

# Manajemen Alokasi Bandwidth Layanan Internet Menggunakan Fractional Knapsack Problem

## *Bandwidth Allocation Management of Internet Services Using Fractional Knapsack Problem*

Ahmad Rizaqu Muttaqi, Sri Wahjuni<sup>\*)</sup>, Shelvie Nidya Neyman

Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Meranti Wing 20 Level V, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia 16680

---

**Cara sitasi:** A. R. Muttaqi, S. Wahjuni, and S. N. Neyman, "Manajemen Alokasi Bandwidth Layanan Internet Menggunakan Fractional Knapsack Problem," Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, vol. 7 no. 2, 2019. doi: 10.14710/jtsiskom.7.2.2019.71-76, [Online].

---

**Abstract** – *The technical problems faced in e-government implemented by the Ministry of Religion of Indonesia since 2015 are minimal bandwidth requirements to provide information services and behavior of users who access entertainment sites. When peak hours occur, the congested network often occurs which becomes a significant bottleneck. This study aims to implement bandwidth management using the fractional knapsack problem method by limiting access to entertainment services. The QoS parameters used in this management are throughput, delay, and jitter. The method was tested using a paired t-test using throughput, jitter, and delay test parameters by comparing test parameters before and after bandwidth management applied. The significance value produced is between 75-85%. The method used can control the amount of traffic for each service, but on the other, hand the delay and jitter are still high. It is necessary to add additional free space to each service that can be used when needed to reduce the delay and jitter.*

**Keywords** – *bandwidth allocation; fractional knapsack problem; e-government services management*

**Abstrak** - *Kendala teknis lapangan yang dihadapi dalam layanan e-government oleh Kementerian Agama RI sejak tahun 2015, di antaranya adalah kebutuhan bandwidth minimal untuk menjalankan sistem informasi dan perilaku pengguna yang mengakses situs-situs yang bersifat hiburan. Saat terjadi jam-jam sibuk (peak hour) sering terjadi kepadatan jaringan yang menjadi bottleneck secara signifikan. Penelitian ini bertujuan mengkaji manajemen bandwidth menggunakan metode fractional knapsack problem dengan membatasi akses layanan yang bersifat hiburan. Parameter QoS yang digunakan dalam manajemen ini adalah throughput, delay, dan jitter. Metode tersebut diuji menggunakan uji t berpasangan*

*menggunakan parameter uji throughput, jitter, dan delay dengan membandingkan parameter uji sebelum dan sesudah dilakukan manajemen bandwidth. Nilai signifikansi yang dihasilkan adalah antara 75-85%. Metode yang digunakan dapat mengendalikan jumlah trafik pada setiap layanan, namun di sisi lain nilai delay dan jitter masih tinggi. Untuk itu, perlu dilakukan penambahan free space alokasi pada setiap layanan yang dapat digunakan pada saat diperlukan agar dapat menurunkan nilai delay dan jitter.*

**Kata Kunci** – *alokasi bandwidth; fractional knapsack knapsack problem; manajemen layanan e-government*

### I. PENDAHULUAN

Pertengahan tahun 2015, Kementerian Agama RI meluncurkan beberapa layanan e-government di antaranya layanan *Education Management Information System (EMIS)*, *Sistem Pengelolaan Data Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Kementerian Agama (SIMPATIKA)*, *Sistem Informasi Pagu Anggaran (SIPA)*, *Sistem Komputerisasi Haji Terpadu (SISKOHAT)*, dan *Sistem Informasi Bimbingan Masyarakat Islam (SIMBI)*. Dengan adanya pengembangan layanan *e-government* tersebut, perancangan manajemen jaringan komputer yang memadai diperlukan untuk mencapai kinerja maksimal.

Ada beberapa kendala yang dihadapi secara teknis pada jaringan komputer, di antaranya adalah kebutuhan minimal *bandwidth* untuk menjalankan sistem informasi, tidak tersedianya dokumentasi topologi jaringan yang terinstalasi, dan perilaku pengguna jaringan yang tidak mendukung kinerja, seperti mengakses situs-situs yang bersifat hiburan, misalnya jejaring sosial, layanan *video streaming*, *game online*, hingga layanan berbagi file (*peer to peer*). Saat terjadi jam-jam sibuk atau *peak hour* sering terjadi kepadatan jaringan atau *bottleneck*. Terlebih saat menjelang ibadah haji, akan terjadi lonjakan trafik jaringan secara signifikan. Untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan internet dan intranet yang berhubungan dengan tugas-tugas kedinasan dan keperluan kantor di

---

<sup>\*)</sup>Penulis korespondensi (Sri Wahjuni)  
Email: my\_juni04@yahoo.com

lingkungan Kementerian Agama, maka perlu dilakukan pengaturan dan limitasi penggunaan bandwidth terutama untuk akses ke jejaring media sosial yang membutuhkan *bandwidth* besar, seperti Youtube, Facebook, Twitter, *streaming video/music*, *game online* dan penggunaan aplikasi *downloader* [1].

Pelaksanaan manajemen *bandwidth* yang dilakukan administrator berdasarkan kondisi yang berjalan di lapangan saat ini hanya berdasarkan pengalaman atau perkiraan subjektif tanpa mempertimbangkan *Quality of Service* (QoS) sehingga menghasilkan manajemen *bandwidth* bersifat kualitatif. QoS dibutuhkan untuk menyediakan layanan yang lebih baik dengan meminimalkan *packet loss*, *delay*, *latency* dan *delay variation (jitter)* [2]. Implementasi QoS pada jaringan untuk melakukan pengendalian trafik jaringan dengan melakukan manajemen *bandwidth* telah dilakukan dalam [3]-[5].

Manajemen *bandwidth* dilakukan untuk mengatasi terjadinya *bottleneck* pada jaringan, yaitu dengan cara mengklasifikasikan paket sebagai parameter prioritas menggunakan metode *antrian (queue)* dan *penjadwalan (schedule)* berdasarkan *buffer* pada paket dengan pendekatan matematis untuk mendapatkan ketersediaan *bandwidth* [3]. Metode lain yang digunakan dalam manajemen *bandwidth* adalah *fractional knapsack problem* untuk menyelesaikan permasalahan kebutuhan kecepatan data dan keterbatasan *bandwidth* [4], [5]. Proses penjadwalan sebagai solusi optimum dilakukan untuk membatasi *overload* pada jaringan. Nilai bobot pada *fractional knapsack problem* didasarkan pada rasio jumlah panjang antrian.

Berbeda dengan [3]-[5] yang belum memiliki pembagian atau pengalokasian *bandwidth* secara spesifik untuk setiap layanan yang diidentifikasi dan hanya berorientasi pada panjang antrian paket data, penelitian ini menerapkan manajemen *bandwidth* berbasis akses layanan *e-government* dengan pembatasan akses layanan yang bersifat hiburan. Layanan diidentifikasi berdasarkan prioritas dan proporsi *bandwidth* yang diperlukan. Pengalokasian *bandwidth* untuk tiap layanan dilakukan dengan menggunakan *fractional knapsack problem* dan diterapkan di lingkungan Kantor Kementerian Agama.

## II. METODE PENELITIAN

Manajemen *bandwidth* dalam penelitian ini menggunakan metode *knapsack problem* untuk memberikan solusi persoalan optimasi dalam pemilihan objek, yaitu layanan, yang dapat dimasukkan ke dalam sebuah kapasitas yang memiliki keterbatasan daya tampung, yaitu jumlah *bandwidth*. Objek yang dimasukkan memiliki bobot dan nilai keuntungan berbeda untuk menentukan prioritas dalam pemilihan objek sehingga diharapkan dapat menghasilkan keuntungan maksimum [6]. Pengalokasian *bandwidth* berdasarkan [1] dan layanan diklasifikasikan dalam kategori layanan seperti Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi layanan

Kategori	Layanan
<i>e-government</i>	EMIS Pendis
Kementerian Agama	SIMPATIKA Direktorat GTK SIMBI BIMAS Islam SIMAS BIMAS Islam SIWAK BIMAS Islam SIMPENAI Bimas Islam iwaris Kanwil Kemenag Jabar LPSE Kemenag SetJen E-MPA Kemenag Email Kementerian Agama Sistem Informasi Layanan Gangguan dan Permohonan (SIGAP) SetJen Dirjen PHU SIMPEG Kemenag Biro Kepegawaian Setjen
Pendukung <i>e-government</i>	Google Service
Media Sosial	Facebook Twitter Instagram Game
Lainnya	Tidak terklasifikasi

**Tabel 2.** Penentuan tingkat prioritas

Layanan	Tingkat prioritas	Nilai, $v_{ji}$	Proporsi <i>bandwidth</i> setiap prioritas, $x_i$
<i>e-government</i> Kementerian Agama	Tinggi	3	0.6
Pendukung <i>e-government</i>	Sedang	2	0.3
Media sosial	Rendah	1	0.1
Lainnya (tidak terklasifikasikan)	Rendah	1	0.1

Penentuan tingkat prioritas layanan dilakukan berdasarkan tingkat kebutuhan setiap layanan. Tingkat prioritas diinisialisasikan menjadi 3, yaitu tingkatan tinggi, sedang, dan rendah. Hasil penentuan tingkatan prioritas, *value*, dan proporsi *bandwidth* ditunjukkan di Tabel 2. Penentuan tingkat prioritas tinggi dialokasikan untuk layanan *e-government* karena layanan internet diprioritaskan untuk mengakses layanan yang ada di Kementerian Agama. Prioritas sedang dialokasikan untuk layanan pendukung *e-government* seperti layanan *email* dan *cloud storage*. Prioritas rendah dialokasikan untuk layanan media sosial yang bersifat hiburan dan tidak mendukung kinerja.

Setelah didapatkan klasifikasi dan tingkat prioritas layanan, dilakukan penyesuaian nilai *bandwidth*. Penentuan nilai alokasi *bandwidth* berdasarkan tingkat prioritas (tinggi, sedang, dan rendah) menggunakan

**Tabel 3.** Parameter nilai *fractional knapsack problem*

Prioritas	Proporsi bandwidth, $x_i$	Alokasi bandwidth kbps, $w_i$
Tinggi	0.6	3000
Sedang	0.3	1500
Rendah	0.1	500

Persamaan 1, seperti pada [7]. Parameter  $w_i$  menunjukkan alokasi bandwidth prioritas ke- $i$ ,  $x_i$  prioritas bandwidth prioritas ke- $i$  dengan  $0 \leq x_i \leq 1$ , dan  $W$  jumlah bandwidth (5000 kbps).

$$w_i = x_i \times W \quad (1)$$

Parameter nilai *fractional knapsack problem* ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai tersebut digunakan untuk penyesuaian alokasi bandwidth tiap layanan yang dapat dihitung berdasarkan nilai konsumsi bandwidth ( $c_{ji}$ ), value ( $v_{ji}$ ) diperoleh dari tingkat prioritas pada Tabel 2, dan proporsi bandwidth tiap layanan ( $r_{ji}$ ). Nilai proporsi bandwidth tiap layanan dinyatakan dalam Persamaan 2. Parameter  $r_{ji}$  menyatakan proporsi bandwidth layanan ke- $j$  pada prioritas ke- $i$ ,  $c_{ji}$  konsumsi bandwidth layanan ke- $j$  pada prioritas ke- $i$ , dan  $c_i$  konsumsi bandwidth pada prioritas ke- $i$ .

$$r_{ji} = \frac{c_{ji}}{c_i} \quad (2)$$

Nilai konsumsi bandwidth pada tiap tingkatan prioritas pada Persamaan 2 diperoleh dengan mengakumulasikan nilai konsumsi bandwidth setiap layanan pada tingkatan prioritas masing-masing seperti pada Tabel 3. Hasil Persamaan 2 dilakukan penghitungan alokasi bandwidth tiap layanan seperti dinyatakan dalam Persamaan 3. Parameter  $w_{ji}$  menunjukkan alokasi bandwidth layanan ke- $j$  pada prioritas ke- $i$ ,  $r_{ji}$  proporsi bandwidth layanan ke- $j$  pada prioritas ke- $i$ , dan  $w_i$  alokasi bandwidth prioritas ke- $i$ .

$$w_{ji} = r_{ji} \times w_i \quad (3)$$

Hasil pembagian bandwidth diimplementasikan ke dalam pengaturan router Mikrotik menggunakan fitur *firewall filter* dan *firewall mangle*. *Firewall filter* untuk melakukan blok terhadap *website* berdasarkan alamat IP, *port* dan alamat *url*. *Firewall mangle* digunakan untuk menandai atau *marking* sebuah paket data. Implementasi *firewall filter* dan *mangle* menggunakan perintah *Command Line Interface (CLI)* [8].

Untuk menguji tingkat efektivitas dari manajemen bandwidth sebagai dasar evaluasi metode *fractional knapsack problem*, maka dilakukan uji beda menggunakan uji  $t$  berpasangan dengan parameter uji yaitu *bandwidth*, *jitter*, dan *delay* [3] dan dioperasikan menggunakan [9]. Pengujian pertama membandingkan sebelum dan sesudah klasifikasi layanan berdasarkan

alokasi yang diberikan. Pengujian kedua mengukur parameter uji setelah manajemen bandwidth diterapkan.

Kriteria pendekatan manajemen bandwidth dikatakan efektif jika memenuhi  $H_1$ ,  $H_1 = \mu_x - \mu_y \neq \Delta_0$ , dengan nilai  $P$ -value pada area perpotongan antara  $t$  dan  $-t$ , dengan nilai  $t$ -hitung  $>$   $t$ -table dan tingkat signifikansi  $\geq 70\%$  atau batas *error* ( $\alpha$ )  $30\%$ . Penentuan taraf signifikansi  $70\%$  didasarkan pada konsumsi bandwidth sebesar  $30\%$  dari jumlah bandwidth keseluruhan. Jika  $H_1$  ditolak, maka pengujian selanjutnya dilakukan perubahan proporsi bandwidth tiap prioritas, didasarkan pada nilai bandwidth pengukuran saat ini. Jika pada pengujian terakhir dinyatakan  $H_1$  ditolak, maka disimpulkan bahwa perlu ada pendekatan lain untuk manajemen bandwidth.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data trafik jaringan menggunakan Wireshark pada jam kerja pada pukul 08:00 hingga 16:00 WIB. Pengambilan data tersebut diambil di router utama Mikrotik Router RB750 jaringan LAN (*Local Area Network*) Kantor Kementerian Agama Kota Bogor. Teknik pengambilan data trafik menggunakan perangkat pada WinBox *Packet Sniffing* dengan memfilter udp port 37008 pada Wireshark karena port tersebut digunakan Winbox untuk *me-capture* trafik jaringan [10]. Data yang tersimpan dalam bentuk file berekstensi *\*.pcap*.

Klasifikasi layanan dilakukan berdasarkan Tabel 1 dan dilakukan penghitungan statistik untuk mendapatkan nilai jumlah *request*, *delay*, *jitter* dan paket data. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4 untuk hasil pengujian 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan internet sebesar  $60\%$  dari bandwidth keseluruhan (10000 kbps), dengan rincian layanan *e-goverment* (EMIS dan SIMBI)  $8\%$ , pendukung layanan *e-goverment* (*google service*)  $3\%$ , hiburan (*Youtube* dan *Instagram*)  $49\%$ , dan tidak terklasifikasikan (*etc*)  $0\%$ . Penggunaan internet pada studi kasus ini lebih banyak digunakan untuk mengakses layanan yang bersifat hiburan.

Hasil dari klasifikasi layanan pada pengujian 1 (Tabel 4) digunakan untuk penyesuaian bandwidth menggunakan *fractional knapsack problem*. Dasar penghitungan menggunakan Persamaan 2 dan 3 dengan nilai proporsi tiap prioritas pada Tabel 2 dan konsumsi bandwidth setiap layanan ( $w_i$ ) pada kolom terakhir Tabel 3. Nilai hasil klasifikasi layanan ditunjukkan dalam Tabel 5. Hasil penghitungan *fractional knapsack problem* tersebut berimplikasi bahwa alokasi bandwidth dapat dioptimalkan dari *resource bandwidth* yang ada. Jumlah bandwidth yang dialokasikan pada penghitungan tersebut adalah 5000.001 kbps.

Implementasi pembagian / alokasi bandwidth dilaksanakan pada bulan April hingga Juni 2018 di hari kerja mulai jam 08:00 sampai 16:00 WIB pada router utama di jaringan Kantor Kementerian Agama Kota Bogor. Alokasi menggunakan konfigurasi *firewall filter* dan *mangle* pada perintah CLI. Proses implementasi

**Tabel 4.** Hasil klasifikasi layanan pengujian 1

Layanan	Total request (%)	Rataan delay (s)	Rataan jitter (s)	Rataan throughput (kbps)	Paket data, $w_{ji}$ (kb)
EMIS Pendis	3	1.132	0.581	449.906	587.5
SIMBI BIMAS Islam	1	0.703	0.351	165.448	312.099
Google service	3	1.088	0.545	304.765	315.263
Youtube	92	0.402	0.201	4885.611	21903.133
Instagram	0	19.122	9.563	2.286	27.383
Etc (Tidak terklasifikasikan)	0	11.471	6.181	1.288	16.047

**Tabel 5.** Hasil klasifikasi layanan menggunakan *fractional knapsack problem* di pengujian 1

$j$	Layanan ke- $j$	Paket data (Kb)	Value, $v_{ji}$	Proporsi bandwidth tiap layanan, $r_{ji}$	Alokasi bandwidth, $w_{ji}$ (kbps)
1	EMIS Pendis	587.5	3	0.633	1899.846
2	SIMBI BIMAS Islam	312.099	3	0.367	1100.154
3	Google service	315.263	2	1.000	1500.000
4	Youtube	21903.133	1	0.998	499.011
5	Instagram	27.383	1	0.001	0.624
6	Etc (Tidak terklasifikasikan)	16.047	1	0.001	0.366
Jumlah					5000.001

**Tabel 6.** Pengujian efektifitas *bandwidth* pengujian 2

Layanan	Total request (%)		Delay (s)		Jitter (s)		Throughput (kbps)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
EMIS Pendis	3	0	1.132	7.223	0.581	3.788	449.906	500.445
SIMBI BIMAS Islam	1	0	0.703	1.383	0.351	0.692	0.704	1129.622
Google Service	3	88	1.088	3.303	0.545	2.000	304.765	827.045
Twitter	0	0	0	3.003	0	1.611	0	2716.958
Instagram	0	0	19.123	47.132	9.563	23.574	2.286	5.212
Youtube	92	11	0.402	0.495	0.202	0.333	4885.611	641.932
Game	0	0	0	41.931	0	20.976	0	1.233
Etc (Tidak terklasifikasikan)	0	0	11.472	3.265	6.182	2.140	1.288	622.171

dilakukan pengujian menggunakan *t*-hitung berpasangan dengan parameter uji nilai *throughput*, *jitter*, dan *delay*. Hasil penghitungan alokasi *bandwidth* pada pengujian 1 diimplementasikan untuk penyesuaian *bandwidth* pada pengujian 2. Hasil perbandingan klasifikasi layanan tersebut ditampilkan pada Tabel 6. Kolom A menyatakan hasil sebelum dilakukan penyesuaian *bandwidth*, sedangkan kolom B menyatakan hasil setelah dilakukan penyesuaian *bandwidth* menggunakan *fractional knapsack problem*.

Untuk melihat tingkat signifikansi dari penyesuaian *bandwidth* dengan nilai perubahan prosentase total request, dilakukan uji statistik seperti ditunjukkan dalam Tabel 7. Nilai *t*-hitung *throughput* adalah sebesar 0.193 dan nilai derajat bebas ( $v$ ) sebesar 6. Distribusi *t* 2-tail mendapatkan taraf signifikansi antara 50% sampai 75%. Nilai *t*-hitung *jitter* adalah sebesar -1.020 dan nilai derajat bebas ( $v$ ) sebesar 9. Distribusi *t* 2-tail mendapatkan taraf signifikansi antara 80% sampai 85%. Nilai *t*-hitung *delay* adalah sebesar -0.994 dan nilai derajat bebas ( $v$ ) sebesar 9. Distribusi *t* 2-tail mendapatkan taraf signifikansi antara 80% sampai 85%. Ketiga parameter tersebut memiliki taraf signifikansi lebih dari 70 % sehingga dapat dinyatakan bahwa

**Tabel 7.** Hasil pengujian keseluruhan

Komponen	Pengujian 1 (%)	Pengujian 2 (%)
Throughput	50 – 75	50 – 75
Jitter	50 – 75	80 – 85
Delay	75 – 80	80 – 85

metode yang digunakan dapat secara efektif digunakan untuk pembagian *bandwidth*. Namun, masih terdapat taraf signifikansi antara 50% dan 70% pada *throughput*. Hal ini disebabkan karena kapasitas dari *bandwidth* bersifat tetap sesuai dengan *service level agreement* (SLA) sehingga *transfer rate* atau transfer paket data rata-rata tidak melebihi nilai tersebut.

Kinerja manajemen *bandwidth* untuk setiap parameter uji *throughput*, *jitter*, dan *delay* ditunjukkan dalam Gambar 1-3. Nilai *throughput* mengalami perubahan yang besar (Gambar 1). *Throughput* pada pengujian ke-1 mengalami peningkatan karena pada hasil pengujian pada topologi 1 belum teridentifikasi layanan Youtube yang menunjukkan bahwa penggunaan jaringan internet pada Kantor Kementerian Agama Kota Bogor lebih banyak digunakan untuk layanan yang

bersifat hiburan. Setelah dilakukan penghitungan ulang, nilai penyesuaian *bandwidth* terlihat pada pengujian ke-2 di topologi 2 dan dapat menurunkan nilai *throughput* pada layanan berprioritas rendah, seperti Youtube dan *game*, serta dapat meningkatkan nilai *throughput* pada layanan berprioritas tinggi, yaitu layanan *e-government* (EMIS Pendis dan SIMBI BIMAS Islam). Manajemen *bandwidth* ini juga memberikan pertambahan yang signifikan ke nilai *jitter* (Gambar 2) dan *delay* (Gambar 3) terhadap layanan bersifat hiburan.

Manajemen alokasi *bandwidth* menggunakan *fractional knapsack problem* berhasil mengendalikan jumlah *throughput*, namun di sisi lain nilai *delay* dan *jitter* masih tinggi. Jika dibandingkan [5], pembagian *bandwidth* menggunakan model knapsack 0-1 dapat berjalan dengan baik, efektif, dan lebih stabil dalam pengendalian nilai *delay* karena prioritaskan untuk satu layanan saja dibandingkan dengan hasil penelitian ini yang multilayanan. Berbeda dengan [3] dan [4], penggunaan *fractional knapsack problem* untuk melayani lebih dari 1 layanan menghasilkan penurunan nilai *delay* dan *jitter*, jika nilai *throughput* dinaikkan, ketiga parameter tersebut saling berkaitan dalam proses transfer data. Ketiga parameter tersebut dapat berpengaruh terhadap manajemen *bandwidth* untuk meningkatkan kualitas QoS. Penambahan *free space* alokasi *bandwidth* masih perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai optimum menggunakan model penghitungan statistik atau metode optimasi yang lain berdasarkan kondisi trafik jaringan sebelum penerapan manajemen ini.

#### IV. KESIMPULAN

Metode *fractional knapsack problem* dapat secara efektif diterapkan dalam pembagian *bandwidth* setiap layanan berdasarkan tingkat prioritas layanan dengan nilai signifikansi tinggi, yaitu sebesar 75-85%, untuk parameter uji *throughput*, *jitter*, dan *delay*. Pada pembagian *bandwidth* perlu diberikan nilai proporsi pada setiap prioritas dan layanan secara dinamis dengan menambahkan *free space* alokasi *bandwidth* untuk menurunkan nilai *delay* dan *jitter*.

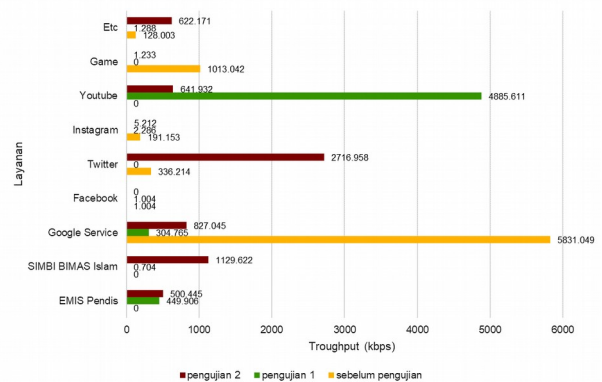
#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kantor Kementerian Agama Kota Bogor dan Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama Republik Indonesia yang telah membantu dan memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

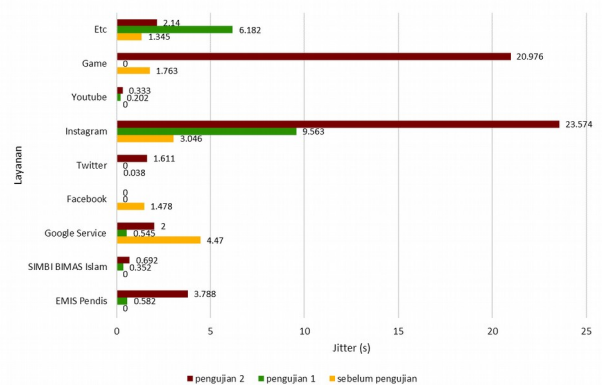
#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Sekretaris Jenderal Kementerian Agama, "Surat Edaran Nomor SJ/B.VIII/2/HM.00/1558/2017 tentang Kebijakan Penggunaan Jaringan Internet dan Internet di Lingkungan Kementerian Agama," *Kementerian Agama Republik Indonesia*, 2017.

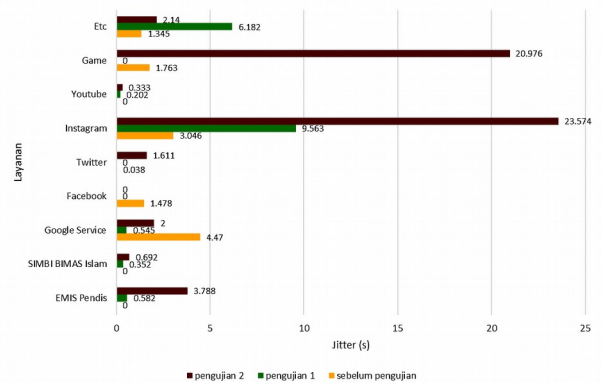
[2] M. A. Shargabi, A. Shaikh, and A. S. Ismail, "Enhancing the Quality of Service for Real Time Traffic over Optical Burst Switching (OBS)



Gambar 1. Nilai *throughput* pada setiap pengujian



Gambar 2. Nilai *jitter* pada setiap pengujian



Gambar 3. Nilai *delay* pada setiap pengujian

Networks with Ensuring the Fairness for Other Traffics," *PloS One*, vol. 11, no. 9, pp. 1-29, 2016.

[3] V. K. Singh, "Qos-based Techniques: Investigation and Optimization," *International Journal of Engineering Science (IJEST)*, vol. 6, no. 5, pp. 5242-5246, 2016.

[4] N. Ferdosian, M. Othman, K. Y. Lun, and B. M. Ali, "Optimal Solution to the Fractional Knapsack Problem for LTE Overload-State Scheduling," in *2016 IEEE 3rd International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT)*, Kuala Lumpur, Malaysia, Nov. 2016. 2016, pp. 97-102.

[5] X. W. Zhang and H. H. Dong, "A Bandwidth Allocation Strategy for Train-to-Ground

- Communication System of Urban Mass Transit,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 742, pp. 669-673, 2015.
- [6] S. Martello and P. Toth, “Algorithms for Knapsack Problem,” *North-Holland Mathematics Studies*, vol 132, pp. 213-257, 1987.
- [7] B. Korte and J. Vygen, *Combinatorial Optimization*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2018
- [8] S. Supono, *Modul MTCNA (Mikrotik Certified Network Associate)*. Jakarta: Inixindo, 2011.
- [9] W. Navidi, *Statistics for Engineers & Scientists 4th Edition*. New York: McGraw-Hill, 2014.
- [10] P. Saxela and S. K. Sharma, “Analysis of Network Traffic by using Sniffing Tool: Wireshark,” *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations In Technology (IJARIIT)*, vol. 3, no. 6, pp. 804-808, 2017.