

EVALUASI DAN ANALISIS PERFORMANSI PEER TO PEER SESSION INITIATION PROTOCOL (P2PSIP) PADA LAYANAN VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP)

Sandy Purniawan¹, Istikmal², Indrarini Dyah Irawati³

^{1,2,3}Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung 40257

E-mail : thesandy.accessnet@gmail.com, itm@ittelkom.ac.id, idi@ittelkom.ac.id

ABSTRAK

Komunikasi adalah sesuatu yang sangat penting saat ini. Komunikasi berupa voice saat ini tidak hanya berupa melalui jaringan tradisional telepon biasa yaitu melalui POTS atau jaringan circuit switch tetapi sudah dapat melalui jaringan paket yang dikenal dengan VoIP (Voice Over Internet Protocol). Komunikasi VoIP dengan SIP (Session Initiation Protocol) paling sering berupa client dan server dimana client jika ingin melakukan koneksi VoIP maka harus mendaftar melalui server VoIP dan baru kemudian melakukan hubungan ke user VoIP lain yang terdaftar di server tersebut. Mengingat dari pengertian SIP sendiri adalah komunikasi peer-to-peer yang dimungkinkan untuk tidak menggunakan server. Maka model komunikasi secara peer to peer dilakukan dimana sekumpulan user VoIP SIP yang ingin melakukan komunikasi mengadakan komunikasi satu sama lain tanpa menggunakan server VoIP. Komunikasi VoIP antara user SIP satu dengan user yang lain dapat menggunakan P2PSIP (Peer-to-Peer Session Initiation Protocol). Dalam komunikasi peer-to-peer sangat erat dengan algoritma DHT (Distribution Hash Table) untuk pengaturan penyambungan dan pemisahan maupun routing client dalam sebuah jaringan peer-to-peer. Hasil yang diperoleh yang paling baik dilihat dari parameter QoS (Quality of Service) layanan untuk delay, PDD, dan MOS adalah Peer-to-Peer SIP. Sedangkan untuk nilai throughput, jitter, dan packet loss adalah Client-Server SIP.

Kata kunci : Peer to Peer, P2SIP, SIP, Distribution Hash Table

1. PENDAHULUAN

Layanan VoIP yang dikembangkan dewasa ini berdasarkan metode *client* dan *server* dimana *server* menyediakan entitas untuk melayani layanan VoIP dan *client* mendaftar di *server* tersebut untuk melakukan layanan VoIP. Semakin berkembangnya teknologi menyebabkan perangkat-perangkat tersebut lebih cerdas dan lebih cepat dalam mengolah data dan menyimpan informasi. Oleh karena itu perangkat-perangkat diusahakan dapat berdiri sendiri atau *unstructured*. Keuntungan perangkat-perangkat yang berdiri sendiri atau *ad hoc* yaitu mereka dapat mengatur *resource* sendiri, *privacy*, lebih *realible* daripada mode *client-server* serta tidak memerlukan *resource* yang banyak untuk membangun *server*. P2PSIP (Peer to Peer Session Initiation Protocol) merupakan salah satu model komunikasi *Ad hoc* dimana *client-client* terhubung dan dapat berkomunikasi satu dengan yang lain secara *peer-to-peer* tanpa menggunakan *server* SIP.

Adapun perumusan masalah di atas adalah :

1. Bagaimana performansi *Quality of Service* (QoS) dari jaringan yang dibangun meliputi *jitter*, *packet loss*, *delay*, *throughput*, serta PDD dan kualitas layanan voice berupa MOS (*Mean Opinion Score*)?
2. Bagaimana perbandingan *Quality of Service* (QoS) dan *Mean Opinion Score* (MOS) antara VoIP yang menggunakan *client-server SIP* dengan P2PSIP yang menggunakan algoritma DHT *Kademlia*?

Tujuan dari kegiatan ini adalah mendapatkan performansi jaringan yang dibangun berupa *Quality of Service* (QoS) meliputi *delay*, *jitter*, *troughput*, *packet loss*, serta PDD dan kualitas layanan voice berupa MOS (*Mean Opinion Score*) dan membandingkan nilai-nilai tersebut antara *client-server SIP* dengan P2PSIP yang menggunakan algoritma DHT *Kademlia*.

3. DASAR TEORI

2.1 P2P

Karakteristik *Peer to peer* (P2P) :

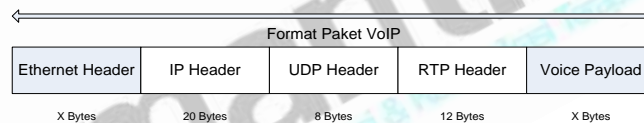
- 1 *Resource Sharing*, setiap *peer* memberikan kontribusi sumber daya untuk pengoperasian sistem P2P
- 2 *Networked*, semua *node* terhubung dalam jaringan P2P dalam bentuk *graph* tertentu
- 3 *Decentralization*, tidak ada titik kontrol terpusat
- 4 *Symmetry*, *node* dinyatakan memiliki posisi yang sama sebagai *peer* dalam sistem P2P. Meskipun dalam beberapa desain implementasi *node* dapat juga digunakan pada hierarki yang berbeda seperti sebagai *super peer* atau *relay peer*.
- 5 *Autonomy*, partisipasi dari *peer* dalam sistem P2P ditentukan secara lokal dan tidak ada konteks administrasi tunggal.
- 6 *Self-Organization*, sistem P2P meningkat dari waktu ke waktu menggunakan pengetahuan lokal dan operasi lokal di setiap *peer*, dan tidak ada sistem *peer* mendominasi.
- 7 *Scalable*, merupakan prasyarat sistem yang mampu menampung jutaan *node* secara bersamaan. Ukuran *overlay* tidak mempengaruhi performansi secara linear.
- 8 *Stability*, sistem P2P harus memiliki kestabilan untuk mengatasi tingkat keluar masuknya *node* yang tinggi. [4, 6, 13, 14, 15].

2.2 Asterisk

Asterisk merupakan *open source software* yang biasanya digunakan untuk membangun suatu sistem layanan komunikasi. Fitur yang disediakan, diantaranya *Voicemail*, *Call Conferencing*, *Interactive Voice Response*, *Call Queuing*, *Three Way Calling*, *Caller ID Service*, *Analog Display Service Interface*, Protokol *VoIP SIP*, *H323* (sebagai *client* dan *gateway*), *IAX*, *MGCP* (hanya menyediakan fungsi *call manager*), *SCCP/Skinny*, dan masih banyak lagi fitur yang disediakan Asterisk.

2.3 VoIP

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan *Internet Protocol* untuk menyediakan komunikasi *voice* secara elektronik dan *real time*.



Gambar 1 : Format Paket VoIP [5]

2.4 SIP

SIP adalah protokol yang dikeluarkan oleh IETF (*International Engineering Task Force*). Di dalam IP dan telephone tradisional, selalu dibedakan dengan jelas dua tahap panggilan *voice*. Tahap pertama adalah "Call Setup" yang mencakup semua detail keperluan agar dua perangkat *telephone* dapat berkomunikasi. Tahap selanjutnya adalah "transfer data" dimana *call setup* sudah terbentuk. Di dalam VoIP, SIP adalah protocol *call setup* yang beroperasi pada layer aplikasi pada *TCP/IP*. [5,11,12]

2.5 Lookup peroutingan P2P

Pada *Peer to Peer Protocol* (P2P) dikenal dua metode *lookup* peroutingan yaitu *iterative routing* dan *recursive routing*.



Gambar 2 : Iterative Routing

lihat bahwa *node* hanya berkomunikasi dengan *node* asal (*originator*). Tanda kotak merupakan kunci *node* selanjutnya. Tanda segitiga dan panah



Gambar 3 : Recursive routing

Pada *recursive routing* setiap *node* meneruskan *query* ke *node* selanjutnya. Selama proses *lookup* tidak ada informasi yang dikirimkan ke *originator* sehingga menghasilkan sedikit paket yang

rupakan jalur *lookup*. *Node* terakhir merupakan *overhead* [3, 10].
 idahulu.

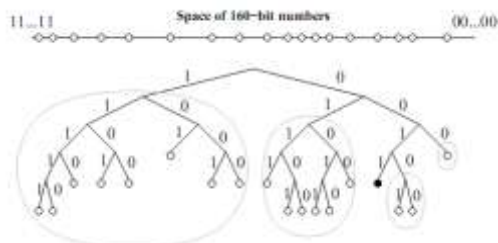
2.6 Algoritma DHT

DHT mendefinisikan bagaimana *overlay* terstruktur, bagaimana *node* diatur, dan bagaimana proses *routing*. DHT menyediakan 2 metode antarmuka untuk aplikasi, yaitu :

1. *Insert (k,v)* insert data dengan *value v* dan *key k*
2. *Lookup (k)*, mengambil *value v*, yang terhubung dengan nilai *k*

2.7 Kademlia

Kademlia menggambarkan struktur pertukaran informasi melalui pencarian *node*. Komunikasi antar *node* Kademlia menggunakan UDP. Dengan Kademlia, tiap *node* diidentifikasi oleh nomer atau sebuah ID dimana ID tersebut tidak hanya digunakan untuk identifikasi tetapi Kademlia menggunakan *node* ID untuk meletakkan *key*. [1,10]



Gambar 4: Algoritma Kademlia

2.8 Parameter Performansi

2.8.1 Throughput

Throughput adalah jumlah bit yang sukses diterima oleh suatu terminal tertentu di dalam sebuah jaringan dari satu titik ke titik jaringan yang lain yang diukur dalam selang waktu tertentu.

2.8.2 Delay

Delay adalah total waktu yang dilalui oleh paket mulai dari titik pengirim hingga sampai di titik penerima.

Tabel 1: Jenis-jenis Delay dan Keterangannya [5]

Jenis Delay	Keterangan
<i>Algorithmic delay</i>	<i>Delay</i> ini disebabkan oleh standar <i>codec</i> yang digunakan. Contohnya, <i>Algorithmic delay</i> untuk G.723.1 adalah 7.5 ms
<i>Packetization delay</i>	<i>Delay</i> yang disebabkan oleh peng-akumulasian bit <i>voice sample</i> ke <i>frame</i> . Seperti contohnya, standar G.711 untuk <i>payload</i> 160 bytes memakan waktu 20 ms.
<i>Serialization delay</i>	<i>Delay</i> ini terjadi karena adanya waktu yang dibutuhkan untuk pentransmisiian paket IP dari sisi <i>originating</i> (pengirim)
<i>Propagation delay</i>	<i>Delay</i> ini terjadi karena perambatan atau perjalanan. Paket IP di media transmisi ke alamat tujuan.
<i>Component Delay</i>	<i>Delay</i> ini disebabkan oleh banyaknya komponen yang digunakan di dalam sistem transmisi.

2.8.3 Jitter

Jitter merupakan variasi kedatangan paket yang biasa diakibatkan karena adanya antrian paket pada titik-titik perjalanan transmisinya dan *reassemble* paket-paket tersebut di akhir pengiriman akibat kegagalan sebelumnya.

2.8.4 Packet Loss

Packet Loss adalah banyaknya paket (dalam satuan bit atau *Byte*) yang hilang atau rusak di tengah jalan saat transmisi dari satu titik ke titik yang dituju.

$$Packet\ loss\ (\%) = \frac{Paket\ dikirim - Paket\ sukses\ diterima}{Paket\ dikirim} \times 100\%$$

2.8.5 PDD

PDD (*Post Dial Delay*) berdasar rekomendasi dari IETF adalah periode yang dimulai setelah penelepon mendial digit terakhir nomor tujuannya hingga memperoleh bit terakhir yang berisi pesan status tujuan,

apakah *ringing* atau *busy*. Berdasarkan rekomendasi ITU-T, PDD adalah *interval* antara digit terakhir yang telah didial hingga menerima *ringback*. Standar yang ditentukan untuk PDD adalah sekitar 10 – 13 detik. Nilai PDD yang maksimum berdasarkan standard yang dikeluarkan oleh IETF dan DEPKOMINFO sebagai berikut :

Tabel 2: Standard PDD IETF

kategori	PDD (sekon)
PC to PC	2.23
PC to PSTN	3.79
PSTN to PC	3.41

Berdasarkan peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika RI tahun 2007 BAB VI tentang ”Standar Intra Network Post Dialling Delay” Pasal 15 ayat (1) menyatakan bahwa:

”Prosentase *Intra Network Post Dialling Delay* yang kurang dari 13 detik harus $\geq 95\%$ dari jumlah panggilan yang dicoba”. [7]

2.9 Metode Pengukuran Kualitas VoIP

2.9.1 MOS

Metode ini bersifat subjektif, karena berdasarkan pendapat perorangan. Untuk menentukan nilai MOS terdapat dua cara pengesanan yaitu, *conversation opinion test* dan *listening test*.

Tabel 3: Rekomendasi ITU-T P.800 untuk nilai kualitas berdasarkan MOS

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

2.9.2 Estimasi MOS dengan metode E-Model (ITU-T G.107)

Pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas suara berdasarkan penyebab menurunnya kualitas suara dalam jaringan VoIP dimodelkan dengan *E-Model* yang distandarkan kepada ITU-T G.107. Nilai akhir estimasi *E-Model* disebut dengan *R faktor*. *R faktor* didefinisikan sebagai faktor kualitas transmisi yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *packet loss* dan *delay*. persamaan nilai estimasi *R faktor* menjadi :

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

Dengan :

R = faktor kualitas transmisi

d = *one way delay* (ms)

H = Fungsi tangga ; dengan ketentuan

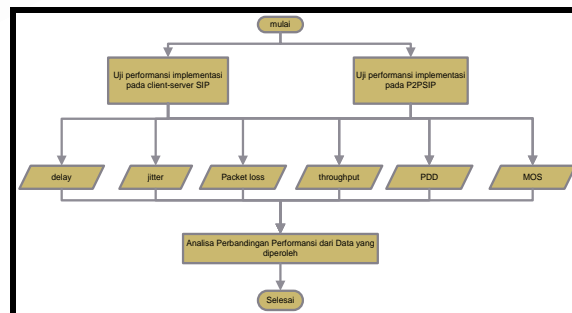
$H(x) = 0$ jika $x < 0$, lainnya

$H(x) = 1$ jika $x \geq 0$

E = persentasi besarnya *packet loss* yang terjadi (dalam bentuk desimal)

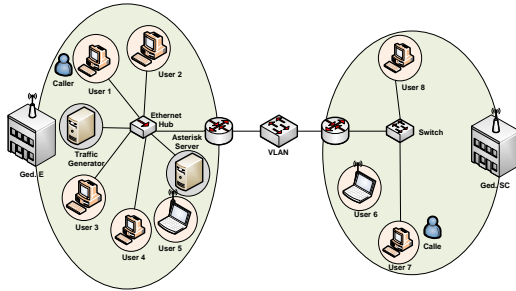
3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Tahap Analisis

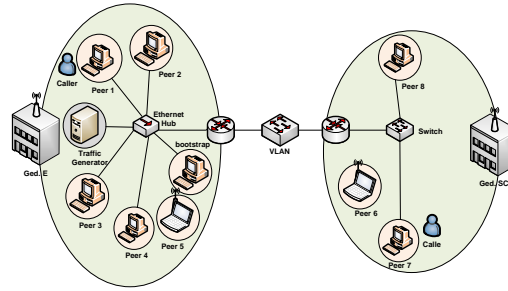


Gambar 5: Flowcart Analisis

3.3 Skenario Pengerjaan



Gambar 7: Arsitektur *Client-Server* SIP pada layanan VoIP



Gambar 8: Arsitektur P2PSIP pada layanan VoIP

Pada *paper* ini dilakukan pengujian performansi layanan VoIP melalui 2 sistem jaringan berbeda, yaitu pada gambar 7 dengan menggunakan *Client-Server* SIP dan gambar 8 dengan P2PSIP. Pengujian dilakukan dengan mengukur parameter *Quality of Service* (QoS) yang dihasilkan dari beberapa skenario pengujian yaitu dengan adanya terjadi penambahan *client/peer* mulai dari 2, 4 sampai 8 dan pengaruh *background traffic* mulai dari 0 Mbps, 25 Mbps, 50 Mbps, dan 75 Mbps.

4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS PEMBAHASAN

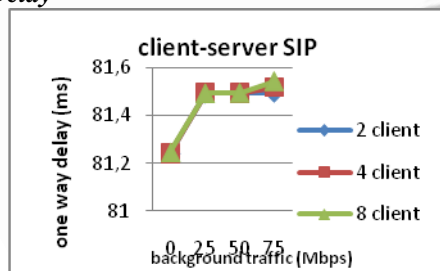
4.1 Gambaran Analisis

Adapun parameter-parameter *Quality of Services* (QoS) yang diukur antara lain adalah *delay*, *throughput*, *jitter*, *packet loss*, dan PDD. Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter QoS tersebut digunakan *software* Wireshark Version 1.3.5 sebagai *Network Protocol Analyzer* yang diinstal disisi *client* dan atau *peer*. Sebagai acuan bagus tidaknya nilai-nilai parameter QoS yang didapat, maka standar lembaga internasional dapat dijadikan sebagai acuan :

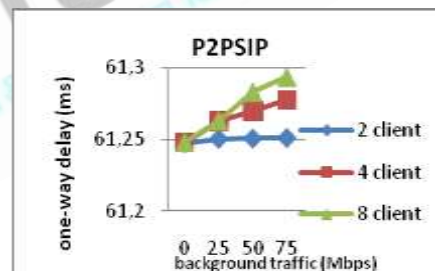
- a *Delay* yang baik bernilai <150 ms (ITU-T Rec. G 1010)
- b *Jitter* yang baik bernilai < 30 ms (ITU-T)
- c *Packet loss* yang baik bernilai <10% (ITU-T)

4.2 Pengukuran dan Analisis Performansi

4.2.1 Delay



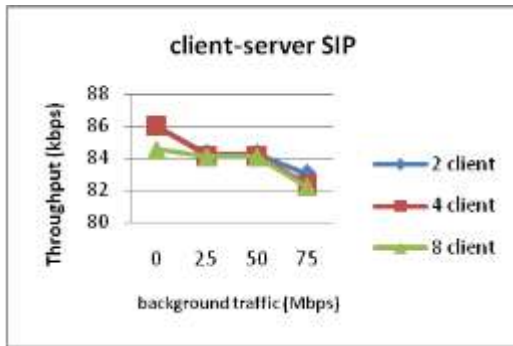
Grafik 9: Grafik Hasil Pengukuran *One-way Delay* *Client-server* SIP



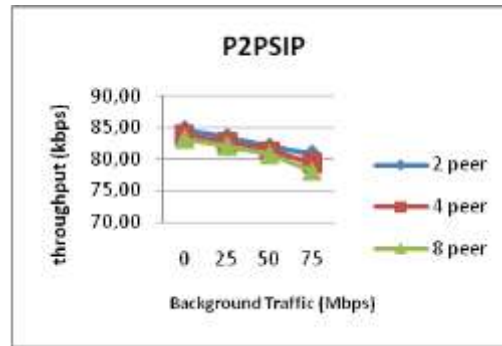
Grafik 10: Grafik Hasil Pengukuran *One-way Delay* P2PSIP-Kademlia

Dari hasil kedua grafik diatas maka dapat disimpulkan bahwa *one-way delay* yang terbaik terjadi pada jaringan P2PSIP yang menggunakan algoritma *kademlia*. Ini terlihat dengan besaran nilai yang terjadi setelah dihitung dengan menjumlahkan *coder processing delay*, *packetization delay*, *Serialization delay*, *de-jitter buffer* dan *network delay* [8] yaitu antara 61.2465 ms -- 61.2635 ms. Sedangkan untuk *one-way delay* untuk jaringan *client-server* SIP nilai yang dihasilkan yaitu 81.2405 ms -- 81.54422 ms. Ini disebabkan karena jaringan *client-server* SIP alur komunikasi yang terjadi harus melalui *server* VoIP SIP sehingga nilainya cukup besar. Analisa lain yang bisa disimpulkan yaitu walaupun terjadi perbedaan nilai diantara keduanya tetapi kedua jaringan tersebut masih dalam standar rekomendasi ITU-T yang merekomendasikan *delay(latency)* yang baik adalah kurang dari 150 ms.

4.2.2 Throughput



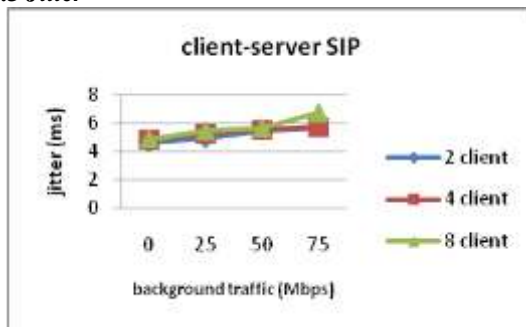
Gambar 11: Grafik Hasil Pengukuran *Throughput* (kbps) Client-Server SIP



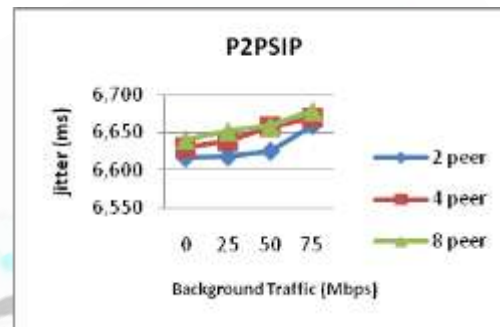
Gambar 12: Grafik Hasil Pengukuran *Throughput* (kbps) P2PSIP-Kademia

Dalam percobaan kali ini nilai *Throughput* dipengaruhi oleh *packet loss* yang terjadi. Semakin besar *packet loss* maka *Throughput* akan semakin menurun. Merujuk pada rumus untuk mendapatkan nilai *Throughput* sangat bergantung pada paket *voice* yang diterima. Besar kecil *Throughput* juga dipengaruhi oleh *Background traffic* yang diberikan pada kedua skenario tersebut.

4.2.3 Jitter



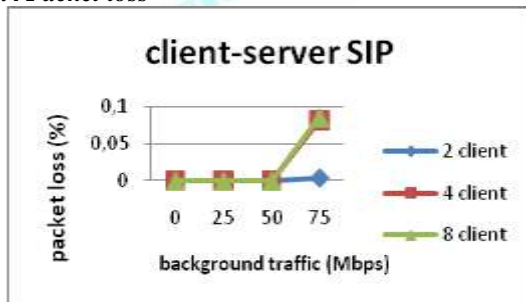
Gambar 13: Grafik Hasil Pengukuran *Jitter* (ms) Client-Server SIP



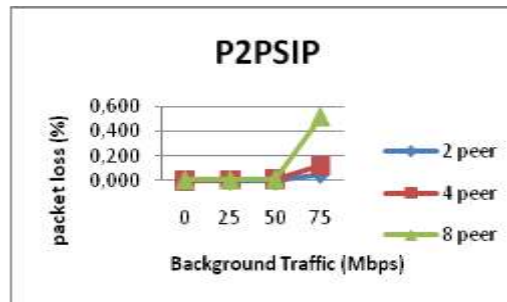
Gambar 14: Grafik Hasil Pengukuran *Jitter* (ms) P2PSIP-Kademia

Berdasarkan pada rekomendasi ITU-T, bahwa *jitter* yang masih dapat ditoleransi adalah kurang dari 30 ms [2]. Pada jaringan *client-server* SIP yang ditunjukkan grafik gambar 13 terlihat bahwa rata-rata *jitter* yaitu 4.652632 ms sampai 6.729442 ms, masih termasuk dalam rekomendasi ITU-T sehingga *jitter* pada jaringan *client-server* SIP masih dapat diterima. Untuk jaringan P2PSIP mirip dengan jaringan *client-server* SIP, nilai *jitter* yang terjadi berkisar antara 6.600 ms-6.660 ms. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa nilai *jitter* ini pada pengukuran jaringan ini masih dalam rekomendasi ITU-T.

4.2.4 Packet loss



Gambar 15: Grafik Hasil Pengukuran *Packet loss*(%) Client-Server SIP

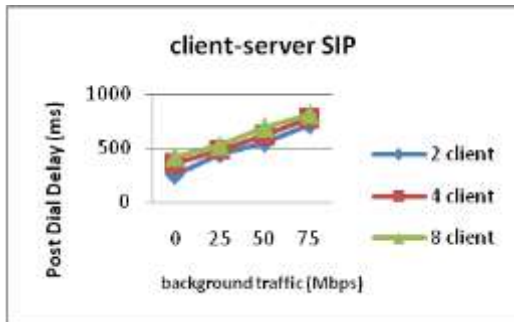


Gambar 16: Grafik Hasil Pengukuran *Packet loss*(%) P2PSIP-Kademia

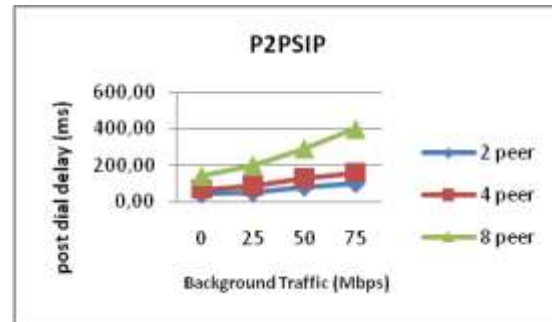
Merujuk pada rekomendasi yang dikeluarkan ITU-T, bahwa *packet loss* yang masih ditoleransi adalah 10%, karena jika melebihi 10% berarti akan banyak *packet* yang hilang dan hal ini menyebabkan kualitas suara menjadi jelek. *Packet loss* terjadi karena adanya kongesti pada jaringan, dimana lalu lintas paket pada jaringan yang dilewati paket besar. Ini terlihat pada penambahan *background traffic* mengakibatkan

terjadinya penambahan *packet loss*. *Background traffic* yang digunakan berupa paket-paket UDP (*User Datagram Protocol*) yang notabene sama dengan protokol yang digunakan untuk komunikasi *voice*. Semakin besar *background traffic*, menyebabkan kongesti antara *packet background traffic* dan paket *voice* semakin besar. *Packet loss* juga dipengaruhi oleh rute jaringan yang dilewati oleh paket. Semakin kompleks rute yang dilewati paket, maka kemungkinan paket tersebut hilang atau gagal sampai tujuan juga akan meningkat.

4.2.5 PDD



Gambar 17: Grafik Hasil Pengukuran PDD (ms) Client-Server SIP

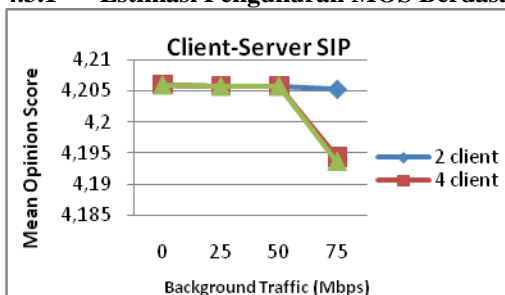


Gambar 18: Grafik Hasil Pengukuran PDD (ms) P2PSIP-Kademlia

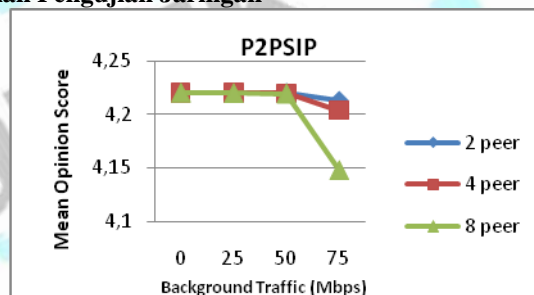
Dalam percobaan pengukuran PDD kali ini, perbandingan kedua jaringan *Client-Server SIP* dan *Peer to Peer SIP* yang menggunakan algoritma DHT Kademlia dan besar *background traffic* berpengaruh yang pada lama *call setup* nya.

4.3 Pengukuran dan Analisa MOS (Mean Opinion Score)

4.3.1 Estimasi Pengukuran MOS Berdasarkan Pengujian Jaringan

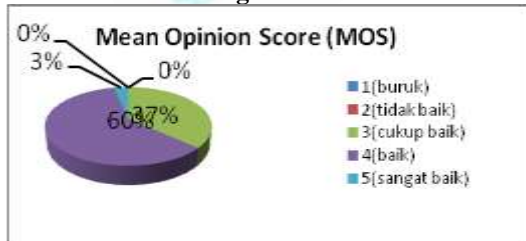


Gambar 19: Grafik Hasil Pengukuran MOS Client-Server SIP

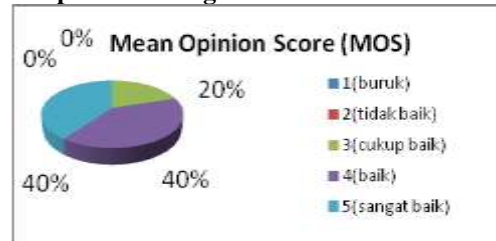


Gambar 20: Grafik Hasil Pengukuran MOS P2PSIP

4.3.2 Estimasi Pengukuran MOS Berdasarkan Pendapat Seseorang



Gambar 21: Pie Chart Hasil Pengukuran MOS Client-Server SIP menurut Responden



Gambar 22: Pie Chart Hasil Pengukuran MOS P2PSIP menurut Responden

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Hasil pengukuran nilai rata-rata parameter QoS (*Quality of Service*) pada semua pengujian di masing-masing jaringan:

a. Client-Server SIP
Delay: 81.43727 ms, *Throughput*: 83.97689 kbps, *Jitter*: 5.398094 ms *Packet loss*: 0.01425%,
PDD: 554.654 ms dan MOS: 4.2038475 (Objektif) & 3.67 (Subjektif).

b. P2PSIP
Delay: 61.2620067 ms, *Throughput*: 81.830303 kbps *Jitter*: 6.64554545 ms, *Packet loss*:
0.06107433%, PDD: 146.3675 ms, dan MOS: 4.212382 (Objektif) & 4.2 (Subjektif).

Dengan demikian kedua jaringan ini layak diimplementasikan karena masih dalam standar ITU-T.

- Perbandingan kualitas nilai rata-rata QoS (*Quality of Service*) untuk *delay*, PDD, dan MOS yang paling baik adalah jaringan *Peer-To-Peer SIP* yang menggunakan Algoritma DHT Kademia. Sedangkan untuk kualitas nilai rata-rata QoS untuk *throughput*, *jitter* dan *packet loss* yang paling baik di antara kedua jaringan tersebut adalah jaringan *Client-Server SIP*.

5.2. Saran

- Penelitian selanjutnya diharapkan dapat diimplementasikan dengan jumlah *client* atau *peer* yang lebih banyak, serta lingkup jaringan yang lebih luas misalnya skala jaringan MAN, WAN atau Internet. Implementasi jaringan bisa diterapkan pada IPv6.
- Untuk Jaringan *Client-Server SIP* bisa menggunakan server lain misalnya Elastix, Briker.
- Penelitian berikutnya diharapkan dapat dilakukan analisis dari segi *security*, kehandalan terhadap sistem *Peer-To-Peer SIP*. Dan mengembangkan layanan data selain *voice*.
- Penggunaan algoritma DHT dengan menggunakan Algoritma DHT Chord, Parsty, CAN atau lainnya dalam implementasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hun J. Kang, Eric Chan-Tin, Nicholas J. Hopper, Yongdae Kim. *WHY KAD LOOKUP FAILS*. University of Minnesota - Twin Cities.
- ITU-T Recommendation Y.1541 (2002), *Network performance objectives for IP-based services*.
- Kunzmann, Gerald. *Recursive or iterative routing? Hybrid!*. Institute of Communication Networks at the Technische Universität München (TUM), Germany.
- L. Garcés-Erice¹, E.W. Biersack¹, P.A. Felber¹, K.W. Ross², and G. Urvoy-Keller². *Hierarchical Peer-to-peer Systems*. ¹Institut EURECOM 06904 Sophia Antipolis, France ²Polytechnic University Brooklyn, NY 11201, USA.
- Laboratorium Jaringan Access. *Modul Praktikum 2009 Bengkel Jaringan dan Multimedia-VoIP SIP*. Bandung.2009.
- Maly, Jan Robin. *Comparison of Centralized (Client-Server) and Decentralized (Peer-to-Peer) Networking*. ETH Zurich. Switzerland. 2003.
- Nuh, Mohammad. "Standar Kualitas Pelayanan Jasa Teleponi Dasar Pada Jaringan Tetap Sambungan Internasional". Depkominfo. 2007.
- Putut, Dwidly. *Analisa Implementasi Video Conference antara Dua Server Asterisk dengan Trunking Peering, IT Telkom*. Bandung. 2008.
- Ramdhani, M. Iqbal. *Implementasi Pengiriman Fax Melalui Jaringan IP Menggunakan Asterisk Softswitch, IT Telkom*. Bandung. 2008.
- S. Baset and H. Schulzrinne. 2007. *Peer-to-Peer Protocol (P2PP): draft-baset-p2psip-p2pp-00*. Columbia University.
- Singh, Kundan and Henning Schulzrinne. *SIPPEER: A SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP)-BASED PEER-TO-PEER INTERNET TELEPHONY CLIENT ADAPTOR*. Department of Computer Science, Columbia University.
- SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 3261, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- Steinmetz, Ralf and KlausWehrle (Eds.). *Peer-to-Peer Systems and Applications*. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 2005
- Tarkoma, Sasu. *Overlay Network Toward Information Networking*. Taylor and Francis Group, LLC. USA. 2010
- X. Shen et al. (eds.), *Handbook of Peer-to-Peer Networking* DOI 10.1007/978-0-387-09751-0 1, © Springer Science+Business Media, LLC 2010.