

ANALISIS KEBUTUHAN *BANDWIDTH* DENGAN MODEL *SHARING SYSTEM* PADA MIKROTIK *ROUTERBOARD* 450G DI JARINGAN *OFFICE* STTA

Mardiana Irawaty¹, Ferry Mulyawan², Yenni Astuti³

^{1,2}Prodi Teknik Informatika, ³Prodi Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
Jalan Janti, Blok-R Lanud Adisucipto, Yogyakarta
²ferrymulyawan11@gmail.com

ABSTRACT

The limitations between the amount of bandwidth and users can make the internet slow. Observing the flow of data on the internet network is one way to identify the bandwidth requirements which used on the STTA office network. This thesis analyzes the data traffic with sharing system model. The observed data is in the category of elastic flow rate, i.e: TCP (Transmission Control Protocol). The traffic data is converted to a measured data graph and then analyzed by traffic load, throughput, and flow of loss parameters. The highest observation value of traffic load is 0.37, Throughput of 9.3 Mbps (93%), and the flow of loss of 23%. From the results of the research, it can be concluded that in general internet network at STTA office is in good category.

Keywords : *Bandwidth, Sharing System, Traffic Load, Throughput, Flow of loss.*

1. Pendahuluan

Dalam sebuah jaringan komputer, *bandwidth* adalah sumber daya yang terbatas. Oleh karena itu, penggunaannya haruslah dikelola dengan baik agar dapat menjamin kualitas layanan (QoS) dalam jaringan internet [1]. Permasalahan yang sering dihadapi adalah akses internet yang lambat, hal ini dikarenakan adanya kesenjangan antara jumlah *bandwidth* dengan jumlah penggunaannya.

Jaringan Internet STTA juga semakin berkembang dalam hal jumlah dan kepadatan. Peningkatan ini akan lebih baik bila diiringi dengan *monitoring bandwidth*, khususnya yang berkaitan dengan bidang *teletraffic*. Tujuannya tentu saja untuk mendapatkan gambaran yang berupa pemodelan, mengenai kondisi jaringan Internet, khususnya aliran data.

Lebih lanjut, gambaran/pemodelan tersebut dapat dijadikan bahan pengambilan kebijakan yang berkaitan dengan Teknologi dan Informasi di *office* STTA. Berdasarkan pada latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas, maka penulis mengambil judul penelitian “Analisis Kebutuhan *Bandwidth* dengan Model *Sharing system* pada Mikrotik *Routerboard* 450G di Jaringan *Office* STTA”.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kampus Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Yogyakarta. Lamanya waktu pelaksanaan penelitian adalah satu bulan, meliputi pengumpulan data, pemodelan sistem, analisis sistem, serta pembuatan laporan penelitian.

Tahapan penelitian yang dilaksanakan, sebagai berikut:

1. Studi Literatur.

Pada tahap ini, dilakukan pembelajaran dari referensi–referensi yang berkaitan dengan topik penelitian, seperti buku, jurnal, serta sumber–sumber lain. Buku dan jurnal dapat berupa *online* maupun cetak.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data aliran Internet yang ada di Office STTA Yogyakarta. Pengumpulan data dilakukan pada jam kerja, yakni ketika jaringan banyak digunakan, baik untuk kepentingan mahasiswa, karyawan, maupun dosen STTA.

3. Analisis

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh. Analisis meliputi pemodelan, serta perhitungan kuantitatif untuk mendapatkan kesimpulan berupa kelaikan kualitas layanan pada jaringan *office* STTA.

2.1. Peralatan dan Bahan

Dalam penelitian ini, alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Laptop Lenovo B490 dengan spesifikasi:Processor Intel® Core™ i3-3110M (2.4 GHz), RAM 2 GB DDR3, Harddisk 500 GB.
2. Perangkat lunak TORCH yang dapat memunculkan data trafik melalui tampilan *website*.

2.2. Prinsip Kerja

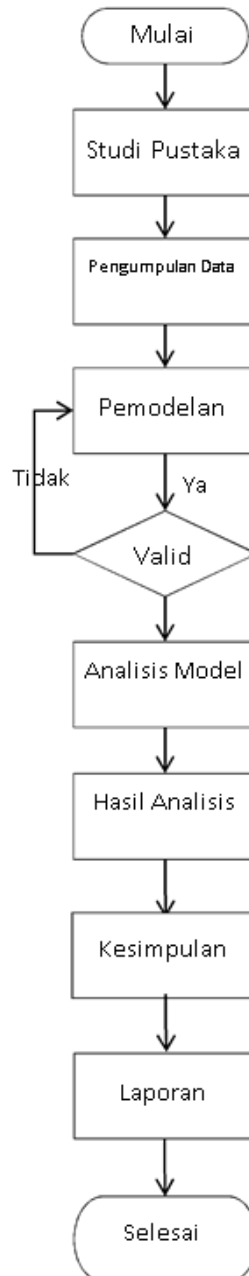
Penelitian ini menganalisis data trafik Internet *office* di kampus Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto (STTA) Yogyakarta pada kategori level aliran data TCP dengan model *sharing system* yang berupa trafik elastic. Pada pemodelan *sharing system*, parameter trafik yang diamati adalah proses kedatangan aliran (λ), yakni pada saat aliran baru datang, serta distribusi ukuran aliran. Dalam hal ini tidak ada aliran yang ditolak. Selain itu laju layanan (μ) disesuaikan dengan kapasitas sambungan dan rerata ukuran aliran. Adaptasi atas laju transmisi berlangsung secara cepat dan sambungan digunakan bersama-sama oleh pengguna.

2.3. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pada diagram tersebut, jalannya penelitian diawali dengan studi pustaka atau mencari sumber pustaka yang dapat dijadikan acuan, baik dalam pembuatan model maupun analisis. Kemudian, diikuti dengan pengumpulan data yang nantinya akan dilakukan analisis terhadapnya. Setelah analisis dianggap valid, laporan disusun sesuai hasil penelitian. Namun jika analisis belum dapat dianggap valid, analisis data akan kembali dikerjakan.

Alur jalannya penelitian dari “Analisis Kebutuhan *Bandwidth* dengan Model *Sharing System* pada Mikrotik Routerboard 450G di Jaringan *Office* STTA”, sebagai berikut. Pertama melakukan pembelajaran dari referensi-referensi yang berkaitan dengan topik penelitian, seperti buku jurnal, serta sumber-sumber lain. Buku dan jurnal dapat berupa *online* maupun cetak. Kedua pada tahap ini dilakukan pengumpulan data aliran Internet yang ada di STTA pada jam kerja dengan menggunakan aplikasi TORCH yang dapat memunculkan data trafik. Ketiga mengarah ke Pemodelan dimana akan dibuat rata-rata seperti, grafik hasil dari pengamatan selama satu bulan dan dengan parameter beban trafik (*traffic load*), *throughput*, dan aliran *loss* yang akan digunakan. Keempat pada tahap validasi, apakah sudah sesuai dengan metode yang diambil. Namun jika analisis belum dianggap valid, analisis data

akan kembali dikerjakan. Kelima menganalisis model dari trafik pada kategori level aliran data. Dalam hal ini level, aliran dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yang pertama adalah aliran elastic menggunakan TCP (*Transmission Control Protocol*). Keenam, yaitu mencatat hasil dari analisis pemodelan setelah itu, masuk pada tahap ketujuh yaitu menarik kesimpulan dari hasil analisis. Kedelapan membuat laporan dari hasil pengamatan selama satu bulan dengan metode *sharing* dan parameter dari hasil data TORCH di UPT TIK Internet STTA dan sesuai dengan metode *sharing* pada trafik aliran data.



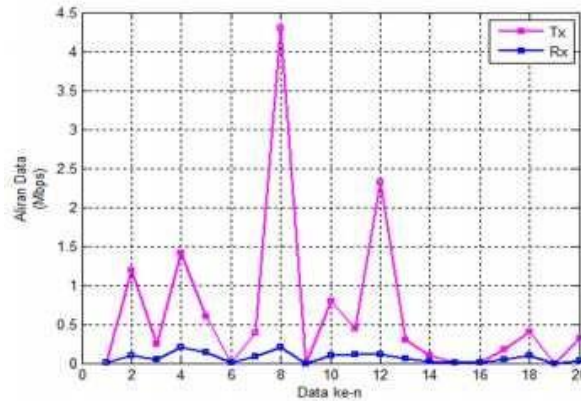
Gambar 1. Diagram Alir Jalannya Penelitian

3 Hasil Pengamatan dan Pembahasan

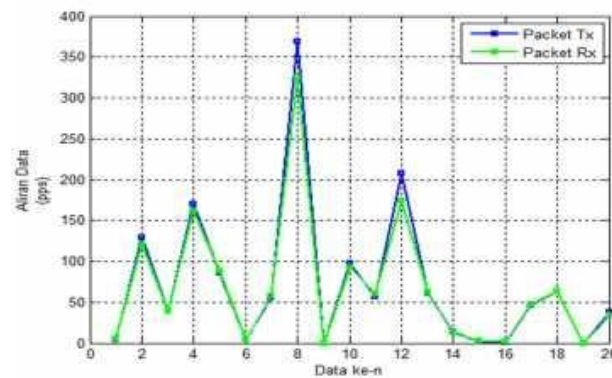
3.1 Grafik Rata-rata Tx dan Rx

Setelah dilakukan pencatatan hasil, data setiap pengujian 20 kali dikelompokkan berdasarkan trafik aliran elastik TCP. Pengukuran dilakukan dengan variasi kecepatan laju

kedatangan dan pelayanan *bandwidth* yang digunakan, agar paket data yang melewati sebuah jaringan dari *client* ke *router* (mikrotik) dapat terpantau. Hasil akan membentuk sebuah grafik pada penelitian tersebut. Hasil pengamatan Grafik rata-rata selama 20 hari terdiri dari laju trafik (Mbps) Tx, Rx, dan Packet data (pps) Tx, Rx. Gambar 2 dan 3 adalah salah satu contoh data dan grafik data rata-rata prodi TP.

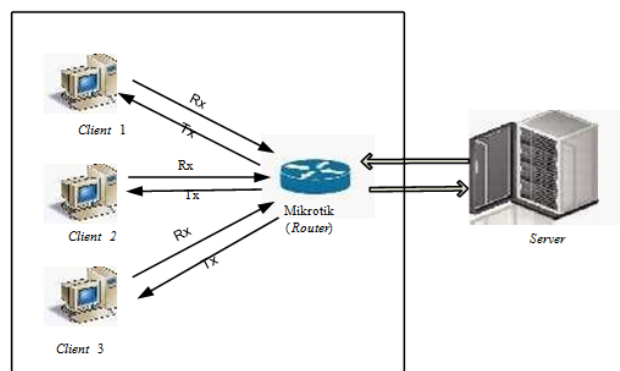


Gambar 2. Laju trafik rata-rata prodi TP selama 20 hari



Gambar 3. Paket data rata-rata prodi TP selama 20 hari

Dari hasil pengamatan laju *trafik* dan *packet* data, terlihat bahwa Tx nya lebih besar dari pada Rx, hal ini di sebabkan karena Tx adalah laju data atau jumlah *packet* yang di kirim dari mikrotik. Sedangkan Rx adalah laju data atau jumlah *packet* yang di minta dari mikrotik. Permintaan dari mikrotik merupakan permintaan yang berasal dari berbagai *client* yang ingin mengakses *server*. Skema mikrotik, *client*, *server* dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4. Skema mikrotik, *client*, *server*

Pengamatan dan pengukuran pada jaringan Internet di *office* STTA yang menggunakan penyambungan paket dan berbasis TCP/IP, telah membuktikan bahwa banyak sekali variasi yang ada. Variasi yang paling dasar adalah pengamatan pada *level* paket. Artinya trafik elastik yang sedang berada di aliran data Internet diamati sebagai suatu paket yang sedang bergerak. Data yang dipakai dalam penelitian tugas akhir ini adalah data kuantitatif.

Pada pengumpulan data pengamatan pada lima prodi, akan menunjukkan berbagai aliran trafik yang nantinya akan diambil dan di filter berdasarkan aliran *elastic* (TCP) dengan koneksi Internet yang terhubung ke laptop. Sebelum mengukur dan *monitoring* laju kecepatan dan paket rata-rata di aliran TCP diambil, waktu yang diperlukan selama 60 menit adalah tiap pukul 10 – 11 pagi dalam pengujian satu bulan hari kerja di STTA. Selama pengujiannya, aliran data *trafik* tersebut nantinya akan tercatat dan tersimpan otomatis pada aplikasi TORCH. Selanjutnya, berbagai jenis data aliran trafik tersebut diekspor kedalam data pengolah data. Dengan tujuan untuk memudahkan dalam filter trafik data TCP per hari selama satu jam. Pada Tabel 1, ditunjukkan rata-rata dari 20 data pengujian yang diamati pada salah satu prodi sesuai dengan analisis untuk menghasilkan suatu informasi berupa hasil analisis jaringan di Internet.

Tabel 1. Banyak rata-rata data pada Prodi TP

Data rata-rata TP				
Hari	Tx (bps)	Rx (bps)	Paket Tx	Paket Rx
1	5.773,33	5.958,86	4,00	4,71
2	1.196.856,29	104.048,86	128,86	121,13
3	247.685,71	52.379,29	39,23	39,05
4	1.415.924,28	200.215,31	170,17	161,41
5	599.233,40	136.481,54	85,51	87,88
6	11.301,78	4.340,00	4,44	4,67
7	393.435,54	84.720,31	55,15	57,98
8	4.292.048,53	201.600,40	369,02	324,45
9	0	0	0	0
10	797.186,93	104.654,53	97,17	93,02
11	440.655,50	106.528,50	57,13	60,06
12	2.327.079,27	111.379,93	207,96	174,09
13	293.873,47	62.588,21	61,32	62,66
14	93.147,47	25.117,07	13,23	12,37
15	3.116,80	4.448,00	2,00	3,00
16	3.214,00	2.578,00	0,50	1,25
17	172.268,85	39.612,12	46,76	47,79
18	404.628,00	98.578,33	63,54	63,29
19	0	0	0	0
20	324.054,52	31.350,81	37,63	33,37
Rata- rata	651.074,18	68.829,00	72,18	67,61

3.2. Laju Kedatangan (λ)

Laju kedatangan biasanya dinotasikan dengan λ (Tingkat kedatangan rata-rata laju trafik /unit waktu). Semua trafik yang datang dengan Rx rata-rata kedatangan λ akan dilayani oleh sejumlah router. Dalam hal ini fungsi peluang Poisson digunakan untuk menggambarkan tingkat kedatangan dengan asumsi bahwa jumlah kedatangan acak. Kedatangannya dianggap sebagai kedatangan yang acak bila kedatangan tersebut tidak terkait satu sama lain dan laju kedatangan trafik ke dalam sistem selalu menurut proses Poisson, yaitu banyaknya trafik yang datang sampai pada waktu tertentu mempunyai distribusi Poisson. Hal ini benar apabila kedatangan trafik secara acak pada kecepatan kedatangan rata-rata tertentu. Pada Tabel 2 adalah nilai laju kedatangan rata-rata 5 prodi.

Tabel 2. Laju kedatangan rata-rata

No.	Prodi	Laju kedatangan (λ)	
		Trafik	Paket
1	TP	69 kbps	67,61 pps
2	TM	801 kbps	268,29 pps
3	TI	111 kbps	113,23 pps
4	TF	152 kbps	169,31 pps
5	TE	154 kbps	131,49 pps

3.3. Laju Pelayanan (μ)

Laju pelayanan biasanya *dinotasikan* dengan μ (Tingkat pelayanan rata-rata/unit waktu). Laju pelayanan Tx rata-rata μ adalah distribusi waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan. Biasanya waktu pelayanan ini diasumsikan menggunakan distribusi probabilitas. Waktu yang diperlukan untuk pelayanan dimulai hingga selesai disebut waktu pelayanan, yakni ditentukan berdasarkan sampel dari keadaan sebenarnya. Dalam keadaan tertentu, dapat berupa distribusi Erlang, Eksponensial, Uniform, dan lain-lain. Tabel 3 adalah nilai laju pelayanan rata-rata 5 prodi.

Tabel 3. Laju pelayanan rata-rata

No.	Prodi	Laju Pelayanan (μ)	
		Trafik	Paket
1	TP	0,651 Mbps	72,18 pps
2	TM	2,174 Mbps	270,14 pps
3	TI	1,473 Mbps	145,39 pps
4	TF	1,892 Mbps	191,03 pps
5	TE	1,369 Mbps	141,69 pps

3.4. Traffic Load Setiap Prodi

Definisi *traffic load* (ρ) merupakan perbandingan antara laju kedatangan/*arrival rate* (λ) dengan waktu pelayanan (service rate) $\mu = C/L$, dengan:

1. *Customer* = paket
 λ = Laju kedatangan paket (Tingkat kedatangan rata-rata paket/unit waktu)
 L = Panjang paket rata-rata (data unit)
2. *Server* = *Link*, tempat menunggu = *Buffer*
 C = Kecepatan *link* (data unit/unit waktu)
Waktu pelayanan = waktu transmisi paket rata-rata (*packet transmission time*)
 $1/\mu = L/C =$ waktu transmisi paket rata-rata

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$

Keterangan:

$\rho = \text{Traffic Load}$

$\lambda = \text{Laju kedatangan}$

$\mu = \text{Laju pelayanan (service rate)}$

A. *Traffic load* pada Prodi TP

Diketahui :

Tx rata-rata (λ) = 68.829,00 bps = 69 kbps

Rx rata-rata (μ) = 651.074,18 bps = 0,651 Mbps

Maka,

$$\rho = \frac{69 \times 10^3}{0,651 \times 10^6} = 0,11$$

B. *Traffic load* pada Prodi TM

Diketahui :

Tx rata-rata (λ) = 801.458,99 bps = 801 kbps

Rx rata-rata (μ) = 2.173.812,26 bps = 2,174 Mbps

Maka,

$$\rho = \frac{801 \times 10^3}{2,174 \times 10^6} = 0,37$$

C. *Traffic load* pada Prodi TI

Diketahui :

Tx rata-rata (λ) = 110.724,67 bps = 111 kbps

Rx rata-rata (μ) = 1.473.261,07 bps = 1,473 Mbps

Maka,

$$\rho = \frac{111 \times 10^3}{1,473 \times 10^6} = 0,08$$

D. *Traffic load* pada Prodi TF

Diketahui :

Tx rata-rata (λ) = 152.377,29 bps = 152 kbps

Rx rata-rata (μ) = 1.891.940,34 bps = 1,892 Mbps

Maka,

$$\rho = \frac{152 \times 10^3}{1,892 \times 10^6} = 0,08$$

E. *Traffic load* pada Prodi TE

Diketahui :

Tx rata-rata (λ) = 153.933,43 bps = 154 kbps

Rx rata-rata (μ) = 1.368.879,80 bps = 1,369 Mbps

Maka,

$$\rho = \frac{154 \times 10^3}{1,369 \times 10^6} = 0,11$$

3.5. Traffic Load

Yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama *interval* waktu tertentu dibagi oleh durasi *interval* waktu tersebut. Tabel 4 merupakan tabel kategori *throughput*, Sedangkan Tabel 5 merupakan Kategori Aliran *Loss*.

Tabel 4. Kategori *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	100 %	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	< 25 %	1

Tabel 5. Kategori Aliran *Loss*

Kategori Aliran <i>Loss</i>	Aliran <i>Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 - 3 %	4
Bagus	4 - 15 %	3
Sedang	16 - 25 %	2
Jelek	> 25 %	1

Throughput dalam model sistem *sharing* dapat diperoleh menggunakan persamaan 2.

$$\theta = \frac{r \times n(1 - \rho)}{PW + n(1 - \rho)} \quad (2)$$

Dengan

θ = *throughput*

r = kecepatan akses *link* untuk aliran (unit data per unit waktu)

n = banyak server yang digunakan (untuk penelitian ini, $n = 1$)

ρ = beban trafik

PW = peluang waktu tunggu seorang pelanggan (tertentu)

Sedangkan PW diperoleh melalui persamaan 3.

$$PW = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \quad (3)$$

dengan α dan β dihitung menggunakan persamaan 4, dan persamaan 5.

$$\alpha = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(n\rho)^n}{i!} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{(n\rho)^n}{n! (1 - \rho)} \quad (5)$$

Dengan demikian diperoleh hasil sebagai berikut:

- PW pada Prodi TP: 0,0892
- PW pada Prodi TM: 0,1890
- PW pada Prodi TI: 0,0685
- PW pada Prodi TF: 0,0685
- PW pada Prodi TE: 0,0892

Untuk memperoleh nilai *throughput* digunakan persamaan 2.

A. *Throughput* aliran Internet Prodi TP

$$\theta = \frac{10 \times 10^6 \times 1(1 - 0,11)}{0,0892 + 1(1 - 0,11)} = 9Mbps$$

Kategori *throughput*

$$\frac{9 Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 90\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

Kategori *loss*

$$\frac{(10-9) Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 10\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

B. *Throughput* aliran Internet Prodi TM

$$\theta = \frac{10 \times 10^6 \times 1(1 - 0,37)}{0,1890 + 1(1 - 0,37)} = 7,7Mbps$$

Kategori *throughput*

$$\frac{7,7 Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 77\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

Kategori *loss*

$$\frac{(10-7,7) Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 23\% \Rightarrow \text{Sedang}$$

C. *Throughput* aliran Internet Prodi TI

$$\theta = \frac{10 \times 10^6 \times 1(1 - 0,08)}{0,0685 + 1(1 - 0,08)} = 9,3Mbps$$

Kategori *throughput*

$$\frac{9,3 Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 93\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

Kategori *loss*

$$\frac{(10-9,3) Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 7\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

D. *Throughput* aliran Internet Prodi TF

$$\theta = \frac{10 \times 10^6 \times 1(1 - 0,08)}{0,0685 + 1(1 - 0,08)} = 9,3Mbps$$

Kategori *throughput*

$$\frac{9,3 Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 93\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

Kategori *loss*

$$\frac{(10-9,3) Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 7\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

E. *Throughput* aliran Internet Prodi TE

$$\theta = \frac{10 \times 10^6 \times 1(1 - 0,11)}{0,0892 + 1(1 - 0,11)} = 9Mbps$$

Kategori *throughput*

$$\frac{9 Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 90\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

Kategori *loss*

$$\frac{(10-9) Mbps}{10 Mbps} \times 100\% = 10\% \Rightarrow \text{Bagus}$$

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum jaringan internet pada *office* STTA berada pada kategori baik.
2. Laju kedatangan tertinggi terdapat pada prodi TE sebesar 154 kbps sedangkan laju pelayanan tertinggi pada prodi TM sebesar 2,174Mbps.
3. *Traffic Load* tertinggi yaitu pada prodi TM sebesar 0,37 dan terkecil pada prodi TI dan TF sebesar 0,08.
4. *Bandwidth* yang dialokasikan untuk jaringan *office* STTA sebesar 10 Mbps.
5. Nilai *throughput* tertinggi sebesar 9,3 Mbps (93%) dan nilai terendah sebesar 7,7 Mbps (77%), berdasarkan tabel 4, kelima prodi dapat digolongkan kedalam kategori sangat baik.
6. Hasil perhitungan aliran *loss* didapatkan nilai tertinggi sebesar 23%, sedangkan nilai terendah sebesar 7%. Berdasarkan pada tabel 5, dapat disimpulkan bahwa aliran *loss* pada jaringan *office* STTA berada pada interval 16 – 25% yang berarti kategori sedang.

4.2. Saran

Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya, sebagai berikut:

1. Perlu adanya penambahan lama waktu pengamatan dan jenis protokol lainnya, seperti protokol UDP.
2. Adanya aplikasi yang dapat mengelola dan menganalisis data trafik, agar dapat mempermudah pengambilan keputusan.

Daftar Pustaka

- [1] Cenggoro, Tjeng Wawan, and Ida Siahaan. "Dynamic Bandwidth Management Based on Traffic Prediction Using Deep Long Short Term Memory." *Science in Information Technology (ICSITech), 2016 2nd International Conference on*. IEEE, 2016.
- [2] Wei, Yongtao, Jinkuan Wang, and Cuirong Wang. "A traffic prediction based bandwidth management algorithm of a future internet architecture." *Intelligent Networks and Intelligent Systems (ICINIS), 2010 3rd International Conference on*. IEEE, 2010.
- [3] Astuti, Yenni, Daniel Teguh Rudianto, and Agga Prasetya. "Analisis Trafik Telekomunikasi Menggunakan Model Sistem Sharing." *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*. Vol.2. 2016.
- [4] Astuti, Yenni. "Analisis Throughput Trafik Data Menggunakan Model Sistem Sharing." *Jurnal Teknologi* 9.2 (2017): 124-131.
- [5] Astuti, Yenni. "Teletrafik Sistem Berbagi Pada Aliran Internet." *Prosiding Seminar Nasional ReTII*. 2017.
- [6] Pamungkas, Canggih Ajika "Manajemen Bandwith Menggunakan Mikrotik Routerboard di Politeknik Indonusa Surakarta" *Jurnal INFORMA Politeknik Indonusa Surakarta* Vol. 1 Nomor 3. 2016
- [7] Haryadi, Sigit, 2012, *Telletraffic Engineering Lecture Notes & Handout & Diktat Kuliah Rekayasa Trafik*, Bandung.
- [8] Prasetya, Agga "Analisis Kapasitas Sistem Terhadap *Qos* Pada Teletrafik Internet STTA Menggunakan Sistem *Sharing*" *Teknik Elektro, STTA*, 2016.
- [9] Arifin, Yunus. "Implementasi Quality of Service dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada PT. Komunika Lima Duabelas." *JELIKU-Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Universitas Udayana* 1.2 (2013): 1-7.
- [10] Andrew S.Tanenbaum, "Computer Networks", 4th Edition, p88, Prentice Hall of India, 2003.
- [11] Introduction to Teletraffic Theory, online, <http://www.netlab.tkk.fi/apetus/s38145/k07/lectures.shtm>, diakses terakhir pada 29 April 2017.