

OPTIMASI PEMILIHAN LAYANAN *STREAMING* MULTIMEDIA BERBASIS *UPnP* UNTUK KONDISI DINAMIS

Fariz Andri Bakhtiar¹, Waskitho Wibisono², Baskoro Adi Pratomo³

¹ Mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

² Dosen Program Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

³ Dosen Program Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia

Email: ¹fariz10@mhs.if.its.ac.id, ²waswib@if.its.ac.id, ³baskoro@if.its.ac.id

(Naskah masuk: 18 Februari 2016, diterima untuk diterbitkan: 17 Maret 2016)

Abstrak

Universal Plug and Play (UPnP) memungkinkan adanya jaringan tanpa konfigurasi dan administrasi manual. *UPnP* bekerja pada jaringan yang mendukung pesan *multicast*. Ia mengatur pengalamatan, penemuan, deskripsi, serta pemilihan perangkat dan layanan. Proses penemuan layanan dalam lingkungan dinamis harus mengurangi konfigurasi manual, memungkinkan penemuan otomatis dan pemilihan layanan yang optimal, serta menawarkan secara terkini layanan-layanan yang tersedia. Pada kondisi di mana beberapa *host* menyediakan layanan yang sama, bagaimana klien memilih layanan menjadi permasalahan tersendiri. Pemilihan layanan yang paling sesuai dapat dilakukan secara otomatis oleh klien *UPnP*. Pemilihan layanan dilaksanakan berdasarkan parameter yang mencerminkan kondisi jaringan saat itu, seperti *delay* dan *packet loss*. Pada aplikasi-aplikasi *streaming* multimedia berbasis *UPnP* yang ada, pemilihan layanan dilakukan tanpa penentuan prioritas sama sekali. Aplikasi klien mengambil begitu saja salah satu layanan *streaming* multimedia dari sejumlah perangkat penyedia layanan di jaringan, bahkan secara acak. Implementasi aplikasi *streaming* multimedia di lingkungan dinamis menyebabkan perlunya optimasi terhadap mekanisme pemilihan layanan yang sudah ada. Pada penelitian ini diusulkan metode dalam melakukan optimasi pada pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis *UPnP* untuk kondisi dinamis, yaitu kondisi di mana dapat terjadi perubahan pada *delay*, *packet loss*, dan ketersediaan layanan. Dari hasil percobaan, terbukti bahwa optimasi tersebut menurunkan *end-to-end delay* rata-rata antara klien dengan penyedia layanan *streaming* multimedia sebesar 35,343%, meski terdapat anomali pada beberapa skenario, yaitu naiknya *end-to-end delay* rata-rata, yang bisa jadi dipengaruhi oleh peningkatan beban kerja penyedia layanan.

Kata kunci: pemilihan layanan, *streaming*, *UPnP*

Abstract

Universal Plug and Play (UPnP) enables networking without manual configuration and administration. *UPnP* works at a network supporting multicast messages. It arranges addressing, discovery, description, and also device and service selection. The process of service discovery in dynamic environment should reduce manual configuration, enable automatic discovery and optimal service selection, and also offer up-to-date services available. In a condition where some hosts run same services, how clients select them becomes one interesting issue. The selection of the most appropriate service is to be done automatically by *UPnP* clients. Service selection will be held based on current condition of the network, such as delay and packet loss. On existing multimedia streaming applications, service selection is done without any prioritizing. Client applications just fetch a service from a number of service providers in the network, even randomly. Implementations of multimedia streaming applications in dynamic environment, where there might be changes on delay, packet loss, and the availability of services at service providers, causes the urgency of optimization in existing service selection mechanism. In this study, a method of optimizing the *UPnP*-based service selection of multimedia streaming for dynamic condition is proposed. Experiments prove that the optimization reduces average *end-to-end delay* between clients and multimedia streaming service providers at the rate of 35.343%. There were anomalies at some scenarios though. Some delay grew higher, which could be affected by the increase of service providers' load.

Keywords: service selection, *streaming*, *UPnP*

1. PENDAHULUAN

Teknologi *UPnP* mendefinisikan arsitektur untuk konektivitas jaringan *pervasive* secara *peer-to-*

peer antara perangkat-perangkat yang terhubung melalui kabel/nirkabel. *UPnP* menyediakan konektivitas kepada jaringan *ad-hoc* atau nol-konfigurasi, dan penemuan beragam jenis perangkat dari berbagai vendor secara otomatis. Perangkat

UPnP dapat secara dinamis bergabung di sebuah jaringan, memperoleh alamat IP, mengumumkan layanannya, serta mendapat informasi tentang adanya perangkat lain dan layanan yang ditawarkan (UPnP FORUM, 2015).

UPnP bekerja pada jaringan yang mendukung pesan *multicast*. Ia memungkinkan pengalamatan, penemuan, deskripsi, dan pemilihan perangkat dan layanan. UPnP dibangun di atas beberapa teknologi *open source* seperti *Simple Object Access Protocol* (SOAP), *HyperText Transfer Protocol* (HTTP), dan *eXtensible Markup Language* (XML), berdasarkan konsep perangkat sebagai wadah layanan. Setiap layanan memiliki deskripsi yang mencakup keadaan *default*, sejumlah *event* yang dapat dilanggan, dan deskripsi fungsi layanan dengan tindakan yang dapat dipanggil (GRIMMETT & O'NEILL, 2012).

Tahap pemilihan layanan dilakukan klien peminta layanan setelah terkumpulnya informasi tentang layanan yang diminta. Pemilihan layanan dapat dilakukan secara otomatis (VERVERIDIS & POLYZOS, 2008). Contoh pendekatan sederhananya ialah memilih layanan berdasarkan kondisi jaringan saat itu, seperti *delay* dan *packet loss*.

Kondisi dinamis yang berkaitan dengan *streaming* multimedia meliputi keadaan di mana parameter-parameter yang terlibat di dalamnya rentan mengalami perubahan. Termasuk di antara contoh-contohnya antara lain berubahnya nilai *end-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan *streaming*, persentase *packet loss* yang dapat terjadi di antara keduanya, serta ketersediaan layanan pada penyedia layanan.

Pada aplikasi-aplikasi *streaming* multimedia berbasis UPnP yang ada, pemilihan layanan dilakukan tanpa penentuan prioritas sama sekali. Aplikasi klien mengambil begitu saja salah satu layanan *streaming* multimedia dari sejumlah perangkat penyedia layanan di jaringan, bahkan secara acak (GUAN dkk., 2007). Implementasi aplikasi *streaming* multimedia di lingkungan dinamis menyebabkan perlunya optimasi terhadap mekanisme pemilihan layanan yang sudah ada. Dalam penelitian ini diusulkan metode dalam melakukan optimasi pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis UPnP untuk kondisi dinamis. Metode yang digunakan menerapkan penskoran berdasarkan parameter *end-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan *streaming* dan *packet loss* yang dapat terjadi di penyedia layanan *streaming*. Berbeda dengan mekanisme pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis UPnP secara bawaan, yang tidak mempertimbangkan parameter-parameter tersebut.

End-to-end delay merupakan waktu total yang dibutuhkan untuk mentransmisikan paket sepanjang jalur yang dilaluinya, sejak dari aplikasi tempat paket tersebut berasal, hingga sampai di tempat tujuannya. Jenis *delay* ini didapatkan dengan

mengakumulasikan setiap *nodal delay* pada setiap titik (*node*) *router* di jaringan. *Nodal delay* sendiri merupakan penjumlahan dari *processing delay*, *queueing delay*, *transmission delay*, dan *propagation delay* (KUROSE & ROSS, 2013). Pengukuran terhadap *delay* dapat dilakukan menggunakan utilitas *ping*, untuk mengetahui *round-trip time* (RTT) total. RTT merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan paket ke tujuan hingga ia kembali lagi ke pengirim semula (NSRC, 2016).

Antrian di tiap *node* mempunyai batasan maksimum sesuai kapasitas memorinya. Paket yang datang di sebuah *router* bisa jadi menjumpai kondisi antrian yang penuh. Karena tidak ada tempat penyimpanan tersedia, *router* akan membuang (*drop*) paket tersebut. Kejadian ini disebut *buffer overflow*, yaitu meluapnya *buffer* (bagian dari memori kom-puter untuk penyimpanan data yang dikirimkan/ diterima ke/dari perangkat eksternal) di *router*. Dibuangnya paket oleh *router* menyebabkan hilangnya paket (*packet loss*). Seiring dengan meningkatnya intensitas trafik di jaringan, potensi *packet loss* juga turut bertambah. Maka, selain menggunakan parameter *delay*, performa pada sebuah *node* sering diukur dengan probabilitas *packet loss* (KUROSE & ROSS, 2013).

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperkecil *end-to-end delay* antara klien peminta layanan dengan penyedia layanan. Semakin rendah besaran *delay*, semakin baik performa layanan *streaming* multimedia.

2. UPnP

Cara kerja UPnP seperti dikemukakan oleh (HKCERT, 2013) meliputi beberapa proses, yaitu Pengalamatan (*Addressing*), Penemuan (*Discovery*), Deskripsi (*Description*), Kendali (*Control*), Notifikasi *event* (*Event notification*), dan Presentasi (*Presentation*).

2.1 Pengalamatan (*Addressing*)

Ketika perangkat berkemampuan UPnP dihubungkan dengan jaringan, perangkat tersebut akan berupaya mendapatkan alamat *Internet Protocol* (IP) melalui protokol *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP).

2.2 Penemuan (*Discovery*)

Penemuan layanan UPnP di jaringan dikendalikan oleh protokol *Simple Service Discovery Protocol* (SSDP). Ketika ada perangkat terpasang di sebuah jaringan dan telah mendapatkan alamat dengan baik, ia akan mengumumkan layanan-layanan yang dimilikinya kepada *UPnP Control Point* yang ada di jaringan tersebut. Perangkat tersebut mengirimkan pesan penemuan (*discovery message*) kepada alamat *multicast* di nomor *port* 1900, melalui protokol *User Datagram Protocol*

(UDP). Kemudian, *UPnP Control Point* dapat melakukan penemuan terhadap layanan-layanan yang disediakan oleh perangkat-perangkat yang ada di dalam jaringan tersebut.

2.3 Deskripsi (*Description*)

Begitu perangkat-perangkat yang menyediakan layanan telah ditemukan, *UPnP Control Point* akan mendapatkan deskripsi tentang perangkat-perangkat tersebut dan informasi detail tentang layanan-layanan dari alamat yang disediakan oleh perangkat-perangkat dalam pesan penemuan. Tahap deskripsi bisa jadi mengandung beberapa informasi antara lain nama produk perangkat, nama model perangkat, nomor seri perangkat, identitas (ID) vendor, dan layanan-layanan yang tertanam.

2.4 Kendali (*Control*)

Setelah sebuah *UPnP Control Point* mendapatkan deskripsi dan informasi detail tentang layanan dari sebuah perangkat, maka perangkat tersebut akan dapat dikendalikan oleh *UPnP Control Point* melalui pesan-pesan kontrol yang dituliskan dalam *eXtensible Markup Language* (XML) menggunakan *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Permintaan terhadap layanan tertentu dapat dilakukan dengan mengirimkan pesan SOAP kepada *UPnP Control Point* menggunakan parameter-parameter yang benar, sehingga permintaan tersebut akan diproses dan menghasilkan keluaran dalam bentuk pesan SOAP juga.

2.5 Notifikasi event (*Event notification*)

"Variabel-variabel keadaan (*state*)" digunakan untuk menyimpan beberapa bentuk keadaan dalam perangkat-perangkat dan program-program UPnP. Sebuah program dapat berlangganan kepada perubahan keadaan. Jika ada pembaharuan pada layanan yang disediakan saat sebuah variabel keadaan berubah, maka pesan *event* dengan keadaan yang baru akan dikirimkan kepada semua program/perangkat yang telah berlangganan pada *event* tersebut.

2.6 Presentasi (*Presentation*)

Tahap presentasi merujuk pada antarmuka yang dapat dikendalikan oleh manusia. Contohnya antarmuka web pada sebuah *router* yang memungkinkan pengguna melakukan konfigurasi dan mengendalikan perangkat-perangkat yang ada.

3. PEMILIHAN LAYANAN

Proses identifikasi layanan, yang dikenal sebagai penemuan layanan (*service discovery*), merupakan bagian penting dari *Service Oriented Architecture* (SOA). Arsitektur penemuan layanan yang dijalankan pada lingkungan dinamis harus dapat mengurangi konfigurasi manual,

memungkinkan penemuan yang terjadi secara otomatis dan pemilihan layanan yang relevan, serta menawarkan gambaran lengkap dan terkini dari layanan-layanan yang tersedia pada titik waktu tertentu (JOHNSEN dkk., 2008).

Tahap pemilihan layanan dilakukan klien peminta layanan setelah terkumpulnya informasi tentang layanan yang diminta. Pemilihan layanan dapat dilakukan secara otomatis (VERVERIDIS & POLYZOS, 2008). Contoh pendekatan sederhananya ialah memilih layanan berdasarkan kondisi jaringan saat itu, seperti *delay* dan *packet loss*.

4. MEKANISME PEMILIHAN LAYANAN

Mekanisme pemilihan layanan yang dirancang dalam penelitian ini diimplementasikan dalam *Bash scripting*, sebagai pendamping Grilo Plugins pada Totem Movie Player versi 3.0.1 yang dijalankan pada sistem operasi Linux Ubuntu 12.04 LTS. Mekanisme tersebut berjalan pada *application layer* di sisi klien UPnP. Pada tiap perangkat yang berkomunikasi diterapkan protokol UPnP agar dapat saling terhubung satu sama lain. Dalam protokol UPnP terdapat mekanisme pemilihan layanan. Untuk keperluan optimasi, mekanisme pemilihan layanan tersebut perlu disesuaikan dengan kriteria-kriteria pemilihan layanan *streaming* multimedia.

Setelah mendapatkan informasi berupa layanan yang tersedia beserta lokasi penyedia layanannya, klien melakukan mekanisme pemilihan layanan, didasarkan pada kriteria-kriteria berikut:

- *End-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan.
- *Packet loss* pada link antara klien dengan penyedia layanan.

Keputusan pemilihan layanan oleh klien didasarkan pada penskoran dengan metode yang didefinisikan pada Rumus (1) berikut (DATA, 2014):

$$P_{IP} = (b_1 \times (1 - D_{IP})) + (b_2 \times (1 - L_{IP})) \quad (1)$$

P_{IP} adalah nilai prioritas pemilihan layanan untuk setiap alamat *IP* yang menyediakan layanan *streaming* multimedia. Semakin besar nilai P_{IP} , makin tinggi tingkat prioritasnya. b_1 dan b_2 masing-masing mewakili nilai bobot *delay* dan bobot *packet loss*, dengan $(0 \leq b_1 \leq 1)$ dan $(0 \leq b_2 \leq 1)$, di mana $(b_1 + b_2 = 1)$. Besar nilai bobot ditentukan oleh pengguna. D_{IP} —dalam satuan *millisecond* (ms)—adalah nilai *end-to-end delay* antara klien dengan perangkat penyedia layanan yang beralamatkan *IP*, sedangkan L_{IP} (dalam satuan persen) adalah *packet loss* pada *link* antara klien dan perangkat penyedia layanan yang beralamatkan *IP*.

Implementasi mekanisme optimasi pemilihan layanan *streaming* multimedia pada penelitian ini dilaksanakan menggunakan Algoritma 1.

Algoritma 1: MEKANISME PEMILIHAN LAYANAN

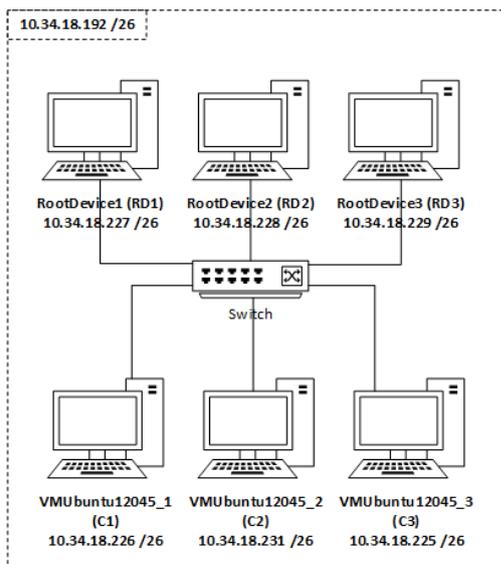
```

1: Input:  $b_1$ : bobot delay,  $b_2$ : bobot packet loss.
2: Output:  $P_{max}$ : prioritas tertinggi pemilihan layanan
   di antara alamat-alamat IP yang tersedia.
3: begin
4:   while true do
5:     Jalankan protokol penemuan layanan
6:     Ambil alamat-alamat IP perangkat-perangkat
   penyedia layanan yang ditemukan
7:     for IP (sejumlah perangkat penyedia
   layanan) do
8:        $D_{IP} := \text{end-to-end delay}$  antara klien
   dengan perangkat penyedia layanan yang
   beralamatkan IP
9:        $L_{IP} := \text{packet loss}$  pada link antara klien
   dan perangkat penyedia layanan yang
   beralamatkan IP
10:       $P_{IP} := (b_1 \times (1 - D_{IP}))$ 
                 $+ (b_2 \times (1 - L_{IP}))$ 
11:       $P_{max} := \max(P_{IP})$ 
12:      Sleep(10s)
13: end

```

5. HASIL DAN ANALISIS

Implementasi dan pengujian dilakukan menggunakan enam *host*. Tiga *host* di antaranya berperan sebagai *UPnP Root Device (UPnP Media Server)*, yaitu *host* RootDevice1 (RD1), RootDevice2 (RD2), dan RootDevice3 (RD3). Sedangkan tiga *host* lainnya berperan sebagai *UPnP Client (UPnP Media Renderer)*, yaitu *host* VMUbuntu12045_1 (C1), VMUbuntu12045_2 (C2), dan VMUbuntu12045_3 (C3). Keenam *host* tersebut berada dalam satu *subnet* yang sama, dengan topologi jaringan *testbed* dan konfigurasi alamat *Internet Protocol (IP)* masing-masing *host* seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Topologi jaringan *testbed* dan konfigurasi alamat IP tiap *host* dalam implementasi & pengujian

5.1 Pengaruh Delay

Kebutuhan *Quality of Service (QoS)* untuk *streaming* audio/video antara lain toleransi *delay* hingga sebesar 150 ms (SZIGETI & HATTINGH, 2004). Pengujian pengaruh *delay* dilakukan dengan mensimulasikan *delay* menggunakan *Netem* pada beberapa *host* penyedia layanan *streaming* multimedia, dan membiarkan satu *host* penyedia layanan tanpa *delay*. Penambahan *delay* disimulasikan sebesar 50 ms dan 150 ms dengan toleransi ± 10 ms.

Tabel 1. Skenario Pengaruh *Delay*

Skenario No.	Delay Tambahan (ms)		
	RD1	RD2	RD3
1	0	0	0
2	0	0	50
3	0	0	150
4	0	50	50
5	0	50	150
6	0	150	150

Tabel 1 menunjukkan skenario-skenario pengujian pengaruh *delay*. Pada tiap skenario diatur penambahan *delay* secara sengaja pada masing-masing *host* RD1, RD2, dan RD3 dengan kombinasi nilai *delay* yang berbeda-beda, untuk melihat pengaruh *delay* terhadap mekanisme pemilihan layanan. Detail masing-masing skenario pengujian pada Tabel 1 yaitu sebagai berikut:

1. Pada RD1, RD2, dan RD3 tidak diberikan *delay* tambahan.
2. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *delay* tambahan sebesar 50 ms.
3. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *delay* tambahan sebesar 150 ms.
4. Pada RD1 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *delay* tambahan masing-masing sebesar 50 ms.
5. Pada RD1 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *delay* tambahan masing-masing sebesar 50 ms dan 150 ms.
6. Pada RD1 tidak diberikan *delay* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *delay* tambahan masing-masing sebesar 150 ms.

Pada tiap skenario diukur *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan, baik sebelum maupun sesudah dilakukan optimasi pada mekanisme pemilihan layanan.

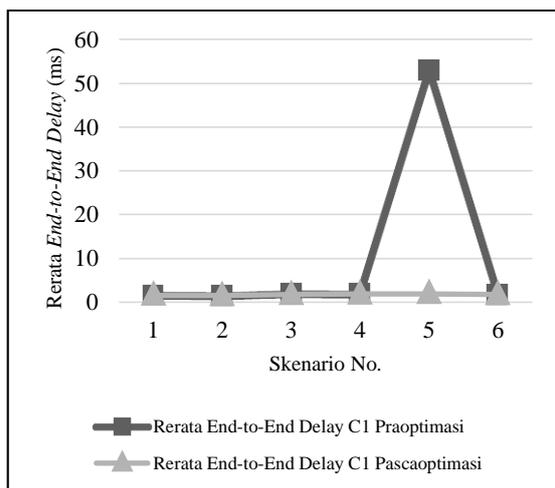
Hasilnya, setelah dilakukan optimasi, klien selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah. Hal tersebut berbeda dengan keadaan praoptimasi, dalam mana klien tidak selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah, bahkan pada beberapa skenario klien

memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* tertinggi.

Perbandingan rata-rata *end-to-end delay* antara klien (C1, C2, dan C3) dengan penyedia layanan untuk pengujian pengaruh *delay*, pada penerapan mekanisme pemilihan layanan sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi, dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Dalam bentuk grafik, data perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Tabel 2. Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

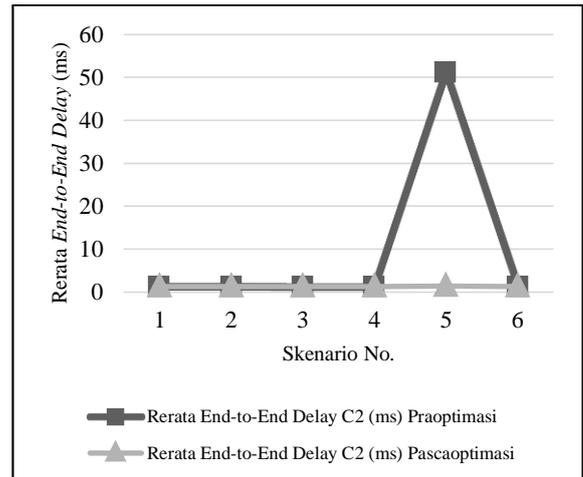
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C1 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,603	1,500
2	1,487	1,448
3	1,911	1,725
4	1,839	1,848
5	53,053	1,919
6	1,648	1,684
Rata-rata	10,257	1,687



Gambar 2. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Tabel 3. Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

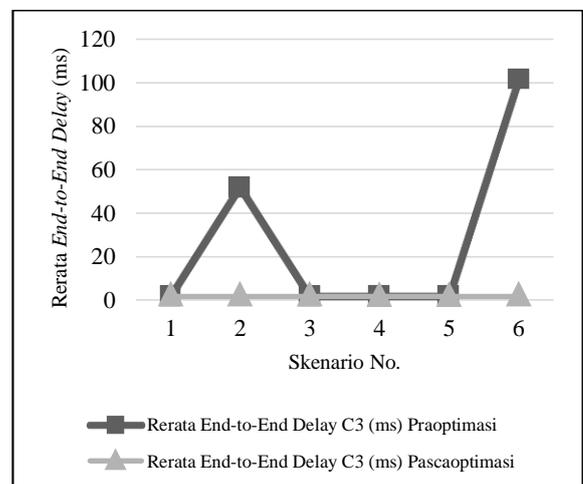
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C2 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,276	1,249
2	1,271	1,204
3	1,207	1,229
4	1,256	1,200
5	51,258	1,329
6	1,277	1,254
Rata-rata	9,591	1,244



Gambar 3. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Tabel 4. Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C3 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,891	1,748
2	51,766	1,729
3	1,724	1,710
4	1,726	1,620
5	1,693	1,649
6	101,623	1,754
Rata-rata	26,737	1,702



Gambar 4. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Delay*

Pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 ditunjukkan bahwa optimasi pemilihan layanan mampu menekan *end-to-end delay* rata-rata antara setiap klien dengan penyedia layanan yang terpilih. Pada beberapa skenario (C1 skenario 5, C2 skenario 5, C3 skenario 2, dan C3 skenario 6), selisih *end-to-end delay* sebelum dan sesudah optimasi cukup signifikan,

dengan persentase penurunan masing-masing sebesar 96,383%, 97,407%, 96,660%, dan 98,274%.

Adapun persentase penurunan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh *delay* untuk C1, C2, dan C3 antara sebelum dan sesudah optimasi pemilihan layanan masing-masing sebesar 83,549%, 87,028%, dan 93,636%. Dari ketiga nilai persentase tersebut, didapatkan rata-rata penurunan *end-to-end delay* pada pengujian pengaruh *delay* sebesar 88,071%.

5.2 Pengaruh Packet Loss

Kebutuhan QoS untuk *streaming* audio/video antara lain persentase *packet loss* yang tak lebih dari 1% (SZIGETI & HATTINGH, 2004). Dalam pengujian pengaruh *packet loss*, dibangkitkan *packet loss* menggunakan *Netem* pada beberapa *host* penyedia layanan, salah satu *host* penyedia layanan dibiarkan tanpa *packet loss*. Penambahan *packet loss* disimulasikan sebesar 0,5% dan 1%.

Tabel 5. Skenario Pengaruh Packet Loss

Skenario No.	Packet Loss Tambahan (%)		
	RD1	RD2	RD3
1	0	0	0
2	0	0	0,5
3	0	0	1
4	0	0,5	0,5
5	0	0,5	1
6	0	1	1

Tabel 5 menunjukkan skenario-skenario pengujian pengaruh *packet loss*. Pada tiap skenario diatur penambahan *packet loss* secara sengaja pada masing-masing *host* RD1, RD2, dan RD3 dengan kombinasi nilai *packet loss* yang berbeda-beda, untuk melihat pengaruh *packet loss* terhadap mekanisme pemilihan layanan. Detail masing-masing skenario pengujian pada Tabel 5 yaitu sebagai berikut:

1. Pada RD1, RD2, dan RD3 tidak diberikan *packet loss* tambahan.
2. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *packet loss* tambahan sebesar 0,5%.
3. Pada RD1 dan RD2 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD3 diberikan *packet loss* tambahan sebesar 1%.
4. Pada RD1 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *packet loss* tambahan masing-masing sebesar 0,5%.
5. Pada RD1 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *packet loss* tambahan masing-masing sebesar 0,5% dan 1%.
6. Pada RD1 tidak diberikan *packet loss* tambahan, sedangkan pada RD2 dan RD3 diberikan *packet loss* tambahan masing-masing sebesar 1%.

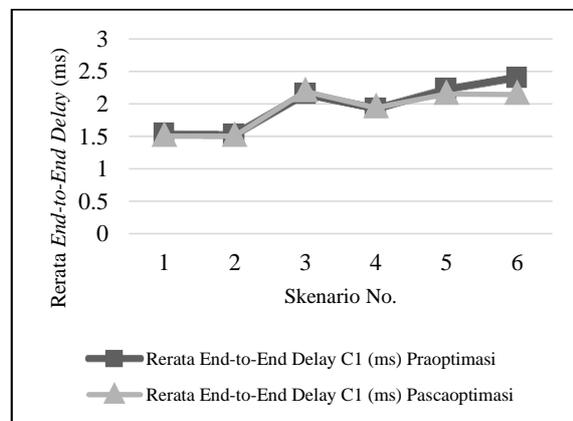
Pada tiap skenario diukur *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan, baik sebelum maupun sesudah dilakukan optimasi pada mekanisme pemilihan layanan.

Hasilnya, setelah optimasi, klien selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah, seperti pada pengujian pengaruh *delay*. Hal tersebut berbeda dengan keadaan praoptimasi.

Perbandingan rata-rata *end-to-end delay* antara klien (C1, C2, dan C3) dengan penyedia layanan untuk pengujian pengaruh *packet loss*, pada penerapan mekanisme pemilihan layanan sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi, dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8. Dalam bentuk grafik, data perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Tabel 6. Rerata End-to-End Delay antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Packet Loss

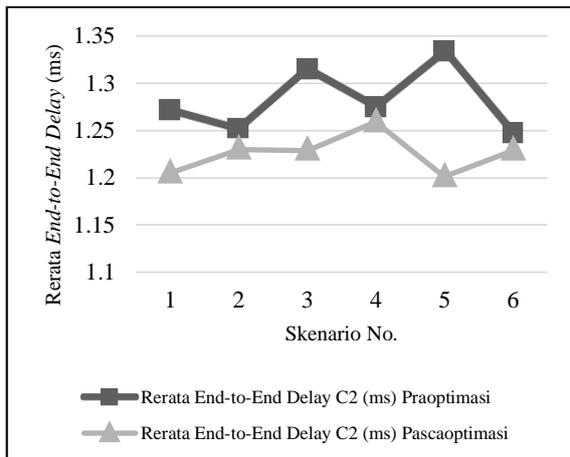
Skenario No.	Rerata End-to-End Delay C1 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,543	1,502
2	1,537	1,503
3	2,152	2,192
4	1,933	1,939
5	2,226	2,149
6	2,406	2,147
Rata-rata	1,966	1,905



Gambar 5. Grafik Rerata End-to-End Delay antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Packet Loss

Tabel 7. Rerata End-to-End Delay antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Packet Loss

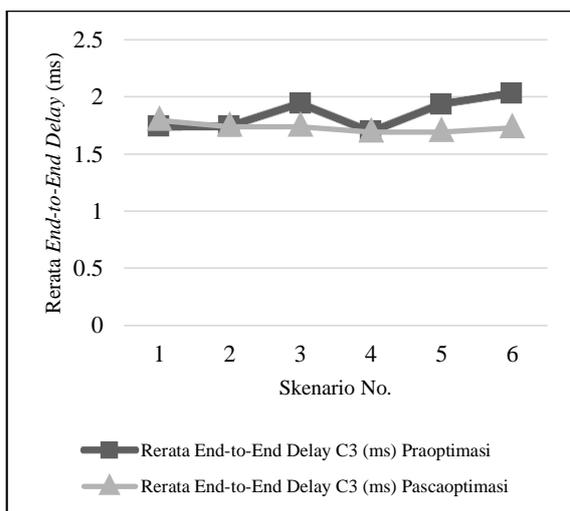
Skenario No.	Rerata End-to-End Delay C2 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,272	1,205
2	1,252	1,23
3	1,315	1,229
4	1,275	1,259
5	1,334	1,201
6	1,247	1,229
Rata-rata	1,283	1,226



Gambar 6. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Packet Loss*

Tabel 8. Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Packet Loss*

Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C3 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,743	1,794
2	1,745	1,739
3	1,942	1,739
4	1,699	1,692
5	1,937	1,694
6	2,032	1,729
Rata-rata	1,850	1,731



Gambar 7. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh *Packet Loss*

Pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8 ditunjukkan bahwa optimasi pemilihan layanan mampu menekan *end-to-end delay* rata-rata antara setiap klien dengan penyedia layanan yang terpilih, meskipun dengan

selisih yang kurang signifikan dibanding perbandingan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh *delay*.

Persentase penurunan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh *packet loss* untuk C1, C2, dan C3 antara sebelum dan sesudah optimasi pemilihan layanan masing-masing sebesar 3,094%, 4,444%, dan 6,407%. Dari ketiga nilai persentase tersebut, didapatkan rata-rata penurunan *end-to-end delay* pada pengujian pengaruh *packet loss* sebesar 4,648%.

5.3 Pengaruh Ketersediaan Layanan

Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi yang dinamis ialah ketersediaan layanan. Beberapa hal yang dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan layanan bagi *client* yaitu:

- Penyedia layanan mengalihkan sumber daya untuk pekerjaan selain penyediaan layanan.
- Perangkat penyedia layanan keluar dari jaringan.
- Putusnya *link* antara klien dan penyedia layanan.

Berkurangnya ketersediaan layanan dapat disimulasikan menggunakan dua cara, yaitu:

- menghentikan layanan pada penyedia layanan, atau
- memutus penyedia layanan dari jaringan.

Tabel 9. Skenario Pengaruh Ketersediaan Layanan

Skenario No.	Status Layanan		
	RD1	RD2	RD3
1	Aktif	Tidak aktif	Aktif
2	Aktif	Aktif	Aktif
3	Aktif	Aktif	Tidak aktif
4	Aktif	Tidak aktif	Tidak aktif

Tabel 9 menunjukkan skenario-skenario pengujian pengaruh ketersediaan layanan. Pada tiap skenario diatur status layanan (aktif/tidak aktif) secara sengaja pada masing-masing *host* RD1, RD2, dan RD3 dengan kombinasi keadaan yang berbeda-beda, untuk melihat pengaruh ketersediaan layanan terhadap mekanisme pemilihan layanan. Detail masing-masing skenario pengujian pada Tabel 9 yaitu sebagai berikut:

1. Pada RD1 dan RD3, status layanan disetel aktif, sedangkan pada RD2 status layanan disetel tidak aktif.
2. Pada RD1, RD2, dan RD3 status layanan disetel aktif.
3. Pada RD1 dan RD2, status layanan disetel aktif, sedangkan pada RD3 status layanan disetel tidak aktif.
4. Pada RD1 status layanan disetel aktif, sedangkan pada RD2 dan RD3 status layanan disetel tidak aktif.

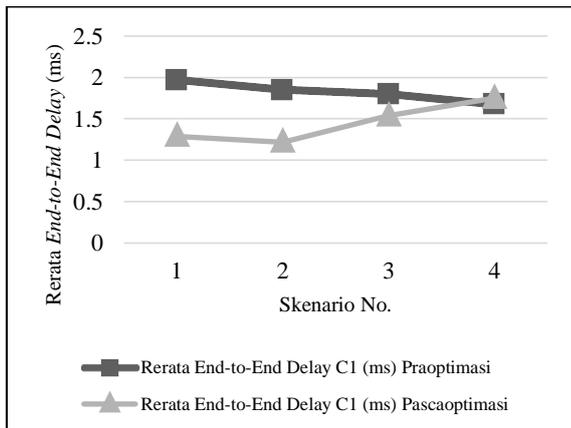
Pada tiap skenario diukur *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan, baik sebelum maupun sesudah dilakukan optimasi pada mekanisme pemilihan layanan.

Hasilnya, setelah optimasi, klien selalu memilih layanan yang disediakan oleh penyedia layanan dengan *end-to-end delay* terendah, seperti pada pengujian pengaruh *delay* maupun pengujian pengaruh *packet loss*. Hal tersebut berbeda dengan sebelum dilakukan optimasi.

Perbandingan rata-rata *end-to-end delay* antara klien (C1, C2, dan C3) dengan penyedia layanan untuk pengujian pengaruh ketersediaan layanan, pada penerapan mekanisme pemilihan layanan sebelum dioptimasi dan sesudah dioptimasi, dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12. Dalam bentuk grafik, data perbandingan tersebut ditunjukkan pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

Tabel 10. Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

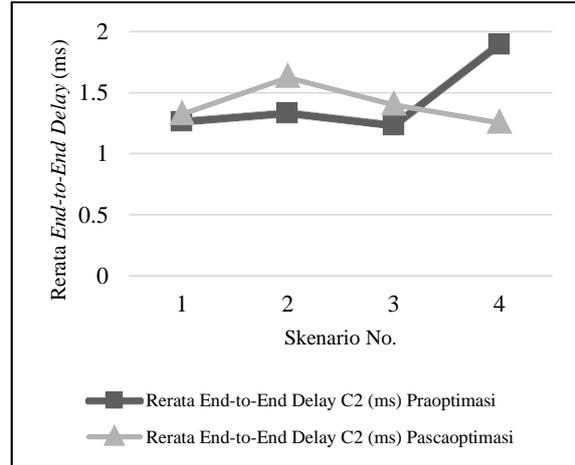
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C1 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,968	1,289
2	1,847	1,219
3	1,796	1,535
4	1,675	1,749
Rata-rata	1,822	1,448



Gambar 8. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C1 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Tabel 11. Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

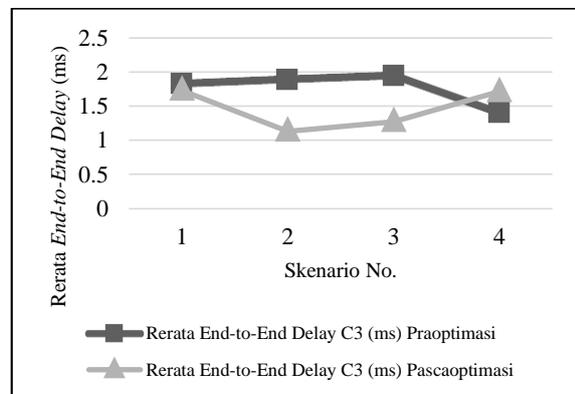
Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C2 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,264	1,321
2	1,331	1,623
3	1,233	1,399
4	1,893	1,251
Rata-rata	1,430	1,399



Gambar 9. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C2 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Tabel 12. Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Skenario No.	Rerata <i>End-to-End Delay</i> C3 (ms)	
	Praoptimasi	Pascaoptimasi
1	1,829	1,731
2	1,888	1,133
3	1,948	1,271
4	1,398	1,713
Rata-rata	1,766	1,462



Gambar 10. Grafik Rerata *End-to-End Delay* antara C3 dan Penyedia Layanan, pada Pengujian Pengaruh Ketersediaan Layanan

Pada Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12 ditunjukkan pengaruh optimasi terhadap *end-to-end delay* rata-rata antara masing-masing klien dengan penyedia layanan yang terpilih. Khusus pada kasus C2 terjadi anomali. Pada Skenario 1, Skenario 2, dan Skenario 3, *end-to-end delay* rata-rata sesudah optimasi justru lebih tinggi daripada sebelum optimasi. Persentase peningkatan *end-to-end delay* tersebut masing-masing sebesar 4,509%, 21,938%, dan 13,463%. Peningkatan tersebut bisa jadi dipengaruhi faktor lain, misalnya peningkatan beban kerja penyedia layanan yang terhubung dengan C2 pada saat pelaksanaan skenario-skenario pengujian.

Meski pada beberapa skenario terjadi anomali, namun *end-to-end delay* rata-rata secara umum untuk keseluruhan skenario yang dijalankan tetap mengalami penurunan.

Persentase penurunan *end-to-end delay* rata-rata pada pengujian pengaruh ketersediaan layanan untuk C1, C2, dan C3 antara sebelum dan sesudah optimasi pemilihan layanan masing-masing sebesar 20,505%, 2,220%, dan 17,202%. Dari ketiga nilai persentase tersebut, didapatkan rata-rata penurunan *end-to-end delay* pada pengujian pengaruh ketersediaan layanan sebesar 13,309%.

6. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, dan analisis yang telah dilaksanakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Kesimpulan yang pertama yaitu bahwa optimasi pemilihan layanan *streaming* multimedia berbasis UPnP untuk kondisi dinamis dengan menggunakan metode dalam penelitian ini dapat menghasilkan penurunan besaran *end-to-end delay* rata-rata antara klien dengan penyedia layanan sebesar 35,343%.

Kesimpulan kedua, secara rata-rata, optimasi pemilihan layanan dalam penelitian ini menghasilkan penurunan *end-to-end delay* antara klien dengan penyedia layanan. Namun, anomali terjadi pada skenario tertentu, yaitu naiknya *end-to-end delay* rata-rata antara klien dengan penyedia layanan sesudah optimasi pemilihan layanan. Anomali tersebut bisa jadi dipengaruhi faktor lain, misalnya peningkatan beban kerja penyedia layanan yang terhubung dengan klien pada saat pengujian pengaruh ketersediaan layanan.

7. REFERENSI

- DATA, M. 2014. Pemilihan Backup Node untuk Reduksi Feedback Implosion pada Reliable Multicast Protocol dengan Estimasi Bandwidth Availability dan Packet Loss. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- GRIMMETT, J. & O'NEILL, E. 2012. UPnP: Breaking out of the LAN. *Wireless Communications and Networking Conference Workshops on Internet of Things Enabling Technologies, Embracing Machine-to-Machine Communications and Beyond*, 170-174.
- GUAN, S., DONG, X., WU, W., MEI, Y., LIAO, S. 2007. Trust Management and Service Selection in Pervasive Computing Environments. *International Conference on Computational Intelligence and Security Workshops*, 620-623.
- HKCERT. 2013. *Potential threats of Universal Plug and Play (UPnP) service exposure to the Internet*. [Online].

https://www.hkcert.org/my_url/en/blog/13022801. [Diakses: 18-Jun-2016].

- JOHNSEN, F.T., FLATHAGEN, J., GAGNES, T., HAAKSETH, R., HAFSØE, T., HALVORSEN, J., NORDBOTTEN, N.A., & SKJEGSTAD, M. 2008. Web Services and Service Discovery. *Norwegian Defence Research Establishment (FFI)*. Forsvarets forskningsinstitutt.
- KUROSE, J.F. & ROSS, K.W.. 2013. *Computer Networking: A Top-Down Approach (6th edition)*. Pearson Education, Inc.
- NSRC (NETWORK STARTUP RESOURCE CENTER). *Network Monitoring and Management: Network Delay*. [Online]. <https://nsrc.org/workshops/2016/rwnog-nmm/presentations/types-of-delay.pdf>. [Diakses: 03-Jun-2016].
- SZIGETI, T.; HATTINGH, C. 2004. *Quality of Service Design Overview*. Cisco Press. [Online] <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=357102> [Diakses: 5-Jun-2016]
- UPnP FORUM. 2015. *UPnP Device Architecture 2.0*. Open Interconnect Consortium, Inc.
- VERVERIDIS, C.N. & POLYZOS, G.C. 2008. Service Discovery for Mobile Ad Hoc Networks: A Survey of Issues and Techniques. *IEEE Communications Surveys*, 10(3), 30-45.