

SIMULASI DAN ANALISIS JARINGAN METRO ETHERNET KOTA BANDUNG TAHUN 2028 MENGGUNAKAN OPNET MODELER

Arif Nur Hidayat^{*}, Sukiswo, Ajub Ajulian Zahra

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

^{*}E-mail: arifnurhidayat22@gmail.com

Abstrak

Sebagai salah satu kota metropolitan, jumlah pengguna perangkat telekomunikasi kota Bandung dipastikan besar. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, maka trafik data yang dibangkitkan juga bertambah. Sehingga, diperlukan jaringan yang mampu melayaninya. Metro ethernet merupakan salah satu jaringan yang cukup memadai untuk melayani trafik data telekomunikasi saat ini. Penelitian ini merancang pemodelan dan analisis jaringan metro ethernet. Pemodelan jaringan metro ethernet menggunakan perangkat lunak OPNET Modeler. Analisis performansi jaringan dilakukan dengan cara mengukur metrik QoS (Quality of Service) berdasarkan standar PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk dan ITU-T. Metrik performansi jaringan yang digunakan antara lain round trip delay (RTD), jitter, packet loss, dan utilisasi link. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata RTD jaringan sebesar 0,3542 ms, rata-rata nilai jitter jaringan sebesar 0,2159 ms, dan rata-rata packet loss jaringan sebesar 0,000585%. Nilai utilisasi link tertinggi terdapat pada link LBG ↔ RJW sebesar 52,9631%. Sedangkan, nilai utilisasi link terendah terdapat pada link UBR ↔ CJA sebesar 29,7614%. Skema dynamic routing menggunakan protokol OSPF diterapkan pada jaringan. Rata-rata waktu konvergensi jaringan dari variasi tiga skenario sebesar 15 s.

Kata Kunci: Metro ethernet, performansi jaringan, round trip delay, jitter, packet loss, utilisasi link, routing, OSPF

Abstract

As one of the metropolitan cities, number of users telecommunication equipment in Bandung is certainly large. As the population increases, the data traffic generated also increases. So, it is necessary to have a network capable of serving it. Metro Ethernet is one of the networks that is sufficient enough to serve telecommunications data traffic at this time. This final project designs modeling and performance analysis of metro ethernet networks. Metro ethernet network modelling use OPNET Modeler software. Network performance will be analyze with measuring QoS (Quality of Service) metrik based on PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk and ITU-T standard. Network performance metrics used namely round trip delay (RTD), jitter, packet loss, and link utilization. The measurement results show that the average value of the network RTD is 0.3542 ms, the average network jitter value is 0.2159 ms, and the average network packet loss is 0,000585%. The highest link utilization value is found in the LBG ↔ RJW link of 52.9631%. Meanwhile, the lowest link utilization value is found in UBR ↔ CJA link of 29.7614%. Dynamic routing schemes using the OSPF protocol are applied to the network. The average time of network convergence from the three scenario variations is 15 s.

Keywords: Metro ethernet, performansi jaringan, round trip delay, jitter, packet loss, link utilization, routing, OSPF

1. Pendahuluan

Menurut data Badan Pusat Statistik Kota Bandung, jumlah penduduk Kota Bandung tahun 2016 adalah 2.490.622 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 0,37% per tahun [1]. Sebagai kota metropolitan, tentu kota Bandung erat kaitannya dengan dengan penggunaan perangkat telekomunikasi. Dengan bertambahnya penduduk dari tahun ke tahun, maka aliran data yang dibangkitkan dari penggunaan perangkat telekomunikasi juga bertambah. Sehingga, diperlukan jaringan yang mampu untuk melayaninya.

Metro Ethernet merupakan *Next Generation Network* (NGN), salah satu jaringan yang cukup memadai untuk dapat melayani kebutuhan telekomunikasi saat ini. Metro ethernet merupakan teknologi berbasis *wired network* dengan memanfaatkan serat optik sebagai media transmisinya. Faktor-faktor yang memengaruhi kinerja jaringan metro ethernet antara lain topologi jaringan dan link.

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis jaringan metro ethernet antara lain, Satya Yoga Pratama [2] melakukan analisis jaringan metro ethernet regional

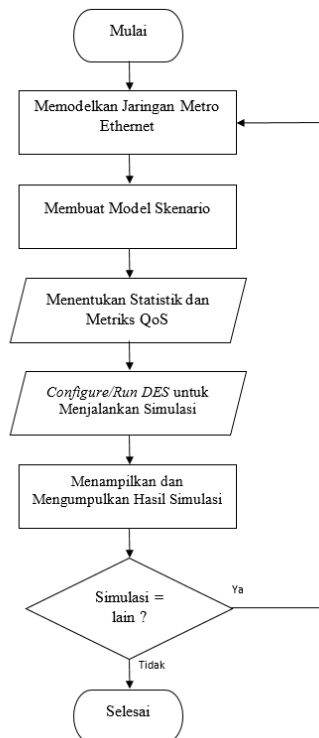
Jawa Tengah dengan metrik performansi *round trip delay*, *jitter*, dan *packet loss*, serta melakukan peramalan trafik setahun mendatang. Apit Tri Susilo [3] menjelaskan secara luas mengenai perbandingan antara jaringan metro ethernet dengan jaringan *leased line*. Devi Tiarani P, dkk [4] membahas tentang performansi jaringan DWDM ring DIY-Semarang-Surakarta dan meramalkan *bandwidth link* untuk tahun 2030.

Pada penelitian ini akan memodelkan jaringan metro ethernet dengan studi kasus kota Bandung untuk keperluan 10 tahun mendatang. Jaringan disimulasikan sesuai dengan kondisi real serta sesuai dengan data-data yang didapat. Topologi jaringan akan dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak OPNET Modeler. Analisis performansi jaringan metro ethernet pada penelitian ini menggunakan metrik QoS (*Quality of Service*), antara lain meliputi *round trip delay*, *jitter*, *packet loss*, dan utilisasi *link*.

2. Metode

2.1. Diagram Blok Sistem

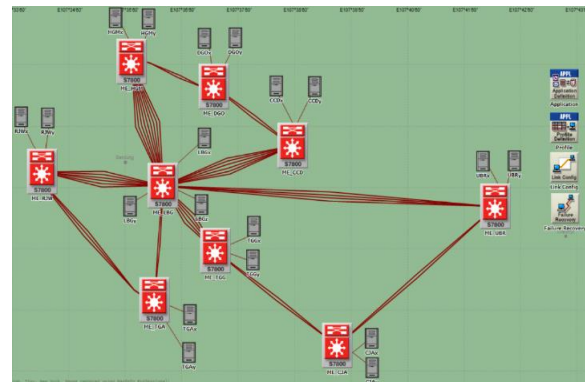
Sistem yang dirancang merupakan sebuah simulasi jaringan metro ethernet untuk studi kasus kota Bandung. Perancangan simulasi jaringan metro ethernet ini dibuat berdasarkan alur kerja dalam penggunaan simulator OPNET Modeler. Sedangkan keseluruhan perancangan simulasi ini dibuat berdasarkan diagram alir. Diagram alir simulasi berfungsi untuk menentukan alur pemikiran dalam perancangan simulasi dalam penelitian ini. Diagram alir perancangan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir simulasi

2.2. Pemodelan Jaringan

Pembuatan simulasi ini menggunakan beberapa buah objek yang berbeda sesuai fungsi pada jaringan. 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 S7803 berfungsi sebagai perangkat metro ethernet (*router switch*) dan objek *ethernet_server_adv* berfungsi sebagai perangkat untuk mengasumsikan pembangkitan trafik jaringan. Sementara untuk media transmisi sebagai penghubung antar *node router* menggunakan *100Gbps_ethernet_adv* dan *40Gbps_ethernet_adv*. Sedangkan, media transmisi antara *router* dengan *ethernet_server_adv* menggunakan *10Gbps_ethernet_adv*. Media transmisi disesuaikan dengan konfigurasi standar serat optik yang berkaitan. Alur kerja dalam membuat model jaringan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Tampilan topologi jaringan metro ethernet kota Bandung pada OPNET Modeler

2.3. Metrik Performansi Jaringan

Tabel 1. Standarisasi metrik performansi jaringan

Metrik	Std PT. Telkom	Std ITU-T
RTD	12 msec	< 5 msec
Jitter	10 msec	< 1 msec
Packet Loss	0,20%	<0,001%

Tabel 1 menunjukkan standarisasi metrik performansi jaringan yang diberlakukan PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk [5] dan ITU-T [6]. Metrik performansi jaringan merupakan parameter yang digunakan sebagai tolak ukur performansi suatu jaringan ataupun *link* terhadap trafik yang dibebankan. Standarisasi metrik tersebut secara umum dikeluarkan oleh ITU-T (*International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector*). PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk mengeluarkan standar khusus untuk *round trip delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Standar ini dibuat berdasarkan kebijakan dan pertimbangan yang telah dilakukan.

2.3.1. Round Trip Delay (RTD)

Round trip delay (RTD), merupakan penjumlahan dari dua nilai delay. Pada penelitian ini, RTD adalah penjumlahan dari delay paket data dan delay paket ACK dimana paket ACK diasumsikan memiliki ukuran paket sebesar 40 bytes [7]. Analisis jaringan 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).

$$RTD = T_{Data} + T_{ACK} \quad (1)$$

Keterangan :

RTD = Round Trip Delay (s)
 T_{Data} = Delay paket data (s)
 T_{ACK} = Delay paket ACK (s)

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*). 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. Pada OPNET Modeler, jitter disebut juga total variasi *end-to-end delay* dan untuk mengukurnya dapat menggunakan Persamaan 2.

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

2.3.3. Packet Loss

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. Pengukuran packet loss dapat menggunakan Persamaan 3.

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

Keterangan :

P_s = packet sent = paket yang dikirim (bits)
 P_r = packet receiver = paket yang diterima (bit)

2.3.4. Utilisasi Link

Utilisasi link merupakan rasio antara trafik jaringan saat ini dan trafik maksimum yang dapat ditangani oleh link. Utilisasi link menunjukkan penggunaan bandwidth dalam jaringan. Sementara utilisasi link yang tinggi

menunjukkan jaringan dalam keadaan sibuk (*busy*), utilisasi jaringan yang rendah menunjukkan jaringan sedang kurang aktif. Ketika utilisasi link melebihi ambang batas kondisi normal, hal ini akan menyebabkan kecepatan transmisi rendah, keterlambatan permintaan dan sebagainya [8].

2.4. Routing

Routing atau perutean merupakan proses dimana paket dibawa dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Contoh nyata sesuatu yang membutuhkan perutean adalah surat, panggilan telepon, perjalanan kereta api, dan lain sebagainya. Pada suatu jaringan telekomunikasi, router adalah perangkat yang digunakan untuk merutekan trafik jaringan [9]. Pada suatu sistem jaringan komputer, router mempelajari informasi routing dari sumber-sumber routing yang terletak di dalam tabel perutean (*routing table*). Router akan berpedoman pada tabel ini untuk menyatakan port mana yang digunakan mengirim paket-paket yang akan ditujukan.

2.4.1. Open Shortest Path First (OSPF)

Open Shortest Path First (OSPF) merupakan routing protocol link state dan digunakan untuk menghubungkan router yang berada dalam satu *Autonomous System (AS)*. Sehingga routing protocol ini termasuk juga katagori *Interior Gateway Protocol (IGP)* [10]. OSPF bekerja dengan sebuah algoritma yang disebut algoritma *Dijkstra*. Sebuah pohon jalur terpendek (*shortest path tree*) akan dibangun, kemudian routing table akan diisi dengan jalur-jalur terbaik yang dihasilkan dari pohon tersebut [11].

2.4.2. Waktu Konvergensi

Waktu konvergensi merupakan bagian dari proses update routing table. Ketika terjadi link gagal atau terjadi perubahan rute, informasi terbaru dikirim ke seluruh jaringan yang menggambarkan perubahan dalam topologi jaringan. Setiap router kemudian menjalankan algoritma routing, melakukan perhitungan ulang, dan membangun routing table baru. Konvergensi merupakan proses routing dinamis, dimana update routing table terjadi secara otomatis.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Round Trip Delay (RTD)

Round Trip Delay atau RTD merupakan penjumlahan dari dua jenis delay, yaitu delay yang dialami paket data dan delay ACK yang dihasilkan protokol TCP. Paket data maupun paket ACK terdiri dari delay transmisi dan delay propagasi. Tabel 2 menunjukkan nilai Round Trip Delay jaringan metro ethernet.

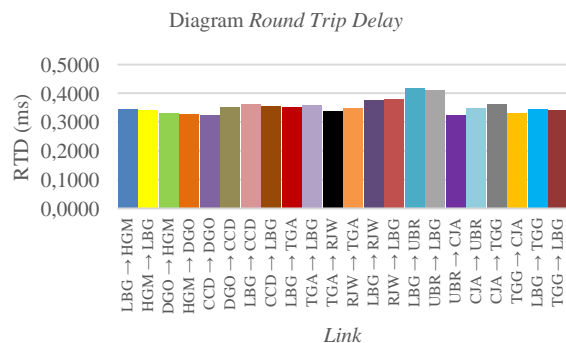
Tabel 2 Round trip delay seluruh link jaringan metro ethernet

Link	RTD (ms)	Standarisasi	
		PT. Telkom	ITU-T
LBG → HGM	0,3453	√	√
HGM → LBG	0,3429	√	√
DGO → HGM	0,3322	√	√
HGM → DGO	0,3296	√	√
CCD → DGO	0,3250	√	√
DGO → CCD	0,3520	√	√
LBG → CCD	0,3636	√	√
CCD → LBG	0,3548	√	√
LBG → TGA	0,3530	√	√
TGA → LBG	0,3594	√	√
TGA → RJW	0,3386	√	√
RJW → TGA	0,3492	√	√
LBG → RJW	0,3776	√	√
RJW → LBG	0,3822	√	√
LBG → UBR	0,4203	√	√
UBR → LBG	0,4101	√	√
UBR → CJA	0,3254	√	√
CJA → UBR	0,3478	√	√
CJA → TGG	0,3640	√	√
TGG → CJA	0,3328	√	√
LBG → TGG	0,3456	√	√
TGG → LBG	0,3410	√	√
Persentase memenuhi		100%	100%
Rata-rata RTD jaringan		0,3542 ms	

Keterangan :

- √ Memenuhi standarisasi
- x Tidak memenuhi standarisasi

Berdasarkan Tabel 2 mengenai Round Trip Delay, dapat diketahui bahwa keseluruhan link pada jaringan metro ethernet kota Bandung masih berada dibawah batas standarisasi dan memiliki performansi yang baik. Nilai Round Trip Delay jaringan memenuhi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk sebesar <12 ms maupun standarisasi ITU-T sebesar <5 ms. Nilai rata-rata Round Trip Delay jaringan metro ethernet sebesar 0,3542 ms. Persentase link memenuhi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk sebesar 100%, dan persentase link memenuhi standarisasi ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) sebesar 100%.



Gambar 3 Round trip delay seluruh link jaringan

Gambar 3 menunjukkan diagram perbandingan nilai RTD keseluruhan link jaringan metro ethernet. Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa link dengan nilai RTD tertinggi terdapat pada link LBG→UBR sebesar 0,4203 ms. Sedangkan, link dengan nilai round trip delay terendah adalah link CCD→DGO sebesar 0,3250 ms. Hasil simulasi RTD menunjukkan bahwa keseluruhan link mampu melayani volume trafik yang terjadi, serta memiliki spesifikasi dan proses transmisi yang baik.

3.2. Jitter

Nilai metrik jitter pada penelitian mengacu pada statistik hasil simulasi pada OPNET Modeler. Metrik jitter telah ditentukan dalam objek node statistic sebelumnya. Hasil dari statistik tersebut diperoleh setelah simulasi dijalankan serta tidak perlu melakukan perhitungan lagi terhadap hasil akhir yang diperoleh. Parameter jitter dalam OPNET Modeler bernama variasi delay (end-to-end delay variation). Tabel 3 menunjukkan nilai jitter keseluruhan link jaringan metro ethernet.

Tabel 3 Nilai jitter seluruh link jaringan metro ethernet

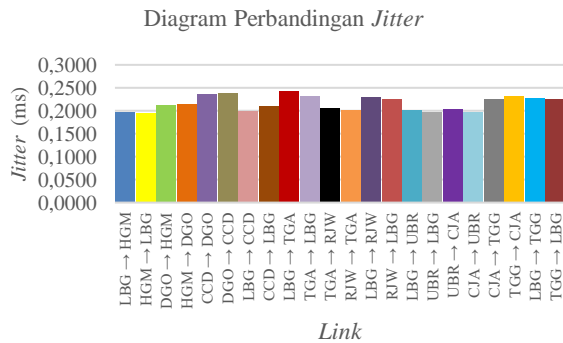
Link	Jitter (ms)	Standarisasi	
		PT. Telkom	ITU-T
LBG → HGM	0,1971	√	√
HGM → LBG	0,1950	√	√
DGO → HGM	0,2130	√	√
HGM → DGO	0,2144	√	√
CCD → DGO	0,2368	√	√
DGO → CCD	0,2376	√	√
LBG → CCD	0,2000	√	√
CCD → LBG	0,2104	√	√
LBG → TGA	0,2421	√	√
TGA → LBG	0,2326	√	√
TGA → RJW	0,2054	√	√
RJW → TGA	0,2009	√	√
LBG → RJW	0,2296	√	√
RJW → LBG	0,2249	√	√
LBG → UBR	0,2009	√	√
UBR → LBG	0,1978	√	√
UBR → CJA	0,2036	√	√
CJA → UBR	0,1961	√	√
CJA → TGG	0,2260	√	√
TGG → CJA	0,2321	√	√
LBG → TGG	0,2267	√	√
TGG → LBG	0,2263	√	√
Persentase memenuhi		100%	100%
Rata-rata jitter		0,2159	

Keterangan :

- √ Memenuhi standarisasi
- x Tidak memenuhi standarisasi

Berdasarkan Tabel 3 mengenai variasi delay atau jitter, dapat diketahui keseluruhan link pada jaringan metro ethernet kota Bandung masih berada dibawah batas standarisasi dan memiliki performansi yang baik. Nilai jitter jaringan memenuhi standarisasi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk sebesar <10 ms maupun standarisasi ITU-T sebesar <1 ms. Nilai rata-rata jitter jaringan metro ethernet sebesar 0,2159 ms. Persentase

link memenuhi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk sebesar 100%, dan persentase link memenuhi standarisasi ITU-T sebesar 100%.



Gambar 4 Round trip delay seluruh link jaringan

Gambar 4 menunjukkan diagram perbandingan nilai variasi delay atau jitter seluruh link jaringan metro ethernet. Berdasarkan Gambar 3.2, dapat diketahui bahwa link dengan nilai jitter tertinggi terdapat pada link LBG→TGA sebesar 0,2421 ms. Sedangkan, link dengan nilai jitter terendah terdapat pada link HGM→LBG sebesar 0,1950 ms.

3.3. Packet Loss

Tabel 4 Nilai packet loss seluruh link jaringan metro ethernet

Link	Packet Loss (%)	Standarisasi	
		PT. Telkom	ITU-T
LBG ↔ HGM	0,000280	√	√
HGM ↔ DGO	0,000472	√	√
DGO ↔ CCD	0,000449	√	√
LBG ↔ CCD	0,000372	√	√
LBG ↔ TGA	0,000344	√	√
TGA ↔ RJW	0,000525	√	√
LBG ↔ RJW	0,000153	√	√
LBG ↔ UBR	0,000378	√	√
UBR ↔ CJA	0,000501	√	√
CJA ↔ TGG	0,000872	√	√
LBG ↔ TGG	0,002093	√	x
Persentase memenuhi		100%	88,89%
Rata-rata packet loss		0,000585 %	

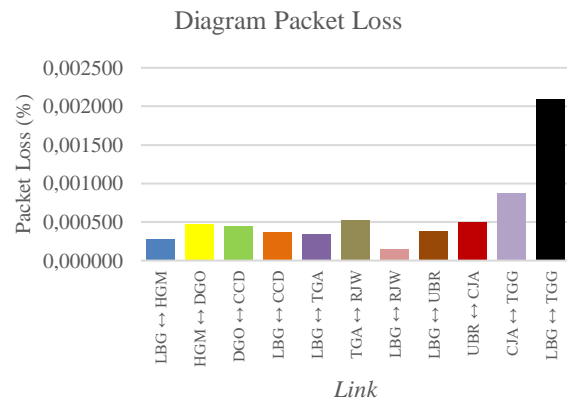
Keterangan :

- √ Memenuhi standarisasi
- x Tidak memenuhi standarisasi

Nilai metrik packet loss pada penelitian ini mengacu pada statistik hasil simulasi pada OPNET Modeler. Metrik packet loss telah ditentukan dalam objek link statistic sebelumnya. Hasil dari statistik tersebut diperoleh setelah simulasi dijalankan serta tidak perlu melakukan perhitungan lagi terhadap hasil akhir yang diperoleh. Parameter jitter dalam OPNET Modeler bernama variasi

packet loss ratio. Tabel 4 menunjukkan nilai packet loss jaringan metro ethernet.

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa 100% link jaringan masih berada dibawah standarisasi packet loss PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk sebesar <0,20% dan 88,89% link jaringan masih berada di bawah standarisasi packet loss ITU-T sebesar <0,001%. Nilai rata-rata packet loss jaringan metro ethernet sebesar 0,000585%.



Gambar 5 Packet loss seluruh link jaringan

Gambar 5 menunjukkan diagram perbandingan nilai packet loss seluruh link jaringan metro ethernet. Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa link dengan nilai packet loss tertinggi terdapat pada link LBG↔TGG sebesar 0,002093%. Sedangkan, link dengan nilai packet loss terendah terdapat pada link LBG↔RJW sebesar 0,000153%.

3.4. Utilisasi Link

Tabel 5. Perbandingan nilai packet loss seluruh link jaringan metro ethernet

Link	Utilisasi (%)		Selisih (%)	
	Simulasi	Perhitungan		
LBG ↔ HGM	48,4234	48,4221	0,0013	
HGM ↔ DGO	34,3746	34,3283	0,0463	
DGO ↔ CCD	45,3510	45,3386	0,0124	
LBG ↔ CCD	48,4699	48,4540	0,0159	
LBG ↔ TGA	45,6123	45,5367	0,0756	
TGA ↔ RJW	38,1176	38,1000	0,0176	
LBG ↔ RJW	52,9631	52,9206	0,0425	
LBG ↔ UBR	48,7819	48,7671	0,0148	
UBR ↔ CJA	29,7614	29,8037	0,0423	
CJA ↔ TGG	41,5246	41,5254	0,0008	
LBG ↔ TGG	45,9706	45,9641	0,0065	
Rata-rata		43,5773	43,5601	0,0173

Nilai metrik utilisasi pada penelitian ini mengacu pada statistik hasil simulasi pada OPNET Modeler. Metrik utilisasi telah ditentukan dalam objek link statistic sebelumnya. Hasil dari statistik tersebut diperoleh setelah

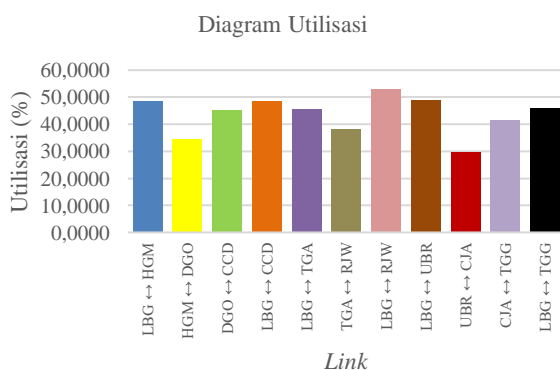
simulasi dijalankan serta tidak perlu melakukan perhitungan lagi terhadap hasil akhir yang diperoleh.

3.5. Utilisasi Link

Tabel 5 Perbandingan nilai packet loss seluruh link jaringan metro ethernet

Link	Utilisasi (%)		Selisih (%)
	Simulasi	Perhitungan	
LBG ↔ HGM	48,4234	48,4221	0.0013
HGM ↔ DGO	34,3746	34,3283	0.0463
DGO ↔ CCD	45,3510	45,3386	0.0124
LBG ↔ CCD	48,4699	48,4540	0.0159
LBG ↔ TGA	45,6123	45,5367	0.0756
TGA ↔ RJW	38,1176	38,1000	0.0176
LBG ↔ RJW	52,9631	52,9206	0.0425
LBG ↔ UBR	48,7819	48,7671	0.0148
UBR ↔ CJA	29,7614	29,8037	0.0423
CJA ↔ TGG	41,5246	41,5254	0.0008
LBG ↔ TGG	45,9706	45,9641	0.0065
Rata-rata	43,5773	43,5601	0,0173

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa utilisasi link hasil simulasi dan hasil simulasi link hasil perhitungan memiliki nilai yang mendekati. Selisih nilai utilisasi terbesar terdapat pada link LBG↔TGA sebesar 0,0756%, sedangkan selisih terkecil terdapat pada link CJA↔TGG sebesar 0,0008%. Selisih ini terjadi karena nilai utilisasi simulasi merupakan nilai rata-rata dari nilai utilisasi link antar dua node. Sehingga, terjadi perbedaan ketelitian antara hasil simulasi dan hasil perhitungan. Nilai rata-rata utilisasi jaringan sebesar 43,5773. Nilai utilisasi jaringan secara keseluruhan berada di bawah 55%, hal ini menunjukkan bahwa link mampu melayani volume trafik yang terjadi, serta memiliki spesifikasi dan proses transmisi yang baik. Sehingga, jaringan belum perlu memerlukan upgrade atau menambah kapasitas untuk dapat melayani trafik yang terjadi.



Gambar 6 Utilisasi seluruh link jaringan

Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai utilisasi seluruh link jaringan metro ethernet. Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa nilai utilisasi tertinggi terdapat pada link LBG↔RJW sebesar 52,9631. Sedangkan, nilai

utilisasi terendah terdapat pada link UBR↔CJA sebesar 29,7614.

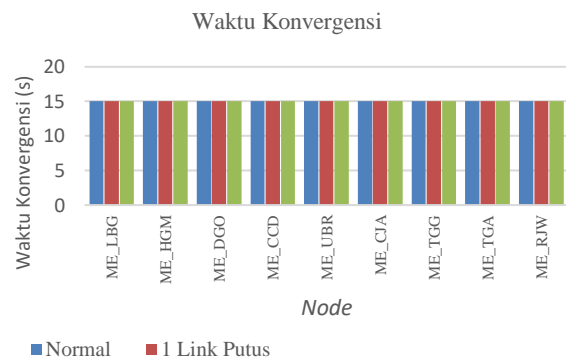
3.6. Waktu Konvergensi

Pada penelitian ini, terdapat tiga skenario keadaan jaringan metro ethernet. Skenario tersebut antara lain, link dalam keadaan normal, satu link putus, dan dua link putus. Tabel 6 menunjukkan hasil simulasi waktu konvergensi jaringan metro ethernet.

Tabel 6 Waktu konvergensi seluruh node jaringan metro ethernet

Node	Waktu Konvergensi (s)		
	Normal	1 Link Putus	2 Link Putus
ME_LBG	15	15	15
ME_HGM	15	15	15
ME_DGO	15	15	15
ME_CCD	15	15	15
ME_UBR	15	15	15
ME_CJA	15	15	15
ME_TGG	15	15	15
ME_TGA	15	15	15
ME_RJW	15	15	15
Rata-Rata	15	15	15

Tabel 6 menunjukkan waktu konvergensi setiap node pada jaringan metro ethernet dengan menggunakan protokol routing OSPF. Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa waktu konvergensi node adalah 15 s. Kemudian, rata-rata waktu konvergensi pada jaringan adalah 15 s.



Gambar 7 Waktu konvergensi jaringan

Gambar 7 menunjukkan perbandingan waktu konvergensi jaringan dalam keadaan normal, satu link terputus, dan dua link terputus. Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa baik dalam keadaan normal, satu link terputus, maupun dua link terputus, waktu konvergensi jaringan tetap yaitu 15 s. Hal ini dapat disebabkan karena besarnya jaringan tidak berubah, tidak terdapat node yang ditambahkan dalam jaringan. Sehingga, waktu konvergensi yang diperlukan jaringan pun juga tetap.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan antara lain. Pengukuran performansi jaringan untuk metrik *round trip delay* (RTD) menunjukkan bahwa 100% *link* memenuhi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia sebesar <12ms dan standarisasi ITU-T sebesar <5 ms. Nilai rata-rata RTD jaringan metro ethernet sebesar 0,3542 ms. Pengukuran performansi jaringan untuk metrik *jitter* menunjukkan bahwa 100% *link* memenuhi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia sebesar <10ms dan standarisasi ITU-T sebesar <1 ms. Nilai rata-rata *jitter* jaringan metro ethernet sebesar 0,2159 ms. Pengukuran performansi jaringan untuk metrik *packet loss* menunjukkan bahwa 100% *link* memenuhi standarisasi PT. Telekomunikasi Indonesia sebesar <0,20% dan 88,89% *link* memenuhi standarisasi ITU-T sebesar <0,001%. Nilai rata-rata *packet loss* jaringan metro ethernet sebesar 0.000585%. Nilai utilisasi tertinggi terdapat pada *link* LBG ↔ RJW sebesar 52,9631. Sedangkan, nilai utilisasi terendah terdapat pada *link* UBR↔CJA sebesar 29,7614. Pengukuran performansi jaringan untuk metrik waktu konvergensi menunjukkan bahwa dalam tiga skenario diperoleh waktu konvergensi yang sama, yaitu 15 detik.

Referensi

- [1]. Anonim. "Kota Bandung dalam Angka 2017". Badan Pusat Statistik Kota Bandung. 2017.
- [2]. S. Y. Pratama, "Analisis Performansi Link Pada Jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Tengah Menggunakan Simulator OPNET 14.5." Laporan Penelitian Teknik Elektro Universitas Diponegoro. 2017.
- [3]. A. Tris Susilo, *Analisa Implementasi dan Quality of Service Metro Ethernet pada Group Customer Solution PT. Indosat*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, 2012.
- [4]. D. T. Putri, T. Juhana, and S. Haryadi, "DWDM system design: DIY-Semarang-Surakarta ring," *Proc. - ICWT 2016 2nd Int. Conf. Wirel. Telemat.* 2016, pp. 111–116, 2017.
- [5]. PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk. *Kebijakan Pengelolaan Infrastruktur Infocom Divisi Infratel KV.85/TK000/DIT-050/2009*. Semarang. 2009.
- [6]. EXFO Inc., "EtherSAM : The New Standard In Ethernet Service Testing,"
- [7]. Manalu, Donda Maria Tiurma. *Analisis Perancangan Jaringan Serat Optik DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) Untuk Link Medan – Langsa*. Laporan Penelitian Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara. 2012.
- [8]. I. Technology, "Evaluation Study for Delay and Link Utilization with the New-Additive Increase Multiplicative Decrease Congestion Avoidance and Control Algorithm," pp. 1–15.
- [9]. D. Edi, "Kajian Algoritma Routing Dalam Jaringan Komputer," *J. Inform. UKM*, vol. II, no. 3, pp. 47–55.
- [10]. T. Informatika, I. Sains, and T. Akprind, "Jurnal JARKOM Vol . 4 No . 1 Desember 2016 ISSN : 2338-6313 IMPLEMENTASI ROUTING OPEN SHORTEST PATH FIRST (OSPF) MELALUI TUNNEL OPEN VPN Jurnal JARKOM Vol . 4 No . 1 Desember 2016 ISSN : 2338-6313," vol. 4, no. 1, pp. 62–70, 2016.
- [11]. H. A. Musril, "ANALISIS UNJUK KERJA RIPv2 DAN EIGRP DALAM DYNAMIC ROUTING PROTOCOL THE PERFORMANCE ANALYSIS OF RIPv2 AND EIGRP ON," *J. Elektro Telekomun. Terap. Desember*, pp. 116–124, 2015.