

PEMODELAN DAN SIMULASI JARINGAN BACKBONE METRO ETHERNET KOTA SEMARANG TAHUN 2028 MENGGUNAKAN SIMULATOR RIVERBED MODELER 17.5

Danur Ilham Khoiruman ^{*}), Sukiswo dan Ajub Ajulian Zahra

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

^{*})E-mail: danurilham@gmail.com

Abstrak

Metro Ethernet merupakan salah satu teknologi untuk memberikan solusi terintegrasi untuk layanan suara, data dan video dalam cakupan yang luas (perkotaan). Teknologi ini memiliki kecepatan transmisi data sebesar 10 Mbps - 100 Gbps. Suatu jaringan harus memiliki kualitas layanan dan kapasitas yang memadai baik dari segi kapasitas link, router dan performansi QoS (Quality of Service). Pada penelitian ini, dirancang jaringan metro ethernet dengan kapasitas sesuai kebutuhan masyarakat kota Semarang tahun 2028 dengan kualitas layanan yang sesuai dengan standar PT. Telkom dan ITU-T. Pemodelan dan pembuatan simulasi rancangan jaringan menggunakan perangkat lunak Riverbed Modeler 17.5. Perbandingan protocol routing RIP dan OSPF dengan parameter waktu konvergensi dilakukan sebelum analisis QoS, dengan tujuan mendapatkan rekomendasi protocol routing yang terbaik. Analisis parameter QoS yang diukur meliputi round trip delay (RTD), jitter, packet loss, utilisasi dan volume trafik. Hasil perbandingan protocol routing menunjukkan bahwa protocol routing OSPF memiliki waktu konvergensi lebih cepat 2 kali lipat dari protokol RIP. Hasil analisis QoS menyatakan bahwa QoS semua link telah sesuai dengan standar yang ada, nilai terbesar untuk RTD adalah 1,265 ms, untuk jitter adalah 0,7331 ms, untuk packet loss ratio adalah 0,00019214 %, untuk utilisasi tertinggi yaitu 58,4%, dan volume trafik terbesar adalah 91.636 Mbps.

Kata Kunci: Metro, ethernet, performansi QoS, protocol routing, RTD, jitter, utilisasi, konvergensi

Abstract

Metro Ethernet is one of the technologies to provide integrated solutions for voice, data and video services in a wide range (urban). This technology has data transmission speeds of 10 Mbps - 100 Gbps. A network must have adequate service quality and capacity both in terms of link capacity, routers and QoS (Quality of Service) performance. In this study, a metro ethernet network was designed with the capacity according to the needs of the people of the city of Semarang in 2028 with service quality in accordance with the standards of PT. Telkom and ITU-T. Modeling and making network design simulations using Riverbed Modeler 17.5 software. Comparison of RIP and OSPF routing protocols with convergence time parameters is done before QoS analysis, with the aim of getting the best routing protocol recommendations. Analysis of QoS parameters measured includes round trip delay (RTD), jitter, packet loss, utilization and traffic volume. The results of the comparison of the routing protocol indicate that the OSPF routing protocol has a convergence time that is twice as fast as the RIP protocol. The results of QoS analysis state that QoS all links are in accordance with existing standards, the largest value for RTD is 1,265 ms, for jitter is 0.7331 ms, for packet loss ratio is 0.00019214%, for the highest utilization is 58.4%, and the largest traffic volume is 91,636 Mbps.

Keywords: Metro, Ethernet, QoS performance, routing protocol, RTD, jitter, utilization, convergence

1. Pendahuluan

Penetrasi internet di seluruh dunia memberikan pengaruh besar dalam kehidupan umat manusia saat ini. Perkembangan teknologi informasi dan telekomunikasi dan perbaikan infrastruktur teknologi menjadi sebuah kebutuhan. Metro ethernet merupakan teknologi ethernet yang dapat menjangkau *Wide Area Network* (WAN) di kota besar atau metropolitan dan merupakan sistem

jaringan yang cukup memadai untuk melayani kebutuhan telekomunikasi masa kini. Metro ethernet menawarkan teknologi jaringan transport yang dapat menyalurkan paket dengan kecepatan transmisi data sebesar 10 Mbps - 100 Gbps. Kota Semarang merupakan ibukota provinsi sehingga membutuhkan perencanaan jaringan yang handal untuk membangun infrastruktur jaringan yang dapat melayani pelanggan dengan kualitas pelayanan yang baik.

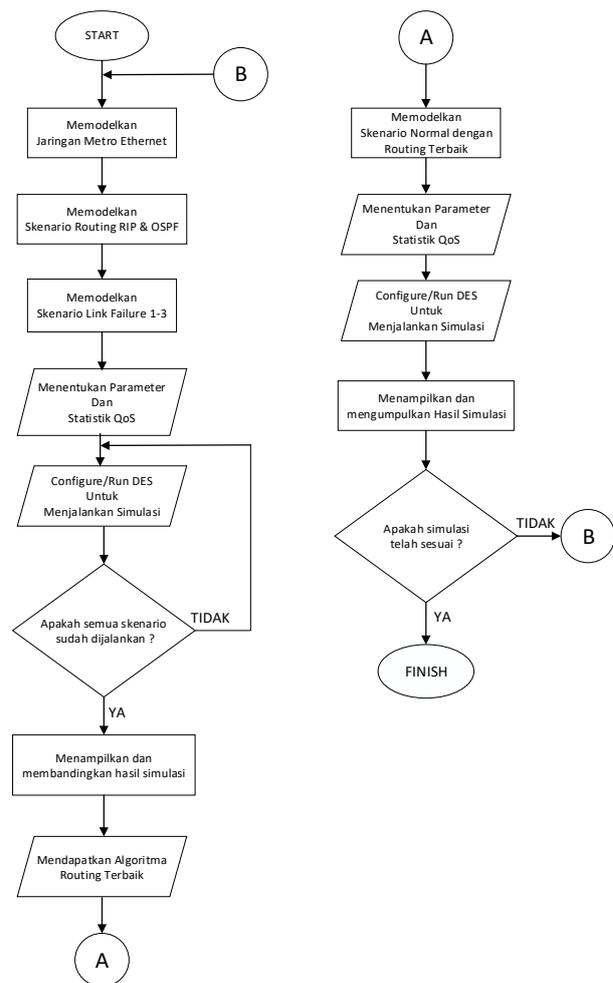
Penelitian ini berfokus pada pemodelan dan pembuatan simulasi jaringan Metro Ethernet di Kota Semarang untuk kebutuhan 10 tahun mendatang dengan simulasi Riverbed Modeler 17.5 *Academic Version* berdasarkan hasil *forecasting* trafik, serta *dimensioning* jaringan dari penelitian saudara Sekar Nirmakumala [1]. Penentuan protocol *routing* juga penting untuk jaringan berskala metro, oleh karena itu pada skenario awal simulasi dibuat perbandingan protokol *routing* RIP dan OSPF dengan parameter pembanding waktu konvergensi. Perbandingan dilakukan dengan 3 skema pemutusan *link* berbeda, hasil perbandingan kemudian dijadikan protokol *routing* untuk pengujian kualitas layanan atau *Quality of Service*. Statistik hasil pengukuran QoS yaitu *Round Trip Delay (RTD)*, *Jitter*, *Packet loss ratio*, dan Utilisasi dibandingkan dengan standar PT. Telkom Indonesia dan ITU-T.

Pada penelitian sebelumnya, Satya Yoga [2] melakukan studi mengenai analisis QoS *link* metro ethernet di kota Semarang tetapi belum melakukan perancangan dan analisis total semua *link*. Fitri Yustina[3] melakukan studi mengenai perancangan jaringan Metro Ethernet yang sudah diterapkan dengan menganalisis performansi QoS seperti *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* tetapi belum melakukan pendimensionan jaringan terhadap peramalan pertumbuhan *bandwidth* dan utilisasi *link*. Nuruhli Shalihah[4] menganalisis beberapa tahapan implementasi jaringan Metro Ethernet tetapi untuk layanan *Mobile Broadband* serta melakukan evaluasi kualitas layanan dengan parameter yang berbeda. Selain itu, referensi untuk penelitian analisis protokol dengan simulator OPNET mengacu pada penelitian milik Justin Deng dkk [5] dan Kiki Andriani dkk [6]. Kedua penelitian tersebut memiliki persamaan yaitu sama-sama membandingkan protokol *routing* dengan menggunakan simulator OPNET modeler 14.5. Parameter pengujian pada kedua penelitian ini memiliki persamaan yaitu parameter waktu konvergensi.

2. Metode

2.1. Pemodelan Jaringan

Pemodelan jaringan metro ethernet pada simulasi ini menggunakan topologi ring sesuai dengan hasil perancangan pada penelitian sebelumnya. Terdapat 3 ring dengan satu konsentrator sebagai *node* pusat yang menghubungkan 3 ring tersebut, setiap ring beranggotakan 3-5 grup *node*. Perancangan topologi pada skenario simulasi juga menggunakan penamaan dan pemetaan antar *node* yang dibuat semirip mungkin sesuai kondisi jaringan seperti Gambar 2 dan 3. serta penyesuaian *IP address* (*interface*, *subnet mask* dan *router ID*) baik pada *node server* maupun *router switch*. Sementara untuk keseluruhan perancangan simulasi, dibuat berdasarkan diagram alir dengan ditampilkan dalam bentuk tahapan-tahapan yang sistematis. Diagram alir perancangan simulasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



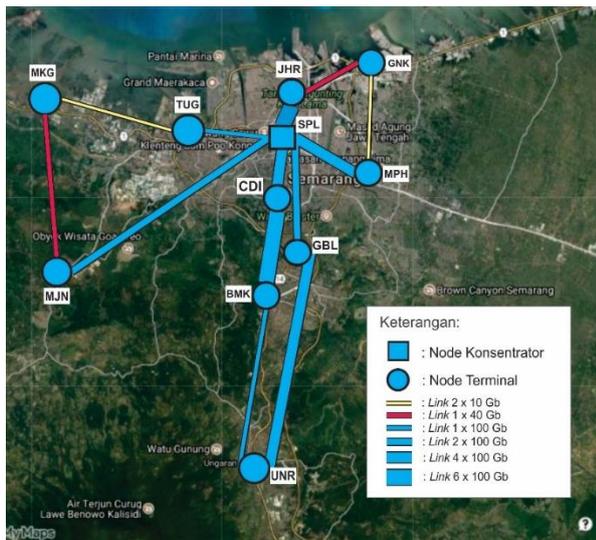
Gambar 1. Diagram Alir Simulasi

Tabel 1. Nama dan Koordinat Node

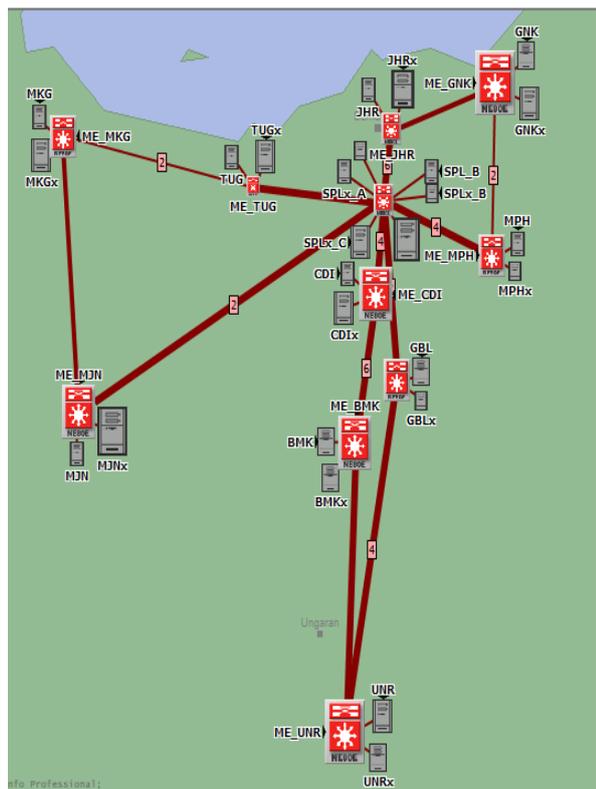
No	Nama Node	Simbol Node	Longitudo	Latitude
1	Candisari	ME_CDI	110.4194	-7.0195
2	Johar	ME_JHR	110.424830	-6.970389
3	Simpang Lima	ME_SPL	110.422126	-6.991442
4	Mijen	ME_MJN	110.315782	-7.054561
5	Mangkang	ME_MKG	110.310282	-6.972696
6	Tugu	ME_TUG	110.376654	-6.987408
7	Gombel	ME_GBL	110.426718	-7.045152
8	Ungaran	ME_UNR	110.408861	-7.149660
9	Banyumanik	ME_BMK	110.412369	-7.063919
10	Majapahit	ME_MPH	110.460029	-7.007903
11	Genuk	ME_GNK	110.461154	-6.956602

Tabel 2. Konfigurasi Node Router

No.	Atribut	Settingan
1	Module Name	Huawei Router
2	Port	108
3	OS Type	VRP
4	OS Version	Unknown
5	DRAM (KBytes)	8 x 1.000.000 KBytes
6	NVRAM (KBytes)	2 x 512.000 KBytes
7	Flash RAM (KBytes)	2 x 512.000 KBytes



Gambar 2. Topologi hasil perencanaan Sekar [1]



Gambar 3. Layout topologi pada simulasi

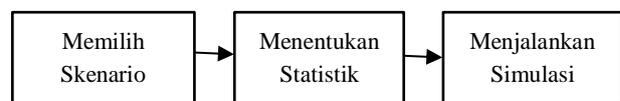
Tabel 3. Konfigurasi Media Transmisi [7]

No	Atribut	Pengaturan
1	Model	10/40/100Gbps_Ethernet
2	Propagation Speed	200.000.000 m/s (speed of light in glass)
3	Condition	Enabled
4	Cost	1,0
5	Delay (propagation)	Menyesuaikan Jarak transmisi
6	Packet Format	Ethernet, Ethernet_v2
7	Data Rate	10/40/100Gbps

2.2. Perbandingan Routing

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan protocol routing OSPF dan RIP dengan parameter pembanding adalah waktu konvergensi. Konfigurasi *link failure-recovery* dilakukan untuk memunculkan nilai konvergensi. Ada 3 skema waktu *link failure-recovery* yang dibuat. Konvergensi waktu sendiri adalah waktu saat semua router berbagi informasi, menghitung jalur terbaik, memperbaharui *Routing* tabel mereka. Perbandingan routing berfungsi untuk mendapatkan protocol routing terbaik dari sisi waktu konvergensi waktu[8],[9],[10].

2.3. Pengukuran QoS



Gambar 4. Diagram Alir Pengukuran QoS

Pada pengukuran QoS untuk performansi *link*, langkah-langkah yang dilakukan adalah memilih skenario mana yang akan diukur (kondisi awal/*forecasting*) kemudian memilih statistik yang berkaitan dengan tiga parameter yang akan diukur yaitu RTD, *jitter* dan *packet loss*. Setelah itu, simulasi dijalankan hingga selesai untuk memperoleh hasil pengukuran. Standarisasi dari ketiga parameter berdasarkan PT. Telkom[11] dan ITU-T[12] ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Standarisasi performansi *link* pada jaringan

Parameter	Std PT. Telkom	Std ITU-T
Round trip delay (RTD)	12 msec	< 5 msec
Jitter	10 msec	< 1 msec
Packet Loss	0,20 %	< 0.001 %
Utilisasi	Max 80 %	-

2.3.1. Round trip delay (RTD)

Delay (disebut juga *end-to-end delay*) adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. *Delay* dalam suatu jaringan juga merupakan parameter yang dapat dijadikan acuan dalam menilai kualitas dan kehandalan *link*. Semakin tinggi nilai *delay* maka terdapat kemungkinan bahwa kualitas dari suatu *link* kurang baik. Sementara itu, *round trip delay* (RTD) dalam transmisi paket data merupakan penjumlahan dari dua nilai *delay*[13].

Namun dalam penelitian ini, dua *delay* yang dijumlahkan untuk perhitungan RTD tersebut berbeda. *Delay* yang dijumlahkan adalah *delay* yang diperoleh dari paket data dengan *delay* dari ACK (*acknowledgement*) yang dibangkitkan oleh TCP. Untuk *delay* yang diperoleh dari paket data, meliputi *delay* transmisi, *delay* propagasi dan

delay proses dimana delay proses sendiri merupakan penjumlahan dari delay antrean dan delay layanan yang ada dalam node. Delay dari ACK pada dasarnya sama dengan delay dari paket data, hanya saja nilai delay transmisinya berbeda karena ukuran paketnya berbeda[14].

$$RTD = (\tau_T + \tau_{prop} + \tau_{proc}) + (\tau_{ack} + \tau_{prop} + \tau_{proc}) \quad (1)$$

Keterangan :

- τ_T = delay transmisi (s atau ms)
- τ_{prop} = delay propagasi (s atau ms)
- τ_{ack} = delay transmisi ACK (s atau ms)
- T_{ack} = delay total ACK (s atau ms)
- RTD = round trip delay (s atau ms)

2.3.2. 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). Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya collision sehingga nilai jitter-nya juga akan semakin besar. Besarnya nilai jitter menandakan performansi link pada jaringan tersebut buruk sehingga nilai jitter harus dijaga seminimal mungkin untuk mendapatkan performansi link yang baik dan handal [15].

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

2.3.3. Packet Loss Rasio

Packet Loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuannya. Pada implementasi jaringan IP (termasuk metro ethernet), 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).

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

2.3.4. Utilisasi

Utilisasi sendiri merupakan kapasitas jaringan yang terpakai dan dinyatakan dalam persen. Dalam hal ini Utilisasi/okupansi jaringan cenderung dipengaruhi langsung oleh trafik yang ditransmisikan melewati jaringan IP tersebut. Standar utilisasi yang diterapkan pada perancangan jaringan metro ethernet ini adalah maksimal

80%, hal ini ditetapkan untuk mengantisipasi trafik limpahan dari link lain ketika terjadi link putus atau kegagalan node. Persamaan (4) menunjukkan perhitungan utilisasi secara matematis [16][17].

$$Utilisasi = \frac{Rata-rata\ throughput\ traffic}{kapasitas\ bandwidth\ dari\ physical\ link} \times 100\% \quad (4)$$

3. Hasil dan Analisis

3.1. Perbandingan Protokol Routing

Parameter yang digunakan untuk data statistik perbandingan dua protokol tersebut adalah network convergence duration atau waktu konvergensi. Konvergensi sendiri mendefinisikan kondisi di mana semua router pada jaringan mencapai “kesepakatan” dalam menentukan jalur terbaik dalam routing, jadi network convergence duration adalah kecepatan waktu protokol routing dalam memperbarui tabel routing karena adanya kegagalan link atau node dalam jaringan. Semakin cepat protokol tersebut dalam membuat routing baru maka protokol tersebut semakin baik. Skema link failure dibuat untuk menunjang perbandingan sehingga kinerja dari protokol routing dapat diuji.

Tabel 5. Waktu konvergensi skema link failure pertama

No	Parameter	OSPF (sec)	RIP (sec)
1	Rata-rata	6,73	26,218
2	Max	17,5	40,779
3	Min	4,675	20,806

Tabel 6. Waktu konvergensi skema link failure kedua

No	Parameter	OSPF (sec)	RIP (sec)
1	Rata-rata	9,364	22,654
2	Max	22,52	88,522
3	Min	5,752	2,294

Tabel 7. Waktu konvergensi skema link failure ketiga

No	Parameter	OSPF (sec)	RIP (sec)
1	Rata-rata	2,688	26,534
2	Max	3,212	69,664
3	Min	1,593	17,951

Hasil perbandingan waktu konvergensi dari ketiga skema di atas dapat disimpulkan bahwa protokol routing OSPF memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan routing OSPF. Perbandingan kinerja protokol routing OSPF dan RIP berdasarkan waktu konvergensi jaringan menunjukkan bahwa dari ketiga skema link failure-recovery routing OSPF membutuhkan waktu 2,688 – 9,364 detik, sedangkan untuk routing RIP membutuhkan waktu 22,654 – 26,534 detik.

Hal ini terjadi karena protokol OSPF menggunakan protocol link state yang mempunyai informasi keadaan link secara keseluruhan pada topologi jaringan jadi ketika

terjadi perubahan informasi rute secara cepat router dapat menghitung tabel routing, dengan *link state* pencarian rute terbaik menggunakan perhitungan *cost bandwidth* dan protocol OSPF menggunakan konsep hierarki untuk penyebaran informasi lebih tersegmentasi dan terstruktur sehingga waktu *update* informasi lebih cepat. Sedangkan pada protocol RIP menggunakan protokol *distance vector* dengan mengandalkan informasi router tetangganya saja, jadi ketika terjadi perubahan informasi protocol RIP membutuhkan waktu yang relative lama untuk mendapatkan informasi routing secara keseluruhan topologi.

3.2. Pengukuran QoS

3.2.1. Round Trip Delay (RTD)

Tabel 8. Hasil Pengukuran RTD

No	Link	RTD (msec)	Standarisasi	
			Telkom (\sqrt{X})	ITU-T (\sqrt{X})
1	SPL_MPH	1,28361	√	√
	MPH_SPL	1,11390	√	√
2	MPH_GNK	1,03851	√	√
	GNK_MPH	1,12191	√	√
3	GNK_JHR	1,14331	√	√
	JHR_GNK	1,22484	√	√
4	JHR_SPL	1,08132	√	√
	SPL_JHR	0,98591	√	√
5	CDI_BMK	1,02357	√	√
	BMK_CDI	1,06495	√	√
6	BMK_UNR	1,06547	√	√
	UNR_BMK	1,06776	√	√
7	UNR_GBL	1,15799	√	√
	GBL_UNR	1,13815	√	√
8	GBL_SPL	1,01063	√	√
	SPL_GBL	0,99489	√	√
9	CDI_SPL	0,94876	√	√
	SPL_CDI	1,02983	√	√
10	SPL_MJN	1,16322	√	√
	MJN_SPL	1,16839	√	√
11	MJN_MKG	1,07741	√	√
	MKG_MJN	1,14447	√	√
12	MKG_TUG	1,38280	√	√
	TUG_MKG	1,19582	√	√
13	TUG_SPL	0,99178	√	√
	SPL_TUG	1,07298	√	√

Hasil dari perhitungan nilai RTD pada Tabel 8. menunjukkan bahwa dari 26 *link* telah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh Telkom dan ITU-T dengan rata-rata nilai RTD keseluruhan adalah 1,10355 ms. RTD rata-rata tersebut jauh di bawah standar Telkom (12 ms) dan ITU-T (5 ms). Nilai RTD paling tinggi terdapat pada link MKG_TUG yaitu 1,38280 ms, sedangkan untuk nilai RTD paling rendah atau terbaik terdapat pada link CDI_SPL adalah 0,94876 ms.

Tingginya nilai RTD dipengaruhi oleh nilai delay antrean rata-rata dalam node yang berkaitan erat dengan ruang buffer dan memori pada perangkat. Pada simulasi yang telah dilakukan, salah satu penyebab terbesar yang mempengaruhi banyaknya antrian data karena adanya indikasi perilaku TCP (duplikat ACK, retransmisi data, *reset connection*, dan lain-lain) yang terlalu sering terjadi. Hal tersebut menyebabkan trafik yang dibangkitkan pada *forwarding rate* tidak langsung ditransmisikan dan data harus ditampung terlebih dahulu di dalam ruang memori (*node*) ataupun ruang *buffer (interface)*, sedangkan intensitas trafik terus meningkat mengikuti trafik-trafik baru yang dibangkitkan.

3.2.2 Jitter

Tabel 9. Hasil Pengukuran Jitter

No	Link	Jitter (msec)	Standarisasi	
			Telkom (\sqrt{X})	ITU-T (\sqrt{X})
1	SPL_MPH	0,702729209	√	√
	MPH_SPL	0,753835716	√	√
2	MPH_GNK	0,727498155	√	√
	GNK_MPH	0,731142917	√	√
3	GNK_JHR	0,659236216	√	√
	JHR_GNK	0,603441667	√	√
4	JHR_SPL	0,706125126	√	√
	SPL_JHR	0,667602442	√	√
5	CDI_BMK	0,694074853	√	√
	BMK_CDI	0,623598162	√	√
6	BMK_UNR	0,796264454	√	√
	UNR_BMK	0,781045915	√	√
7	UNR_GBL	0,562613635	√	√
	GBL_UNR	0,471741365	√	√
8	GBL_SPL	0,667441318	√	√
	SPL_GBL	0,605844736	√	√
9	CDI_SPL	0,732068753	√	√
	SPL_CDI	0,764099598	√	√
10	SPL_MJN	0,678408387	√	√
	MJN_SPL	0,644255384	√	√
11	MJN_MKG	0,673826896	√	√
	MKG_MJN	0,722146087	√	√
12	MKG_TUG	0,595946518	√	√
	TUG_MKG	0,620711976	√	√
13	TUG_SPL	0,616809711	√	√
	SPL_TUG	0,550607032	√	√

Data hasil pengukuran *jitter* pada Tabel 9. menunjukkan klasifikasi bahwa semua *link* pada simulasi perancangan metro ethernet telah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh Telkom (10 ms) dan ITU-T (1 ms) sesuai pada Tabel 4. *Jitter* rata-rata pada hasil simulasi adalah 0,66743 ms, nilai ini masih berada dibawah standar yang ditentukan. Untuk waktu *jitter* tertinggi adalah 0,796264454 ms terdapat pada *link* BMK_UNR, sedangkan untuk nilai *jitter* terendah terdapat pada *link* GBL_UNR yaitu 0,471741365 ms. Nilai pada parameter *jitter* dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan IP.

3.2.3. Packet Loss Ratio

Tabel 10 menampilkan hasil statistik *Packet Loss Ratio* dari simulasi perancangan jaringan metro ethernet, dari data tersebut dapat dilihat bahwa klasifikasi untuk semua *link* telah sesuai dengan standar yang berlaku yaitu bernilai kurang nilai standarisasi pada Tabel 4. *Link* yang mempunyai tertinggi adalah GBL_SPL dan sebaliknya yaitu 0,00019214 %. Ada pun yang memiliki *Packet Loss Ratio* 0 yang berarti semua paket data yang dikirim telah diterima 100% tanpa adanya data yang hilang.

Tabel 10. Hasil Pengukuran Packet Loss Ratio

No	Link	Packet Loss Ratio	Standarisasi	
			Telkom (√/X)	ITU-T (√/X)
1	SPL_MPH	0,00003726	√	√
	MPH_SPL	0,00003726	√	√
2	MPH_GNK	0	√	√
	GNK_MPH	0	√	√
3	GNK_JHR	0,00002844	√	√
	JHR_GNK	0,00002844	√	√
4	JHR_SPL	0,000061151	√	√
	SPL_JHR	0,000061151	√	√
5	CDI_BMK	0,00008316751	√	√
	BMK_CDI	0,00008316751	√	√
6	BMK_UNR	0,00007428	√	√
	UNR_BMK	0,00007428	√	√
7	UNR_GBL	0	√	√
	GBL_UNR	0	√	√
8	GBL_SPL	0,00019214	√	√
	SPL_GBL	0,00019214	√	√
9	CDI_SPL	0,00003833	√	√
	SPL_CDI	0,00003833	√	√
10	SPL_MJN	0,00004110	√	√
	MJN_SPL	0,00004110	√	√
11	MJN_MKG	0,00006440	√	√
	MKG_MJN	0,00006440	√	√
12	MKG_TUG	0	√	√
	TUG_MKG	0	√	√
13	TUG_SPL	0,00005829	√	√
	SPL_TUG	0,00005829	√	√

Packet loss muncul karena beberapa faktor. Faktor pertama adalah terjadi kegagalan sinkronisasi ataupun *noise* pada saat transmisi data. Meskipun *error* yang dihasilkan sangatlah kecil, hal ini dikarenakan media transmisi yang digunakan adalah *wired* fiber optic berkecepatan cahaya sehingga sangat sedikit *noise* yang dihasilkan, terlebih lagi jarak transmisi yang tidak begitu jauh karena hanya dalam kota saja. Faktor selanjutnya adalah TTL (*Time To Live*) paket tidak tercapai karena paket terlalu lama berada di dalam jaringan dan tak kunjung sampai pada tujuan karena permasalahan *routing*. Faktor terakhir yang berpotensi menimbulkan *packet loss* adalah ketika laju kedatangan pertumbuhan trafik sama dengan atau lebih besar dari kemampuan pelayanan (laju layanan) perangkat dalam jaringan ($\lambda \geq \mu$) sehingga dapat menyebabkan kemacetan (*congestion*) hingga luapan trafik (*overflow*).

3.2.4. Utilisasi

Standarisasi pada parameter QoS utilisasi hanya mengacu pada standar Telkom. Pada Tabel 11. menunjukkan bahwa pada *link* SPL_TUG, CDI_SPL, GBL_SPL, MPH_SPL berada pada posisi “peringatan” karena melebihi batas utilisasi 50% namun keempat *link* tersebut hanya melebihi 1 - 8,4%. Berdasarkan wawancara penulis dengan manager operator PT.Telkom bagian *network operation*, kelebihan 8,4% masih dianggap wajar selama belum mencapai angka 80% karena jika sudah mencapai 80% artinya wajib ditambah kapasitas *link* tersebut.

Tabel 11. Hasil Pengukuran Utilisasi

No	Link	Utilisasi	Std PT. Telkom
1	SPL_MPH	30,6	√
2	MPH_SPL	58,4	√
3	MPH_GNK	36	√
4	GNK_MPH	20,4	√
5	GNK_JHR	19,7	√
6	JHR_GNK	32	√
7	JHR_SPL	40,6	√
8	SPL_JHR	24,9	√
9	CDI_BMK	40,9	√
10	BMK_CDI	20,9	√
11	BMK_UNR	44	√
12	UNR_BMK	11,3	√
13	UNR_GBL	23	√
14	GBL_UNR	38,3	√
15	GBL_SPL	58,1	√
16	SPL_GBL	19,8	√
17	CDI_SPL	56,4	√
18	SPL_CDI	29,9	√
19	SPL_MJN	36,2	√
20	MJN_SPL	12,7	√
21	MJN_MKG	36,3	√
22	MKG_MJN	25,7	√
23	MKG_TUG	15,2	√
24	TUG_MKG	35,4	√
25	TUG_SPL	19,7	√
26	SPL_TUG	50,2	√

Nilai utilisasi tertinggi ada pada *link* MPH_SPL yaitu 58,4 %, sedangkan nilai utilisasi terendah terdapat pada *link* UNR_BMK yaitu 11,3 %. Nilai standar <50 % ini di tentukan berdasarkan teori bahwa jika ada *link* putus pada *ring* tertentu maka *link* pada jaringan tersebut dapat menampung limpahan trafik dari *link* yang putus. Utilisasi pada suatu *link* tidak sama dikarenakan trafik *inbound* dan *outbound*-nya berbeda atau bahkan bisa berbanding terbalik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, jaringan metro ethernet yang dimodelkan pada terdapat total 11 node router menggunakan Router Huawei NE80E dengan kapasitas 10

Tbps dan link yang digunakan adalah Gigabit Ethernet fiber optic berkapasitas 10 Gbps, 40 Gbps, dan 100 Gbps, serta server yang digunakan adalah ethernet server tipe Solaris Sun Ultra 2 Model 1400. Perbandingan kinerja protokol *routing* OSPF dan RIP berdasarkan waktu konvergensi jaringan menunjukkan bahwa dari ketiga skema *link failure-recovery routing* OSPF membutuhkan waktu 2,688 – 9,364 detik, sedangkan untuk *routing* RIP membutuhkan waktu 22,654 – 26,534 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *routing* OSPF lebih baik dari RIP sehingga *routing* OSPF dipilih sebagai protokol *routing* yang digunakan dalam perancangan jaringan metro *ethernet*. Pada pengukuran QoS parameter *round trip delay* (RTD) menunjukkan bahwa seluruh *link* dalam jaringan yang dirancang telah sesuai dengan standarisasi QoS yang ditentukan yaitu sebesar 12 ms (Telkom) dan < 5 ms (ITU-T). Nilai tertinggi yang terukur untuk parameter RTD terdapat pada link MKG_TUG yaitu 1,38280 ms, sedangkan untuk nilai RTD paling rendah atau terbaik terdapat pada link CDI_SPL adalah 0,94876 ms. Kemudian pada parameter *jitter* atau variasi *delay* menunjukkan bahwa semua *link* dalam jaringan yang dirancang telah sesuai dengan standarisasi QoS yang ditentukan yaitu sebesar 10 ms (Telkom) dan < 1 ms (ITU-T). Nilai *jitter* tertinggi adalah 0,796264454 ms terdapat pada link BMK_UNR, sedangkan untuk nilai *jitter* terendah terdapat pada link GBL_UNR yaitu 0,471741365 ms. Sedangkan untuk parameter *packet loss* menunjukkan bahwa semua *link* dalam jaringan yang dirancang telah sesuai dengan standarisasi QoS yang ditentukan yaitu sebesar 0,2 % (Telkom) dan < 0,001 % (ITU-T). Nilai tertinggi yang terukur untuk parameter *packet loss ratio* terdapat pada link GBL – SPL dengan nilai 0,00019214 %. Pada pengukuran utilisasi menunjukkan bahwa semua *link* dalam jaringan yang dirancang telah sesuai dengan standarisasi QoS yang ditentukan yaitu sebesar maksimal 80 % (Telkom). Nilai tertinggi yang terukur untuk parameter utilisasi terdapat pada link MPH – SPL dengan nilai 58,4 %, sedangkan nilai utilisasi terendah terdapat pada link UNR_BMK yaitu 11,3 %.

Referensi

- [1]. Sekar Nirmakumala, “Perencanaan Jaringan Backbone Metro Ethernet Kota Semarang Tahun 2028 Menggunakan Algoritma Dijkstra dan Georganas Serta Metode Hungarian dan Forecasting Kruithof’s Double Factor”, Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2018.
- [2]. Satya Yoga P., “Analisis Performansi Link Pada Jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Tengah Menggunakan Simulator OPNET 14.5”, Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2017.
- [3]. Fitri Yustina, “Studi Perancangan Jaringan Teknologi Metro Ethernet Untuk Jaringan Telekomunikasi Eksternal Universitas Lampung”, Universitas Lampung, 2010.
- [4]. Nuruhli Shalihah, “Implementasi Jaringan Metro Ethernet PT. Telkom untuk Akses Layanan Mobile Broadband PT. Telkomsel Area Jakarta”, Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [5]. Justin Deng, Siheng Wu, Kenny Sun, “Comparison of RIP, OSPF, and EIGRP Routing Protocols based on OPNET”, *Communication network*, Simon Fraser University, Canada, 2014.
- [6]. Kiki Andriani, Istikmal, Muhammad Iqbal, “Simulasi dan Analisis routing Jaringan Metro Ethernet dengan menggunakan RIPNG dan OSPF pada IPV6”, Laporan Tugas Akhir, Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, Bandung, 2011.
- [7]. EXFO Inc., “EtherSAM: The New Standard In Ethernet Service Testing,”
- [8]. Kadek Chandra T. W., “Analisis Kinerja RIP (*Routing Information Protocol*) Untuk Optimalisasi Jalur Routing”, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Udayana, Bali, 2012
- [9]. Handriyanto, D. F., “Kajian Penggunaan Mikrotik Router Os™ Sebagai Router Pada Jaringan Komputer”, Teknik Informatika, Universitas Sriwijaya, 2009.
- [10]. Graziani, R., dan Johnson, A. *Routing Protocols and Concepts, CCNA Exploration Companion Guide*. Texas: Cisco, 2008.
- [11]. PT Telkom Indonesia, “Preventive Maintenance Metro Ethernet Huawei,” *NITS Academy TCU-C Bandung*. 2013.
- [12]. A. Kasim, *Delivering Carrier Ethernet: Extending Ethernet Beyond the LAN*. The McGraw-Hill Companies United States of America, 2008.
- [13]. S. N. Hertiana, *Rekayasa Trafik Telekomunikasi*. Institut Teknologi Telkom Bandung, 2009.
- [14]. Forouzan, A.. *Data Communications And Networking 4th Edition*. New York: McGraw-Hill, 2007.
- [15]. Melvin Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer*, Andi: Yogyakarta, 2005
- [16]. PT Telkom Indonesia, *Kebijakan Pengelolaan Infrastruktur Infocom Divisi Infratel KV.85/TK000/DIT-050/2009*. Semarang, 2009.
- [17]. Fatoni. “Analisis Kualitas Layanan Jaringan Intranet”, Universitas Bina Darma, Palembang, 2011.