

# SIMULASI DAN ANALISIS JARINGAN METRO ETHERNET KOTA SURABAYA TAHUN 2028 DENGAN SIMULATOR RIVERBED MODELER ACADEMIC EDITION 17.5

Fitri Ananda<sup>\*)</sup>, Sukiswo dan Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [fitriananda@gmail.com](mailto:fitriananda@gmail.com)

## Abstrak

Kota Surabaya berdasarkan Kemkominfo merupakan salah satu kota dengan pengguna internet terbanyak di Indonesia yaitu 95 ribu pengguna. Metro Ethernet merupakan layanan komunikasi data untuk masyarakat wilayah perkotaan dengan bandwidth yang cukup besar. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perencanaan jaringan untuk tahun-tahun mendatang sehingga memudahkan pengembangan jaringan demi terciptanya layanan metro ethernet Kota Surabaya yang handal dan memenuhi kebutuhan masyarakat secara optimal. Pada penelitian ini dilakukan simulasi perancangan jaringan metro ethernet Kota Surabaya tahun 2028 yang terdiri dari dua kondisi, yaitu jaringan kondisi flapping link dan kondisi normal. Jaringan kondisi flapping link digunakan untuk mengetahui kinerja dari dua routing protocol OSPF dan RIP. Hasil dari simulasi jaringan kondisi normal digunakan untuk menganalisis performansi masing-masing link. Pada analisis flapping link, routing protocol OSPF menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan RIP, sehingga jaringan kondisi normal menggunakan routing protocol OSPF. Analisis performansi link dilakukan dengan mengukur parameter-parameter QoS berupa round trip delay (RTD), jitter dan packet loss. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa RTD, jitter dan packet loss seluruh link masih dalam kondisi baik dengan nilai <5msec, <1msec dan 0.001%.

Kata kunci: metro ethernet, flapping link, performansi link, routing protocol, round trip delay, jitter, packet loss.

## Abstract

Surabaya City, based on the Ministry of Communication and Information, is one of the cities with the most internet users in Indonesia, which is 95 thousand users. Metro Ethernet is a data communication service for urban communities with considerable bandwidth. Therefore, a network planning is needed for the coming years so as to facilitate network development in order to create a reliable and optimal metro ethernet service in Surabaya. In this research, the simulation of the metro ethernet network design of Surabaya City in 2028 was carried out consisting of two conditions, the network flapping link conditions and normal conditions. The flapping link network is used to determine the performance of two OSPF and RIP routing protocols. The results of normal condition network simulation are used to analyze the performance of each link. In the flapping link analysis, OSPF routing protocol shows better performance than RIP, so that the normal network conditions use OSPF routing protocol. Link performance analysis is done by measuring QoS parameters in the form of round trip delay (RTD), jitter and packet loss. The measurement results show that the RTD, jitter and packet loss of all links are still in good condition with values <5msec, <1msec and 0.001%.

Keywords: metro ethernet, flapping link, link performance, routing protocol, round trip delay, jitter, packet loss.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mengakibatkan masyarakat Indonesia tidak dapat melepaskan diri dari kegiatan komunikasi berbasis internet. Menurut data hasil survey Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia atau APJII tahun 2017, jumlah pengguna internet di Indonesia naik sekitar enam kali lipat dalam kurun waktu 10 tahun. Salah satu kota terbesar di

pulau Jawa dengan pengguna internet terbanyak di Indonesia berdasarkan data Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemkominfo) adalah Kota Surabaya dengan 95 ribu pengguna internet. Oleh karena itu, dibutuhkan infrastruktur layanan telekomunikasi yang handal dan memadai untuk melayani permintaan masyarakat Kota Surabaya.

Metro Ethernet merupakan layanan komunikasi data dengan *interface* dan protocol ethernet yang bekerja pada layer OSI 1, 2 dan 3 dan menyediakan layanan

telekomunikasi untuk masyarakat di wilayah perkotaan. Keunggulan metro ethernet yaitu mudah, sederhana dan dapat mengakomodasi layanan dengan *bandwidth* yang cukup besar. Dengan terus meningkatnya penggunaan dan permintaan masyarakat, beban trafik pada jaringan metro ethernet juga akan terus bertambah dan menyebabkan turunnya kinerja dari layanan metro ethernet. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perencanaan jaringan untuk tahun-tahun mendatang sehingga memudahkan dalam pengembangan jaringan demi terciptanya layanan metro ethernet yang handal dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna secara optimal.

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi perancangan jaringan metro ethernet Kota Surabaya untuk kebutuhan tahun 2028 yang terdiri dari dua kondisi, yaitu jaringan metro ethernet pada kondisi *flapping link* dan jaringan metro ethernet kondisi normal. Jaringan metro ethernet dengan kondisi *flapping link* digunakan untuk mengetahui kinerja dari dua *routing protocol* OSPF dan RIP. *Routing protocol* dengan kinerja terbaik akan digunakan sebagai *routing protocol* pada jaringan kondisi normal. Hasil dari simulasi jaringan kondisi normal akan digunakan untuk menganalisis performansi *link* berdasarkan topologi jaringan dan peramalan trafik yang telah dilakukan[1]. Analisis performansi *link* ini akan menggunakan parameter *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss* sebagai tolak ukur dalam menilai kinerja *link* apakah telah bekerja secara optimal dan sesuai dengan standarisasi yang telah ditetapkan oleh ITU-T sebagai standar internasional dibidang Telekomunikasi.

Dalam penelitian sebelumnya, Kristina R. Sitompul[2] melakukan analisis QoS pada jaringan metro ethernet dan kurang fokus mengenai peningkatan kapasitas *link*. Satya Yoga Pratama[3] melakukan peramalan trafik satu tahun kedepan jaringan metro ethernet dan analisis QoS dengan simulator OPNET 14.5. Ade Hurhayati dan kawan-kawan[4] membahas kinerja *routing protocol* OSPF pada salah satu ruas jaringan PT. Telekomunikasi Indonesia, berbeda dengan Arsalan Iqbal, dan kawan-kawan[5] yang melakukan analisis dan evaluasi kinerja dari tiga jenis *routing protocols* yaitu OSPF, RIP dan EIGRP dengan *flapping links* pada simulasi OPNET Modeler.

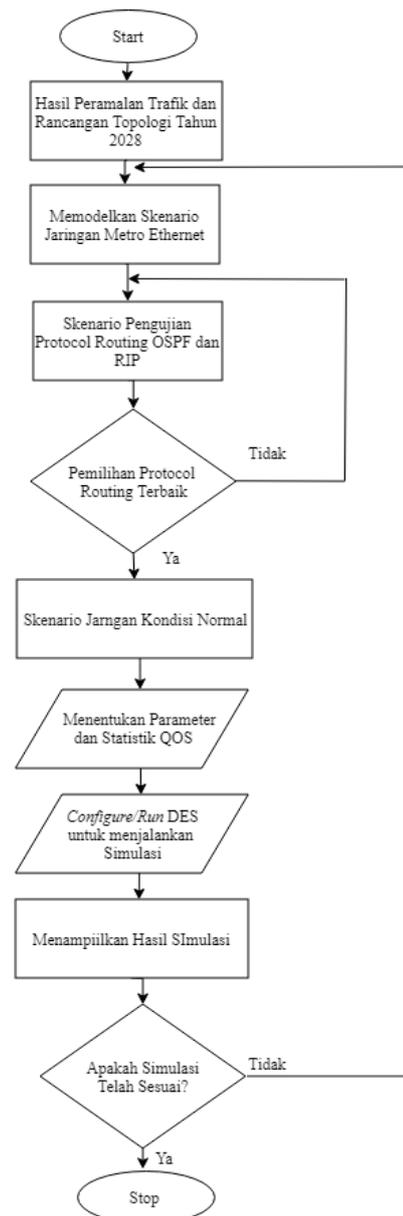
## 2. Metode

### 2.1. Pemodelan Jaringan

Perancangan simulasi jaringan metro ethernet pada penelitian ini akan dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Riverbed Modeler versi 17.5 dimana jaringan yang disimulasikan merupakan hasil perencanaan jaringan metro ethernet setelah dilakukan *dimensioning* jaringan dan peramalan trafik untuk kebutuhan tahun 2028 serta hasil topologi jaringan ring baru berdasarkan penelitian sebelumnya. Hasil dari simulasi yang dilakukan digunakan untuk melakukan pengukuran performansi *link* menggunakan parameter-

parameter meliputi *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss* dengan mengacu pada standarisasi yang berlaku pada ITU-T.

Perancangan jaringan metro ethernet kota Surabaya dibuat berdasarkan diagram alir dan ditampilkan dalam bentuk tahapan-tahapan yang sistematis. Diagram alir perancangan dapat dilihat pada Gambar 1.

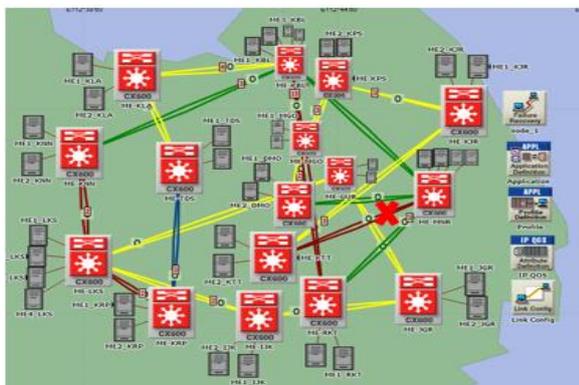


Gambar 1. Diagram Blok Sistem.

#### 2.1.1. Skenario Simulasi Jaringan untuk Evaluasi Kinerja Routing Protocol

Protokol routing yang digunakan pada pengujian dalam simulasi adalah protocol routing OSPF (*Open Shortest Path First*) dan RIP (*Routing Information Protocol*).

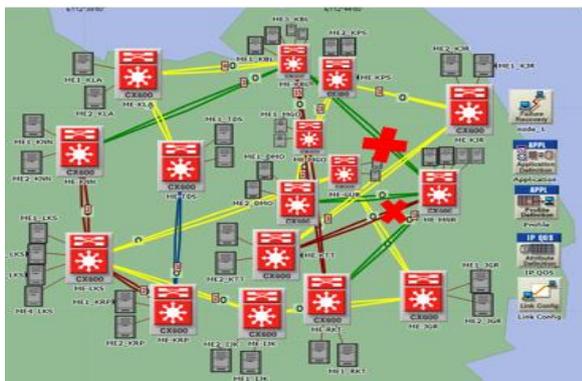
Pengujian dilakukan dengan metode *flapping link* yaitu metode dimana jaringan akan secara bergantian melewati rute pada setiap *routing protocol* sehingga mengakibatkan up atau down secara bergantian pada jaringan[6]. Skenario pada simulasi jaringan untuk pengujian protocol routing memiliki 4 skenario dimana tiap protocol routing OSPF dan RIP memiliki 2 skenario simulasi. Pada scenario pertama akan dilakukan *one link flapping* dimana pada detik yang telah ditentukan *link* antara *node* ME-MNR dan ME-DMO dikonfigurasi *failure* dan *recovery*. Sedangkan pada scenario kedua akan dilakukan konfigurasi *two link flapping* dimana pada konfigurasi *failure* dan *recovery* ditambahkan satu *link* tambahan yaitu diantara *node router* ME-KBL dan ME-MNR.



Gambar 2. One Link Flapping antara ME-MNR dan ME-DMO.

Tabel 1. ME-MNR dan ME-DMO link failure dan recovery.

Waktu (s)	Status
240	Failure
400	Recovery
450	Failure
510	Recovery
620	Failure
630	Recovery
639	Failure
800	Recovery
850	Failure
945	Recovery



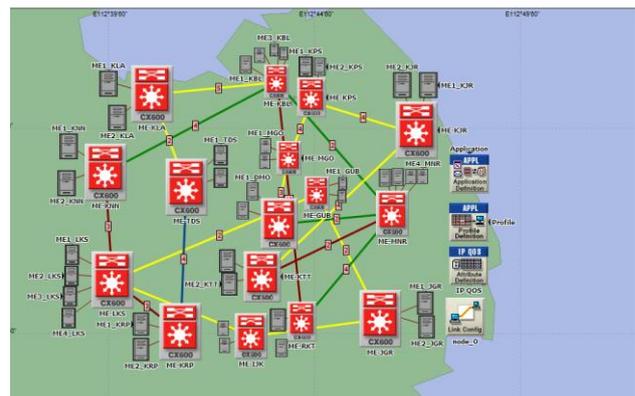
Gambar 3. Two Links Flapping antara ME-MNR dan ME-DMO serta ME-KBL dan ME-MNR.

Tabel 2. ME-KBL dan ME-MNR link failure dan recovery.

Waktu (s)	Status
410	Failure
450	Recovery
490	Failure
610	Recovery
660	Failure
697	Recovery
820	Failure

### 2.1.2. Skenario Simulasi Jaringan Kondisi Normal

Simulasi jaringan pada kondisi normal memiliki *layout* yang sama dengan simulasi jaringan untuk pengujian *routing protocol*, namun jaringan ini tidak menggunakan *node link failure* untuk melakukan *flapping link*. Skenario jaringan kondisi normal akan menggunakan *routing protocol* terbaik hasil dari analisis kinerja yang telah dilakukan. Skenario ini menyesuaikan topologi dan volume trafik hasil peramalan dari penelitian sebelumnya [1]. Gambar 4 menunjukkan tampilan scenario jaringan metro ethernet kondisi normal Kota Surabaya tahun 2028.



Gambar 4. Tampilan skenario jaringan metro ethernet kondisi normal Kota Surabaya tahun 2028.

Jaringan metro ethernet yang disimulasikan menggunakan 4 topologi *ring* jaringan yang saling terhubung dan seluruhnya terdiri dari 16 grup *node* dengan 2 tipe *node* yang berbeda fungsi. Pada dasarnya, fungsi dari perangkat metro ethernet adalah sebagai *switching* disertai fungsi tambahan *routing* untuk meneruskan dan mentransmisikan paket data yang telah dibangkitkan. *Node* Huawei Quidway CX600-16 berfungsi sebagai perangkat metro ethernet (*router switch*) dan *node ethernet\_server* adalah sebagai perangkat untuk mengasumsikan pembangkitan trafik jaringan. Sementara untuk media transmisi sebagai penghubung antar *node*, menggunakan empat jenis media transmisi yaitu *1Gbps ethernet*, *10Gbps ethernet*, *40Gbps ethernet* dan *100Gbps ethernet*.

**Tabel 3. Konfigurasi umum perangkat router switch dan server.**

Atribut	router switch	server
Interface	(Adjustable)	IF08
MTU	Ethernet	Ethernet
Processing Scheme	Central Processing	CentralProcessing
Datagram Switching Rate	500.000 pps	500.000 pps
Forwarding Rate Units	packets/sec	packets/sec
Memory Size	512MB	256MB
Qos Scheme	FIFO	FIFO
Buffer Size	2Mbytes	2Mbytes
Interface Speed	10Mbps	

**Tabel 4. Konfigurasi umum perangkat router switch dan server.**

Atribut	Settigan
Model	1Gbps_Ethernet (Blue #004080) 10Gbps_Ethernet (Yellow) 40Gbps_Ethernet (Green #008000) 100Gbps_Ethernet (Red #850000)
Propagation Speed	Speed of Light (in glass)
BER	1.00E-09
Condition	Enabled
Data rate	1 Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps, 100 Gbps
Delay (Propagation)	Distance Based

Simulasi jaringan metro ethernet ini dijalankan selama 1 jam dengan nilai per statistik yang digunakan adalah 100.

## 2.2. Pengukuran QoS

Pada pengukuran QoS untuk performansi *link*, langkah-langkah yang dilakukan adalah dengan memilih statistic pada scenario jaringan kondisi normal yang berkaitan dengan parameter yang akan diukur yaitu, *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss*. Setelah itu, simulasi akan dijalankan hingga selesai untuk memperoleh hasil pengukuran. Standarisasi dari ketiga parameter berdasarkan ITU-T[x] ditampilkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Standarisasi pengukuran QoS.**

Parameter	Standar ITU-T
Round trip delay (RTD)	< 5 msec
Jitter	< 1 msec
Packet loss	< 0,001 %

### 2.2.1. Round trip delay (RTD)

*Delay (end-to-end delay)* adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain tujuannya. *Delay* dalam suatu jaringan juga merupakan parameter yang dapat dijadikan acuan dalam menilai kualitas dan kehandalan *link*. Sementara *round trip delay* (RTD), merupakan penjumlahan dari dua nilai *delay*. Pada penelitian ini, RTD adalah penjumlahan dari *delay* paket data dan *delay* ACK dimana ACK diasumsikan memiliki ukuran paket sebesar 40 bytes[7]. Perlu diketahui, analisis untuk *delay* antrian dalam node yang terukur dalam *delay* proses dari *delay* total menggunakan

model antrian tunggal (*single queue*). Pengukuran antrian tunggal dilakukan berdasarkan antrian *point-to-point* antar node dan bukan antrian keseluruhan jaringan (*queueing network*). Untuk mencari RTD, dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$T = (\tau T + \tau Prop + \tau Proc) + (\tau ack + \tau Prop + \tau Proc) \quad (1)$$

keterangan:

$T$  = *delay* total (s atau ms)

$\tau T$  = *delay* transmisi (s atau ms)

$\tau Prop$  = *delay* propagasi (s atau ms)

$\tau Proc$  = *delay* proses (s atau ms)

$\tau ack$  = *delay* transmisi ACK (s atau ms)

### 2.2.2. Jitter

*Jitter* dapat didefinisikan sebagai total variasi *delay* antara blok-blok informasi yang berurutan. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik yang ada dalam jaringan hingga berpeluang menimbulkan tumbukan antar paket (*collision*). Besarnya nilai *jitter* menandakan performansi *link* pada jaringan tersebut buruk sehingga nilai *jitter* harus dijaga seminimal mungkin. Perbedaan *delay* dengan *jitter* terletak pada waktu keterlambatannya. *Delay* memiliki keterlambatan yang konstan pada tiap waktunya, sedangkan perbedaan waktu keterlambatan pada *jitter* cenderung tidak menentu. Dalam OPNET, *jitter* disebut juga total variasi *end-to-end delay* dan untuk mengukurnya menggunakan persamaan (2).

$$Jitter (s) = \sqrt{(delay\ yang\ terjadi - rerata\ delay)^2} \quad (2)$$

### 2.2.3. Packet Loss

*Packet loss* didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuannya. Dalam jaringan IP, nilai *packet loss* ini diharapkan mempunyai nilai yang sekecil mungkin. Kegagalan paket data dalam mencapai tujuan dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan, diantaranya adalah terjadinya *error* transmisi, TTL (*Time To Live*) paket data tidak tercapai, terjadinya kemacetan (*congestion*) dan luapan trafik (*overflow*), hingga kerusakan perangkat media fisik. Untuk pengukuran *packet loss*, dapat menggunakan persamaan (3).

$$Packet\ Loss = \frac{Packet\ sent - Packet\ received}{Packet\ Sent} \times 100\% \quad (3)$$

## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Analisis Kinerja Routing Protocol

Analisis evaluasi kinerja *routing protocol* dilakukan dengan membandingkan hasil dari dua metode scenario yang digunakan yaitu *one link flapping* dan *two links flapping* dari setiap *protocol routing*. Parameter yang akan

dianalisis adalah waktu konvergensi (*convergence time*), *packet drop* dan *HTTP respon time*.

Pada *skenario* pertama akan dilakukan *one link flapping* dimana pada detik yang telah ditentukan *link* antara *node* ME-MNR dan ME-DMO dikonfigurasi *failure* dan *recovery*. Sedangkan pada *skenario* kedua akan dilakukan konfigurasi *two link flapping* dimana pada konfigurasi *failure* dan *recovery* ditambahkan satu *link* tambahan yaitu diantara *node router* ME-KBL dan ME-MNR.

**Tabel 6. Statistik one link flapping.**

Parameter	Routing protocol	
	OSPF	RIP
Waktu Konvergensi (sec)	4.295539841	61.81336348
Packet drop (packets/sec)	0	0.086036295
HTTP page respon time (sec)	0.496113715	0.470119665

**Tabel 7. Statistik two links flapping.**

Parameter	Routing protocol	
	OSPF	RIP
Waktu Konvergensi (sec)	8.521460184	67.18429398
Packet drop (packets/sec)	0	0.20820222
HTTP page respon time (sec)	0.364938125	0.382622499

Dalam penelitian ini telah diamati waktu konvergensi jaringan, *packet drop* dan *HTTP page respon time* untuk *routing protocol* OSPF dan RIP. Dari hasil simulasi dapat kita simpulkan bahwa ketika terdapat ketidakstabilan pada satu *link*, waktu konvergensi *routing protocol* OSPF lebih baik daripada *routing protocol* RIP dengan selisih nilai 57.51782364 detik. Waktu konvergensi *routing protocol* OSPF ketika terdapat ketidakstabilan pada dua *link* juga lebih baik dibandingkan waktu konvergensi *routing protocol* RIP dengan selisih nilai 58.6628338 detik. Untuk nilai *packet drop*, *routing protocol* OSPF memiliki nilai 0 pada kedua pengujian baik pada *one link flapping* maupun *two links flapping*, hal ini menunjukkan bahwa *routing protocol* OSPF tidak mengalami *packet drop* pada jaringannya.

Untuk parameter *HTTP page respon time* antara *routing protocol* OSPF dan RIP, keduanya memiliki rata-rata waktu respon yang hampir sama saat keadaan tidak stabil pada satu dan dua *link*. Pada keadaan *one link flapping*, waktu respon *HTTP routing protocol* RIP lebih cepat dibandingkan dengan OSPF dengan nilai selisih 0.025994049 detik. Namun pada keadaan *two links flapping*, *routing protocol* OSPF memiliki waktu respon *HTTP* yang lebih cepat dibandingkan dengan RIP dengan nilai selisih 0.017684374 detik.

Kesimpulan dalam pengujian ini adalah bahwa ketika terdapat ketidakstabilan pada satu dan dua *link* berdasarkan parameter waktu konvergensi, *packet drop* dan *HTTP page respon time*, kinerja *routing protocol* OSPF lebih baik dibandingkan dengan kinerja *routing protocol* RIP. Oleh karena itu, untuk jaringan pada kondisi normal dalam

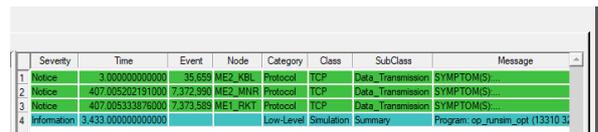
simulasi penelitian ini akan menggunakan OSPF sebagai *routing protocol*-nya.

### 3.2. Analisis Jaringan Kondisi Normal

Pada bagian ini akan dilakukan analisis jaringan dalam kondisi normal untuk performansi *link* berdasarkan parameter *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss*. Analisis performansi *link* untuk tiap parameter dilakukan berdasarkan standarisasi dari ITU-T.

#### 3.2.1. DES Log Viewer

Simulasi yang dimodelkan pada seluruh skenario telah berjalan sesuai harapan. Hal tersebut terlihat pada jendela *DES Log Viewer* dimana hanya terdapat keterangan dengan kategori sebatas pemberitahuan (kondisi normal/warna hijau) dan bukan merupakan peringatan ataupun *error* (kondisi kritis/warna merah). Skenario dilakukan selama 1 jam dan untuk tampilan menu *DES Log Viewer* ditunjukkan pada Gambar 5.



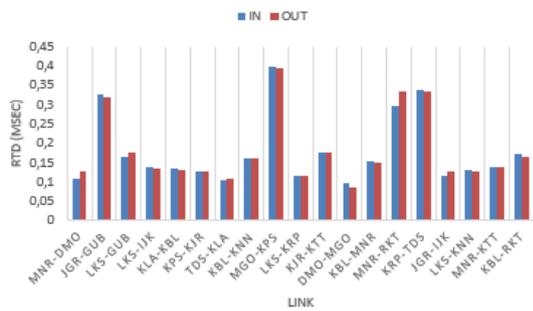
**Gambar 5. DES Log Viewer simulasi dengan terdapat 4 log.**

#### 3.2.2. Pengukuran parameter QoS

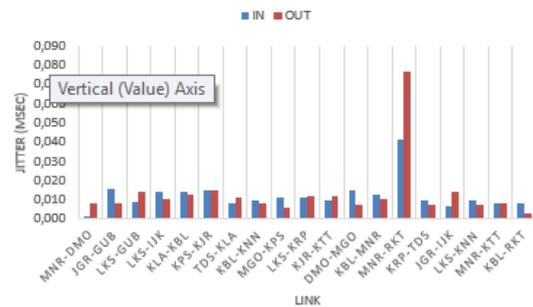
**Tabel 8. Pengukuran parameter QoS untuk performansi link.**

No.	NODE		RTD (ms)		Jitter rata-rata (ms)		Packet loss rata-rata (%)
	Asal	Tujuan	IN	OUT	IN	OUT	
1	MNR	DMO	0.107	0.128	0.001	0.008	0.0004
2	JGR	GUB	0.326	0.319	0.015	0.008	0.0000
3	LKS	GUB	0.166	0.175	0.009	0.014	0.0001
4	LKS	IJK	0.139	0.134	0.014	0.011	0.0003
5	KLA	KBL	0.133	0.131	0.014	0.012	0.0005
6	KPS	KJR	0.129	0.128	0.015	0.015	0.0002
7	TDS	KLA	0.106	0.109	0.008	0.011	0.0002
8	KBL	KNN	0.162	0.161	0.009	0.008	0.0001
9	MGO	KPS	0.4	0.395	0.011	0.006	0.0000
10	LKS	KRP	0.116	0.118	0.011	0.012	0.0002
11	KJR	KTT	0.177	0.178	0.010	0.012	0.0001
12	DMO	MGO	0.097	0.086	0.015	0.008	0.0003
13	KBL	MNR	0.154	0.151	0.012	0.011	0.0004
14	MNR	RKT	0.297	0.332	0.041	0.077	0.0000
15	KRP	TDS	0.337	0.335	0.010	0.008	0.0000
16	JGR	IJK	0.116	0.129	0.007	0.014	0.0004
17	LKS	KNN	0.13	0.129	0.009	0.008	0.0001
18	MNR	KTT	0.138	0.14	0.008	0.008	0.0001
19	KBL	RKT	0.172	0.167	0.008	0.0031	0.0004

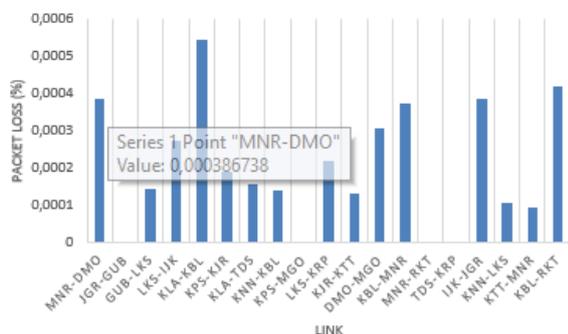
Menurut grafik Gambar 6, 7 dan 8 dapat diketahui bahwa nilai *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss* pada keseluruhan *link* jaringan berada di bawah batas standarisasi ITU-T dengan nilai kurang dari 5ms, 1ms dan 0.001%. Hal ini menunjukkan bahwa *link* yang bekerja pada jaringan memiliki performansi yang baik.



Gambar 6. Grafik round trip delay per link.



Gambar 7. Grafik jitter per link.



Gambar 8. Grafik packet loss per link.

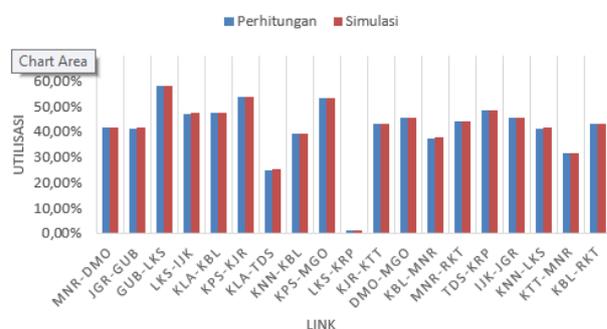
Nilai RTD yang paling baik, terdapat pada link DMO-MGO dan arah sebaliknya. Kedua link tersebut memiliki nilai RTD berturut-turut 0.09658 ms dan 0.08563 ms. Link dengan nilai RTD tertinggi adalah pada link MGO-KPS dan arah sebaliknya yaitu berturut-turut 0.39971 ms dan 0.39473 ms. Nilai jitter yang paling baik, untuk link inbound terdapat pada link MNR-DMO dengan nilai sebesar 0.0012 ms, sedangkan untuk link outbound terdapat pada link KBL-RKT dengan nilai 0.0031. Link dengan nilai jitter paling tinggi adalah pada link MNR-RKT dan sebaliknya dengan nilai rata-rata jitter berturut-turut sebesar 0.0413 ms dan 0.0765 ms. Nilai packet loss tertinggi dibandingkan dengan link-link lainnya terdapat pada link KLA-KBL dengan nilai 0.00054%.

### 3.3. Analisis Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Pada Jaringan

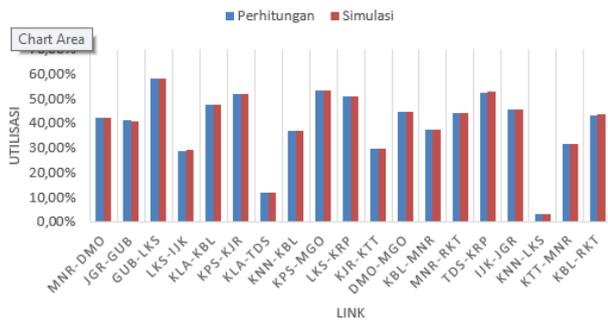
Analisis perbandingan hasil perhitungan dan simulasi pada jaringan metro ethernet ini menggunakan parameter utilisasi dan volume trafik. Hasil perhitungan kedua parameter menggunakan data dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis perbandingan dilakukan dengan menyajikan tabel dan grafik untuk tiap parameter.

Tabel 9. Perbandingan selisih hasil perhitungan dan simulasi pada jaringan.

No.	Node		Selisih Utilisasi		Selisih Volume Trafik	
	Asal	Tujuan	IN	OUT	IN	OUT
1	MNR	DMO	0.01%	0.32%	0.03%	0.76%
2	JGR	GUB	0.15%	0.44%	0.34%	1.06%
3	GUB	LKS	0.10%	0.19%	0.17%	0.34%
4	LKS	IJK	0.24%	0.29%	0.50%	1.00%
5	KLA	KBL	0.13%	0.16%	0.28%	0.33%
6	KPS	KJR	0.06%	0.01%	0.11%	0.02%
7	TDS	KLA	0.24%	0.05%	0.95%	0.44%
8	KBL	KNN	0.06%	0.14%	0.16%	0.38%
9	MGO	KPS	0.02%	0.14%	0.04%	0.26%
10	LKS	KRP	0.00%	0.29%	0.09%	0.56%
11	KJR	KTT	0.03%	0.16%	0.08%	0.52%
12	DMO	MGO	0.04%	0.20%	0.10%	0.43%
13	KBL	MNR	0.13%	0.13%	0.36%	0.33%
14	MNR	RKT	0.04%	0.16%	0.10%	0.35%
15	KRP	TDS	0.09%	0.25%	0.19%	0.47%
16	IJK	JGR	0.07%	0.27%	0.15%	0.60%
17	KNN	LKS	0.18%	0.02%	0.70%	0.43%
18	KTT	MNR	0.13%	0.02%	0.41%	0.06%
19	RKT	KBL	0.22%	0.53%	0.27%	0.44%

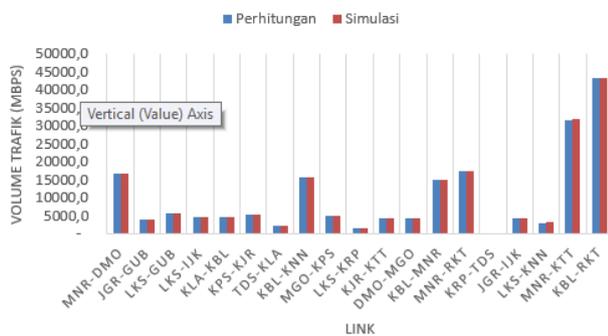


Gambar 9. Perbandingan parameter utilisasi hasil perhitungan dan simulasi pada link inbound

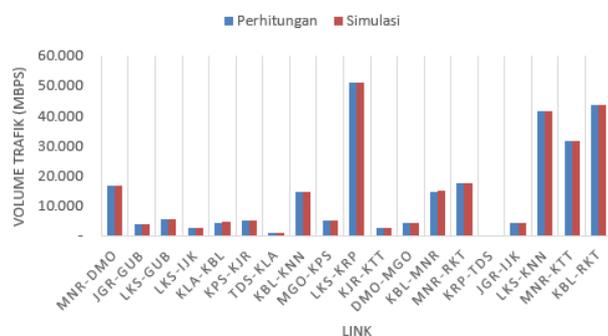


Gambar 10. Perbandingan parameter utilisasi hasil perhitungan dan simulasi pada link outbound

Berdasarkan Gambar 9 dan 10 dapat diketahui bahwa perbandingan hasil perhitungan dan simulasi pada parameter utilisasi menunjukkan bahwa keduanya memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai selisih pada rentang 0% sampai 0.53%. Selisih nilai utilisasi terbesar link inbound terdapat pada link LKS-IJK sedangkan link outbound pada link RKT-KBL dengan selisih nilai berturut-turut sebesar 0.24% dan 0.53%. Untuk selisih nilai hasil perhitungan dan hasil simulasi terkecil pada link inbound pada link LKS-KRP sedangkan pada link outbound pada link KPS-KJR dengan selisih nilai berturut-turut sebesar 0% dan 0.01%.



Gambar 11. Perbandingan parameter volume trafik hasil perhitungan dan simulasi pada link inbound.



Gambar 12. Perbandingan parameter volume trafik hasil perhitungan dan simulasi pada link outbound

Berdasarkan Gambar 11 dan 12 dapat diketahui bahwa perbandingan hasil perhitungan dan simulasi pada parameter volume trafik menunjukkan bahwa keduanya memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai selisih pada rentang 0.017% sampai 1.064%. Selisih nilai terkecil link inbound terdapat pada link MNR-DMO sedangkan link outbound pada link KPS-KJR dengan nilai berturut-turut 0.031% dan 0.017%. Selisih nilai terbesar pada link inbound terdapat pada link TDS-KLA dan link outbound pada link JGR-GUB dengan nilai berturut-turut sebesar 0.953% dan 1.064%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, ketika terdapat ketidakstabilan pada satu dan dua link berdasarkan parameter waktu konvergensi, packet drop dan HTTP page respon time, kinerja routing protocol OSPF lebih baik dibandingkan dengan kinerja routing protocol RIP. Oleh karena itu, untuk jaringan pada kondisi normal dalam simulasi penelitian ini akan menggunakan OSPF sebagai routing protocol-nya. Nilai round trip delay, jitter dan packet loss pada keseluruhan link jaringan berada di bawah batas standarisasi ITU-T dengan nilai kurang dari 5ms, 1ms dan 0.001%. Hal ini menunjukkan bahwa link yang bekerja pada jaringan memiliki performansi yang baik.. Link dengan nilai RTD paling tinggi adalah pada link MGO-KPS dan arah sebaliknya yaitu berturut-turut 0.39971 ms dan 0.39473 ms. Link dengan nilai jitter paling tinggi adalah pada link MNR-RKT dan sebaliknya dengan nilai rata-rata jitter berturut-turut sebesar 0.0413 ms dan 0.0765 ms. Nilai packet loss tertinggi dibandingkan dengan link-link lainnya terdapat pada link KLA-KBL dengan nilai 0.00054%. Perbandingan hasil perhitungan dan simulasi pada parameter utilisasi menunjukkan bahwa keduanya memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai selisih pada rentang 0% sampai 0.53%. Perbandingan hasil perhitungan dan simulasi pada parameter volume trafik menunjukkan bahwa keduanya memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai selisih pada rentang 0.017% sampai 1.064%.

#### Referensi

- [1]. Sekarwangi, A. P. (2018). Perancangan Jaringan Metro Ethernet Kota Surabaya Tahun 2028 Dengan Metode Peramalan Trafik Rapp's Formula Dan Pengelompokan Trafik Dengan Metode Traffic Grooming. Penelitian Penelitian Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [2]. Sitompul, K. R. (2009). Analisis Kinerja Jaringan Metropolitan Area Network Dengan Teknologi Metro Ethernet (Studi Kasus PT Telkom Medan). Penelitian Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan.
- [3]. Pratama, S. Y., Sukiswo, & Zahra, A. A. (2017). Analisis Performansi Link Pada Jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Tengah Menggunakan Simulator Opnet 14 . 5. Penelitian Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 6(1), 117.

- [4]. Nurhayati, A., Posma, R., & Maulana, K. N. (n.d.). Analisis Routing Pada Ospf Metro Ethernet Pt. Telekomunikasi Indonesia. *Ict Penelitian Dan Penerapan Teknologi*, 4(6), 7–14.
- [5]. Iqbal, A., & Khan, S. L. A. (2015). Performance Evaluation of Real Time Applications for RIP, OSPF and EIGRP for flapping *links* using OPNET Modeler. *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, 3(1), 16–26.
- [6]. M. Sarosa dan S. Anggoro. *Data Link, Network & Issue Jaringan Komputer*. Elektroteknik Teknik Sistem Komputer Institut Teknologi Bandung, 2000.
- [7]. B. Chen, I. Marsic, H.-R. Shao, and R. Miller (2009), “Improved *Delayed ACK* for TCP over Multi-Hop Wireless Networks,” *IEEE Commun. Soc.*, no. January 2015, pp. 1–6.