal. Pola *packet loss* dapat dilihat pada Gambar 5.



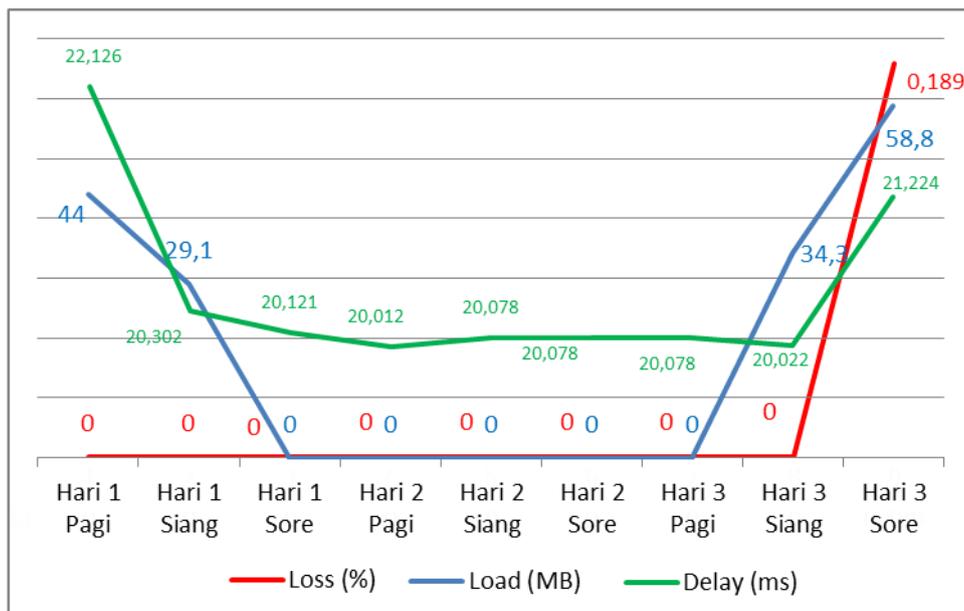
Gambar 5. Nilai *Packet Loss* per kategori sampel

Grafik yang terlihat pada Gambar 5 tidak menunjukkan suatu pola yang teratur. Secara umum, *packet loss* bernilai sangat kecil namun memiliki beberapa lonjakan yang melebihi batas yang diinginkan. Pada titik ini, dapat disimpulkan bahwa penurunan kualitas layanan tersebut tidak disebabkan oleh peladen. Dengan demikian, konfigurasi pada peladen sudah disesuaikan dengan tepat.

Untuk mendukung kesimpulan tersebut, kita bisa melihat beberapa premis pendukung yang diperoleh dari analisis pola pada Gambar 5. Premis-premis tersebut adalah sebagai berikut:

- Packet loss* lebih sering terjadi pada *hop* yang melibatkan Tujuan dibandingkan dengan Asal. Hal ini mengindikasikan kemungkinan bahwa paket hilang pada jaringan lokal di Tujuan.
- Nilai *packet loss* terbesar terjadi pada sampel Sore 3 dengan *hop* Peladen-Tujuan (42 %). Paket yang hilang tersebut berasal dari sampel Sore 3 *hop* Asal-Tujuan. Pada data tersebut, *packet loss* < 1 %. Hal ini mengindikasikan bahwa *packet loss* yang sangat besar tersebut tidak terjadi akibat pengaruh peladen. Bila premis ini digabungkan dengan premis a, maka bisa disimpulkan gangguan terjadi pada jaringan lokal Tujuan.

Analisis ini dapat diperkuat dengan membandingkan *traffic* pada jaringan lokal dengan data *packet loss* dan *delay* yang diperoleh. Pada implementasi ini, data *traffic* pada jaringan lokal Asal dapat diperoleh dan menjadi bahan perbandingan. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan *delay*, *packet loss* Peladen-Asal dengan *traffic* jaringan lokal Asal

Pola yang terlihat pada Gambar 6 menunjukkan adanya korelasi antara peningkatan nilai *delay*, *packet loss* dengan peningkatan *traffic* pada jaringan lokal. Penurunan kualitas layanan (*delay* atau *packet loss* naik) terjadi saat *traffic* mengalami kenaikan (sebagai contoh Pagi 1 dan Pagi 3). Sementara saat *traffic* stabil dan rendah, kualitas layanan VoIP juga menunjukkan pola yang stabil dengan nilai parameter QoS pada rentang yang dapat diterima.

Seluruh analisis yang sudah dilakukan memberikan kesimpulan bahwa faktor eksternal di luar peladen memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap parameter layanan VoIP. Bila kita mengeliminir faktor eksternal tersebut, akan diperoleh kesimpulan bahwa peladen sudah memberikan layanan VoIP dengan tingkat layanan yang dapat diterima. Dengan kata lain, peladen sudah disesuaikan dengan baik untuk memberikan tingkat pelayanan yang baik.

#### 4. Kesimpulan

Implementasi yang dilakukan menunjukkan kemangkusan metode dalam pengujian di lingkungan operasional. Meski kondisi dalam peladen tidak dapat diketahui secara langsung, pengujian tetap masih bisa dilakukan dengan menganalisa data-data yang diperoleh dari perangkat yang terhubung dengan peladen. Metode pengujian juga menunjukkan bahwa sinkronisasi waktu tidak perlu dilakukan antara seluruh jaringan yang terlibat dalam pengujian. Metode pengujian juga andal dalam menangani *noise* dari faktor eksternal yang mungkin memengaruhi hasil pengujian.

Metode yang dikembangkan cukup baik bila digunakan untuk melakukan pengujian yang melibatkan satu panggilan VoIP. Keandalan dan kemangkusan metode belum diuji untuk melakukan pengujian yang melibatkan banyak panggilan VoIP secara bersamaan. Peluang masih terbuka untuk menguji metode ini pada pengujian yang melibatkan banyak panggilan. Selain itu, masih terbuka kemungkinan bahwa metode ini membutuhkan penyesuaian agar bisa diterapkan pada pengujian dengan banyak panggilan VoIP secara bersamaan.

**Daftar Pustaka**

- [1] K. Gonia, "Latency and QoS for Voice over IP," *SANS Institute InfoSec Reading Room, version*, vol. 2, 2004.
- [2] ITU-T, *Rec. G-114: One-way transmission time*, ITU-T, 2003.
- [3] R. G. Cole and J. H. Rosenbluth, "Voice over IP performance monitoring," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 31, no. 2, pp. 9-24, 2001.
- [4] E. Najwaini and A. Ashari, "Analisis Kinerja Voip Server pada Wireless Access Point," *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, vol. 9, pp. 89--100, 2014.
- [5] A. Pradipta, A. W. W. Nugraha and I. Setiawan, "Unjuk Kerja Voice Over Internet Protocol pada Jaringan Lokal Universitas Jenderal Soedirman," *Dinamika Rekayasa*, vol. 8, pp. 56-62, 2016.
- [6] K. D. Suryawan, M. Husni and E. L. Anggraini, "Analisis Layanan Kinerja Jaringan VoIP Pada Protokol SRTP Dan VPN," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [7] T. A. B. Susanto, A. Syarif and A. Wahab, "Implementasi Dan Analisis Kualitas Layanan Voip Pada Jaringan Ad Hoc Peer-To-Peer," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2012.
- [8] D. Mosberger and T. Jin, "httperf—a tool for measuring web server performance," *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, vol. 26, no. 3, pp. 31-37, 1998.
- [9] N. Fraenkel, G. Goldstein, I. Sarig and R. Haddad, "Post-deployment monitoring and analysis of server performance". USA Patent US Patent App. 10/057,295, oct # "~19" 2001.
- [10] H. Schulzrinne, S. Narayanan and J. Lennox, "SIPstone-benchmarking SIP server performance," *Columbia University*, 2002.
- [11] P. Bardford and M. Crovella, "Generating representative web workloads for network and server performance evaluation," in *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, 1998.
- [12] A. W. Rix, J. G. Beerends, M. P. Hollier and A. P. Hekstra, "Perceptual evaluation of speech quality (PESQ)-a new method for speech," in *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001. Proceedings.(ICASSP'01).*, 2001.
- [13] D. Reichman, "System and method for monitoring performance of a server system using". USA Patent US Patent 6,738,813, \#may\#~18 2004.