

EVALUASI KINERJA RANCANGAN JARINGAN METRO ETHERNET WILAYAH DKI JAKARTA TAHUN 2028 DENGAN TOPOLOGI MULTIRING DAN 100Gbps KAPASITAS LINK

Bonaventura Berlian^{*)}, Sukiswo, dan Ajub Ajulian Zahra

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

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

Abstrak

DKI Jakarta merupakan provinsi terpadat dan merupakan daerah utama penunjang perekonomian di Indonesia. Pada jaringan yang meliputi satu kota atau biasa disebut Metropolitan Area Network (MAN) di wilayah DKI Jakarta memerlukan performansi yang maksimal untuk menjaga tingkat QOS. Analisis kinerja jaringan pada rancangan jaringan metro ethernet menjadi fokus penelitian ini. Parameter kinerja jaringan metro ethernet meliputi round trip delay, jitter, dan packet loss harus memenuhi standar yang ditetapkan oleh PT Telkom maupun ITU-T. Pada penelitian ini juga dilihat pula kehandalan routing dalam menangani kondisi failure yang terjadi pada link. Penelitian ini dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Riverbed Modeler 17.5 Academic Version. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja dari rancangan jaringan telah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Untuk nilai RTD yang paling besar terdapat pada link inbound KRT_SKB dengan nilai sebesar 0,452101 ms. Nilai jitter terbesar terdapat pada link inbound KGT_KKO dengan nilai sebesar 0,033937 ms. Nilai packet loss terbesar terjadi pada link PSB_MDS dengan persentase 0.0003747. Untuk perbandingan trafik point to point, galat paling besar yang terjadi antara hasil forecasting dengan simulasi terjadi pada link KGT_KKO dengan persentase sebesar 0.83988.

Kata Kunci: metro ethernet, kinerja jaringan, standarisasi, Riverbed Modeler 17.5

Abstract

DKI Jakarta is the most populous province and also main area that supporting economy in Indonesia. In a network that includes one city or commonly called Metropolitan Area Network (MAN) in DKI Jakarta requires maximum performance to maintain the QOS level. Analysis of network performance in the design of metro ethernet network is the focus of this research. Metro ethernet network performance parameters include round trip delay, jitter, and packet loss must meet the standards set by PT Telkom and ITU-T. In this study also seen the reliability of routing in dealing with the conditions of failure that occurs in the link. This final project is modeled and simulated using Riverbed Modeler 17.5 Academic Version. Simulation results show that the performance of the network design is accordance with the standards set. The highest RTD value is found in KRT_SKB inbound link with a value of 0,452101 ms. The largest jitter value is in KGT_KKO inbound link with 0,033937 ms. The largest packet loss value occurs at PSB_MDS link with 0.0003747. For comparison of point to point traffic, the biggest error that occurs between forecasting and simulation occurs at KGT_KKO link with a percentage of 0.83988.

Keywords: metro ethernet, network performance, standardization, Riverbed Modeler 17.5

1. Pendahuluan

Saat ini telekomunikasi merupakan salah satu aspek yang penting untuk menunjang kehidupan bermasyarakat. Dengan semakin mudahnya akses dan bertambahnya ragam layanan yang ditawarkan, maka semakin besar pula trafik yang terjadi. Hal ini tentu dapat membebani jaringan dan dapat menyebabkan turunnnya tingkat *Quality of Service* (QOS). Untuk mempertahankan tingkat QOS maka diperlukan performansi yang maksimal dari jaringan yang ada.

Pada jaringan yang meliputi satu kota atau biasa disebut *Metropolitan Area Network* (MAN) di wilayah DKI Jakarta memerlukan performansi yang maksimal untuk menjaga tingkat QOS-nya. Hal ini dikarenakan DKI Jakarta merupakan provinsi terpadat dengan perkiraan kepadatan pada tahun 2028 hingga 16.956,76 jiwa/km²[1] serta dengan kenyataan bahwa DKI Jakarta merupakan daerah utama penunjang perekonomian di Indonesia. Untuk dapat memenuhi kebutuhan layanan telekomunikasi tersebut, maka jaringan metropolitan DKI Jakarta menggunakan teknologi metro ethernet.

Analisis kinerja rancangan jaringan metro ethernet menjadi fokus penelitian ini serta kehandalan *routing* dalam mengatasi kondisi *fail* pada *link* sebagai pendukungnya. Kinerja jaringan metro ethernet harus memenuhi standar yang ditetapkan oleh PT Telkom maupun ITU-T. Selain memenuhi standar yang ditetapkan, jaringan metro ethernet juga harus dapat mengatasi keadaan dimana *link* yang telah terpasang mengalami *fail* atau putus. Penelitian yang dilakukan saat ini memiliki beberapa persamaan mendasar dengan penelitian terdahulu.

Penelitian untuk mempelajari analisis jaringan metro ethernet telah dilakukan oleh Kristina R. Sitompul[2], Apit Tris Susilo[3], dan Satya Yoga[4]. Kristina R. Sitompul[2] melakukan analisis kinerja pada jaringan metro ethernet yang hampir mirip dengan penelitian ini, hanya saja parameter yang digunakan adalah *delay* dan *throughput* dimana lebih spesifik mengenai performansi layanan. Di pihak lain, Apit Tris Susilo[3] melakukan penelitian jaringan metro ethernet milik *provider/penyedia* jasa telekomunikasi lain selain PT Telkom, namun cakupan penelitiannya masih sangat luas. Sedangkan pada penelitian oleh Satya Yoga[4], parameter kinerja jaringan yang digunakan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PT Telkom dan ITU-T yaitu *round trip delay*, *jitter*, dan *packet loss* namun tidak menjelaskan kehandalan *routing* saat terjadi *fail* pada *link*.

Analisis kinerja jaringan metro ethernet pada penelitian ini menggunakan parameter-parameter QOS, antara lain meliputi *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss* yang diukur dengan mengacu pada standar yang berlaku baik dari PT Telkom[5] maupun ITU-T[6]. Pada penelitian ini juga dianalisis pula kehandalan *routing* dalam menangani kondisi *failure* yang terjadi pada *link*. Penelitian ini dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Riverbed Modeler 17.5 Academic Version.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mensimulasikan jaringan metro ethernet DKI Jakarta untuk tahun 2028 yang telah dirancang sebelumnya.
2. Menganalisis kinerja jaringan metro ethernet yang meliputi *round trip delay*, *jitter*, dan *packet loss* pada rancangan jaringan yang telah disimulasikan untuk mengetahui kelayakan *Quality of Service* (QOS) jaringan sesuai standar yang berlaku.
3. Menganalisis kehandalan *routing* dalam menangani kondisi saat terjadi *fail* pada *link* yang terpasang.

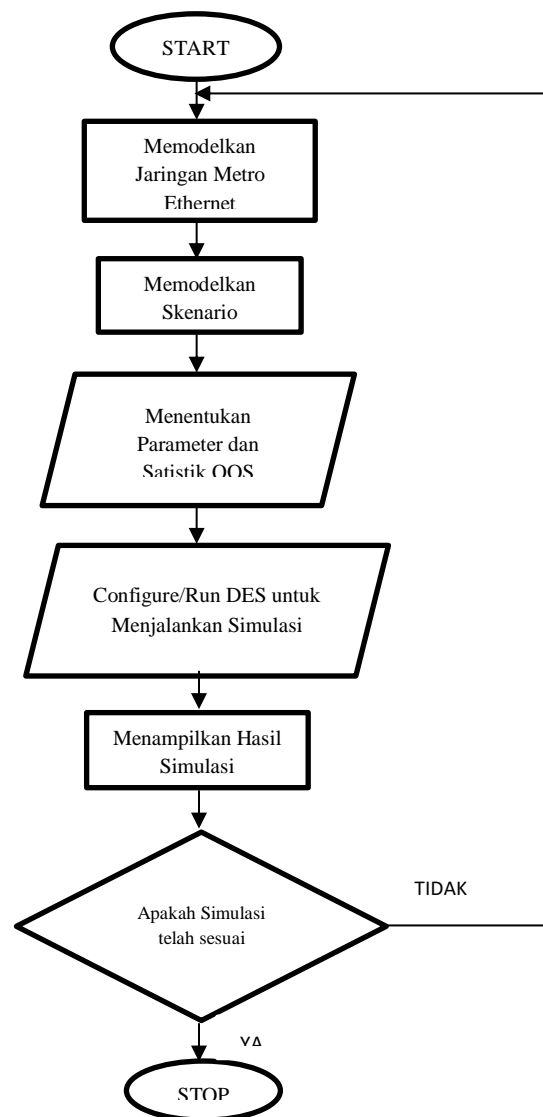
2. Metode

2.1. Pemodelan Jaringan

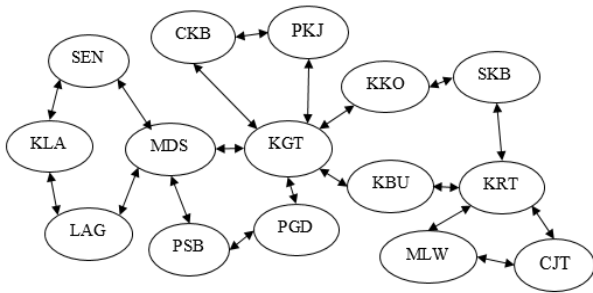
Metode penelitian ini menjelaskan evaluasi pengukuran QoS untuk mengetahui kinerja rancangan jaringan yang dilakukan berdasarkan pendimensian jaringan 10 tahun ke depan. Seluruh metode tersebut dimodelkan dan

disimulasikan menggunakan Riverbed Modeler 17.5 Academic Version. Langkah penelitian yang digunakan yaitu studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data-data dari berbagai sumber, seperti BPS, APJII serta membaca penelitian-penelitian yang berhubungan dengan jaringan metro ethernet, pengukuran QoS (RTD, *jitter*, *packet loss*), pendimensian jaringan (*forecasting*) dan Riverbed Modeler 17.5 Academic Version.

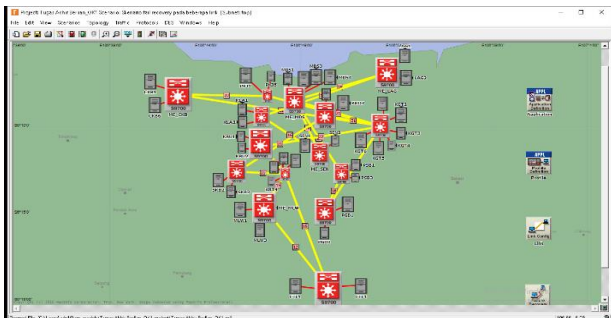
Perancangan simulasi jaringan metro ethernet DKI Jakarta tahun 2028 dibuat berdasarkan alur kerja dalam penggunaan *simulator* Riverbed Modeler 17.5 Academic Versiom. Sementara untuk keseluruhan perancangan simulasi, dibuat berdasarkan diagram alir dengan ditampilkan dalam bentuk tahapan-tahapan yang sistematis. Diagram alir perancangan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir simulasi



Gambar 2. Tampilan layout rancangan jaringan metro ethernet DKI Jakarta untuk tahun 2028



Gambar 2. Tampilan skenario simulasi jaringan metro ethernet DKI Jakarta tahun 2028

Tabel 1. Konfigurasi IP-Based Network pada router switch dan server

No	Atribut	Router Switch	Server
1	MTU	Ethernet	Ethernet
2	Processing Scheme	Central Processing	Central Processing
3	Datagram Switching Rate	500.000 (packets/sec)	500.000 (packets/sec)
4	Forwarding Rate Units	packets/sec	packets/sec
5	Memocry Size	512 MB	256 MB
6	QOS Scheme	FIFO	FIFO
7	Buffer Size	2 Mbytes	2 Mbytes
8	Interface Speed	10 Mbps	-

Pemodelan jaringan metro ethernet pada simulasi ini termasuk dalam kategori *wired network* tetapi dengan media transmisi fiber optik. Topologi yang digunakan adalah topologi *multiring* menyesuaikan data yang didapat dari *layout network* DKI Jakarta untuk tahun 2028 seperti yang terlihat pada Gambar 2. *Layout network* yang ditampilkan merupakan hasil dari algoritma trafik grooming sehingga *link* dan *node* yang ditampilkan masih harus disesuaikan pemetaannya sesuai kondisi aslinya. Gambar 3 berikut merupakan *layout* dari seluruh skenario dalam simulasi ini. Perangkat-perangkat yang digunakan dalam pemodelan jaringan simulasi meliputi *router switch*, *server* dan *100Gbps_ethernet* (fiber optik). Spesifikasi dari seluruh perangkat tersebut beserta konfigurasi pengoperasian simulasi dapat dilihat pada Tabel 1 sampai 3.

Tabel 2. Konfigurasi utama media transmisi (*link*) pada simulasi

No	Atribut	Pengaturan
1	Model	100Gbps_ethernet
2	Propagation Speed	2,0776 x 10 ⁸ m/s
3	BER	1E-009
4	Average Packet Size	Default
5	Cost	0
6	Data Rate	100 Gbps
7	Delay	Distanced Based

Tabel 3. Konfigurasi Discrete Event Simulation

No	Atribut	Pengaturan
1	Duration	1 jam
2	Value per statistic	100

2.2. Skenario Link Failure

Pada penelitian ini disimulasikan juga kondisi *fail* yang terjadi pada *link*. Untuk mempermudah pengamatan dan analisis, maka kondisi *link failure* akan disimulasikan pada skenario yang berbeda. Kondisi *link failure* akan disimulasikan pada 3 skenario yang berbeda. Skenario-skenario untuk kondisi *link failure* akan disimulasikan pada 3 skenario atau kondisi, yaitu : skenario *link failure*, skenario *link recovery*, dan skenario *fail & recovery* pada beberapa *link* sekaligus. Untuk kondisi *link failure* maupun *recovery* akan diatur pada *node Failure Recovery*. Hasil keluaran yang akan diamati pada ketiga kondisi/scenario ini adalah respon OSPF dan tabel *routing* pada tiap-tiap skenario/kondisi.

2.3. Parameter Trafik Jaringan

Parameter *round trip delay*, *jitter* dan *packet loss* merupakan parameter- parameter yang dijadikan acuan untuk menjamin kepuasan dan kenyamanan pelanggan, maka dari itu PT. Telkom Indonesia mengeluarkan standar khusus untuk ketiga parameter tersebut berdasarkan kebijakan dan pertimbangan yang telah dilakukan sedemikian rupa. Tabel 2.5 menunjukkan standarisasi parameter performansi jaringan yang diberlakukan PT. Telkom dan ITU-T dimana keduanya akan digunakan sebagai tolak ukur dalam penelitian ini.

Tabel 4. Standarisasi parameter performansi *link* pada jaringan

Parameter	Standar PT. Telkom	Standar ITU-T
Round trip delay (RTD)	12 msec	< 5 msec
Jitter	10 msec	< 1 msec
Packet loss	0,20%	< 0,001 %

2.3.1. Round Trip Delay

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)

τ_T = *delay* transmisi (s atau ms)

τ_{Prop} = *delay* propagasi (s atau ms)

τ_{Proc} = *delay* proses (s atau ms)

τ_{ack} = *delay* transmisi ACK (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. Pada Riverbed Modeler, jitter disebut juga total variasi end-to-end *delay* dan untuk mengukurnya dapat menggunakan persamaan (2).

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

2.3.3. Packet Loss

Packet Loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuannya. Pada implementasi jaringan IP (termasuk metro ethernet). Sedangkan untuk 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 (*packets* atau *bits*)

P_r = *packet received* = paket yang diterima (*packets* atau *bits*)

2.3.4. Trafik Point to Point

Throughput adalah kecepatan rata-rata data yang diterima oleh suatu *node* dalam selang waktu pengamatan tertentu[8]. *Throughput* merupakan *bandwidth* aktual saat itu juga dimana kita sedang melakukan koneksi. Satuan yang dimilikinya sama dengan *bandwidth* yaitu bps atau pps.

Utilisasi berasal dari kata *utilization* yang berarti pemanfaatan dan penggunaan. Pada penelitian ini yang dimaksud dengan utilisasi adalah jumlah trafik di jaringan dibandingkan dengan jumlah puncak yang dapat didukung jaringan. Utilisasi biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase, dengan besar maksimum adalah 100%. Untuk mengetahui besar utilisasi dapat menggunakan persamaan 4.

$$Utilisasi = \frac{Throughput}{Kapasitas \ link} \times 100\% \quad (4)$$

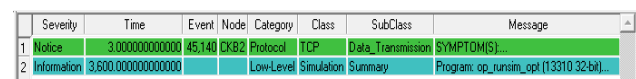
3. Hasil dan Analisis

3.1. Statistik DES Log

Statistik pada DES Log berbeda dengan statistik yang digunakan untuk pengukuran QoS. Statistik tersebut berisi data-data seperti jumlah *event* yang terjadi selama simulasi berlangsung, rata-rata kecepatan simulasi (*event/sec*) serta lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan simulasi. Tabel 4.1 menunjukkan statistik simulasi dari seluruh skenario yang telah dijalankan. Gambar 4.1 menampilkan jendela DES Log Viewer pada kondisi dalam simulasi ini, yaitu 2 log.

Tabel 5. Statistik seluruh skenario pada simulasi yang telah dijalankan

No	Skenario	Total Events	Average Speed (event/s)	Elapsed Time	Simulated Time
1	Kodisi Normal	47.015.868	954.927	49 s	1 jam
2	Link Failure	46.408.818	917.914	51 s	1 jam
3	Link Recovery	47.456.028	890.925	53 s	1 jam
4	Failure & Recovery pada beberapa link	45.949.862	822.251	56 s	1 jam

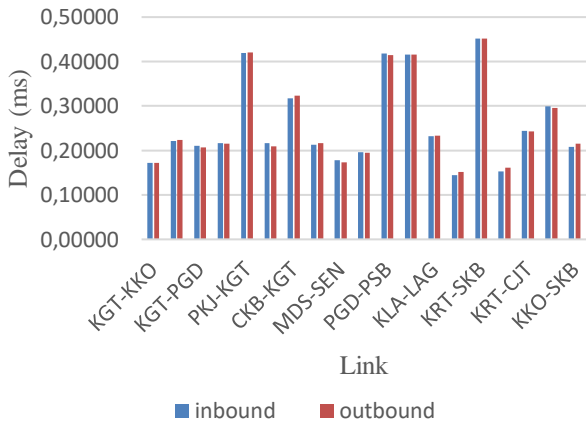


Severity	Time	Event	Node	Category	Class	SubClass	Message
Notice	3.0000000000000000	45.140	Link	Protocol	TCP	Data_Transmission	SYMPTOM(S)...
Information	3.600.0000000000000000			Low-Level	Simulation	Summary	Program: op_runsim_opt (13310 32-bit)...

Gambar 4. DES Log Viewer simulasi dengan terdapat 2 log

3.2. Analisa Pengukuran QoS

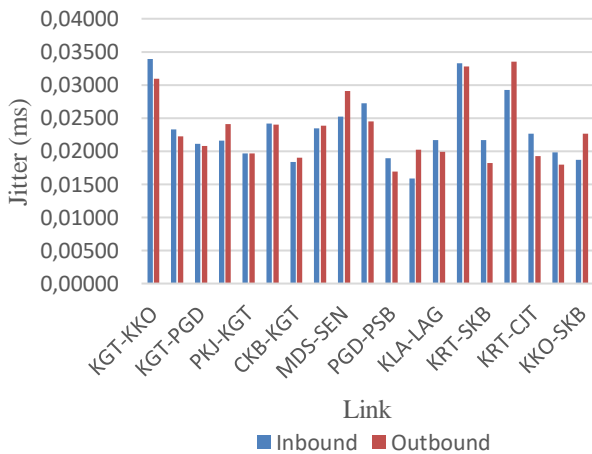
3.2.1. Round Trip Delay



Gambar 5. Perbandingan RTD inbound dan outbound pada tiap link

Menurut grafik Gambar 5, dapat dilihat bahwa *round trip delay* pada keseluruhan *link* jaringan masih berada di bawah batas standarisasi ITU-T dan PT Telkom, hal ini berarti *link* memiliki performansi yang baik. Untuk nilai RTD yang paling rendah, terdapat pada *link outbound* KRT_KBU dengan nilai sebesar 0,144706 ms. Sedangkan untuk nilai RTD yang paling besar terdapat pada *link inbound* KRT_SKB dengan nilai sebesar 0.452101 ms.

3.2.2. Jitter

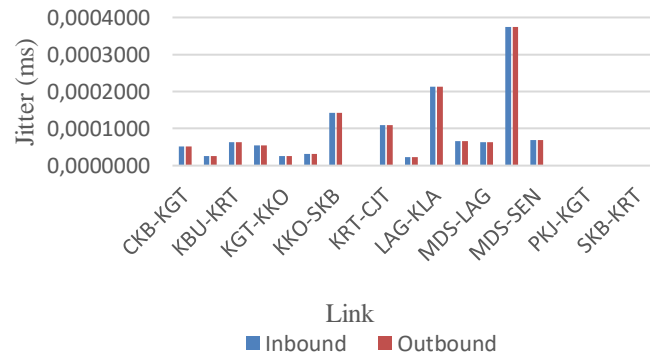


Gambar 6. Perbandingan jitter inbound dan outbound pada tiap link

Grafik parameter *jitter* yang ditampilkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai *jitter* tiap *link* secara keseluruhan masih berada dalam kondisi yang optimal dan

baik apabila dilihat berdasarkan standarisasi PT Telkom dan ITU-T. Nilai *jitter* terbesar terdapat pada *link inbound* KGT_KKO dengan nilai sebesar 0.033937 ms. Sedangkan nilai *jitter* terkecil terdapat pada *link outbound* KLA_SEN dengan nilai sebesar 0.015835 ms.

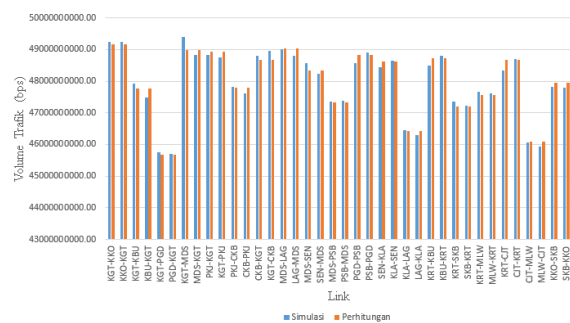
3.2.3. Packet Loss



Gambar 7. Perbandingan packet loss inbound dan outbound pada tiap link

Menurut Gambar 7, seluruh *link* jaringan yang telah disimulasikan baik inbound maupun outbound memiliki nilai *packet loss* yang di bawah standar dari PT Telkom dan ITU-T. Hal ini menunjukkan bahwa *link* yang dirancang dapat menampung trafik yang dibangkitkan tanpa terjadi *packet loss* yang begitu besar. Data *packet loss* baik *inbound* maupun *outbound* sama dikarenakan pada hasil simulasi hanya terdapat nilai *packet loss* untuk *link*, tidak berupa *inbound* atau *outbound*. Nilai *packet loss* terbesar terjadi pada *link* PSB_MDS dengan persentase 0.0003747, sedangkan pada beberapa *link* tidak terjadi *packet loss*.

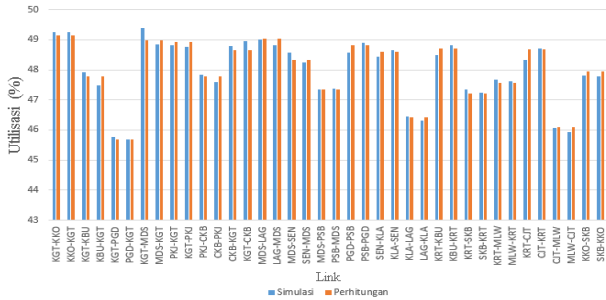
3.3. Pengukuran Trafik Point to Point



Gambar 8. Perbandingan volume trafik link pada hasil simulasi dan perhitungan pada tiap link

Dapat dilihat dari Gambar 8 bahwa selisih antara hasil *traffic forecasting* dan hasil simulasi yang secara keseluruhan yang dilakukan pada *point-to-point* tidak berbeda jauh. Galat paling besar yang terjadi antara hasil

forecasting dengan simulasi terjadi pada *link* KGT_CKB dengan persentase sebesar 0,8899. Sedangkan galat terkecil terjadi pada *link* KGT_PGJ dengan persentase sebesar 0,001649. Perbedaan yang ada disebabkan oleh pengambilan data simulasi yang bersifat rata-rata sehingga bisa terjadi perbedaan pembulatan antara perhitungan dengan simulasi. Faktor lain yang menyebabkan perbedaan antara hasil perhitungan dan simulasi adalah penambahan layanan-layanan untuk pembangkitan trafik pada tiap *server*.

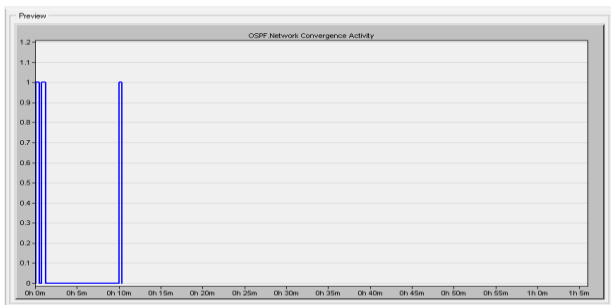


Gambar 9. Perbandingan utilisasi pada hasil simulasi dan perhitungan pada tiap *link*

Besarnya volume trafik per *link* kemudian di konversikan ke dalam utilisasi untuk memudahkan pengamatan. Utilisasi merupakan volume trafik yang dilewatkan pada *link* per kapasitas *link* (*bandwidth*) itu sendiri. Karena kapasitas tiap *link* sama sehingga besar perbandingan skala antara volume trafik dan utilisasi sama. Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa utilisasi pada tiap *link* dipertahankan di bawah 50%. Hal ini dilakukan sebagai antisipasi untuk lonjakan penggunaan trafik yang sangat signifikan.

3.4. Respon terhadap Link Failure

3.4.1. Link Failure

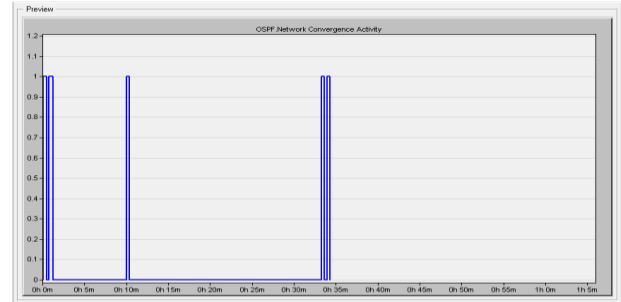


Gambar 10. Respon OSPF pada skenario *link failure*

Pada gambar 10 menunjukkan respon OSPF pada kondisi *link failure* dengan skenario salah satu *link* terjadi *failure* pada detik ke 600. Protokol OSPF pada skenario ini membangkitkan 2 kali *network convergence*. *Network convergence* pertama dibangkitkan untuk mengetahui *interface* yang aktif dan memetakan rute yang kemudian akan diterjemahkan ke dalam tabel *routing*. *Network convergence* kedua dibangkitkan karena terjadi *failure*

pada salah satu *link*, protokol OSPF kemudian mengirim pemberitahuan ke semua *router* secara *multicast* bahwa terdapat *link* yang *failure* sehingga tiap *router* dapat merubah rute untuk pengiriman paket.

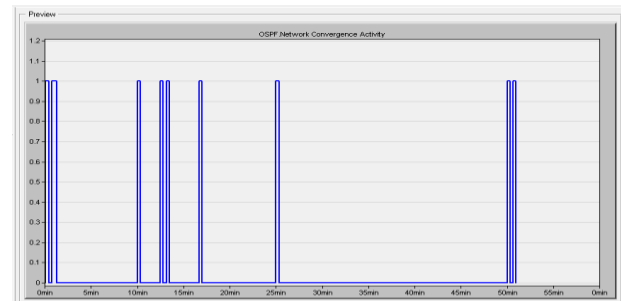
3.4.2. Link Recovery



Gambar 11. Respon OSPF pada skenario *link recovery*

Pada gambar 11 menunjukkan respon OSPF pada kondisi *link failure* dengan skenario salah satu *link* terjadi *failure* pada detik ke 600 dan pada detik ke 2000 *link* tersebut diubah ke kondisi *recover*. Protokol OSPF pada skenario ini membangkitkan 3 kali *network convergence*. *Network convergence* pertama dibangkitkan untuk mengetahui *interface* yang aktif dan memetakan rute yang kemudian akan diterjemahkan ke dalam tabel *routing*. *Network convergence* kedua dibangkitkan karena terjadi *failure* pada salah satu *link*, protokol OSPF mengirim pemberitahuan ke semua *router* secara *multicast* bahwa terdapat *link* yang *failure* sehingga tiap *router* dapat merubah rute untuk pengiriman paket. Untuk *network convergence* ketiga dibangkitkan saat *link* mengalami *recovery*, protokol OSPF akan memeriksa ulang semua *link* yang dapat digunakan karena bertambahnya *link* yang aktif, setelah itu *link* akan membuat rute yang baru dengan memperhitungkan *link* aktif yang baru.

3.4.3. Failure & Recovery pada beberapa link



Gambar 12. Respon OSPF pada skenario *failure & recovery* pada beberapa *link*

Pada gambar 12 menunjukkan respon OSPF pada kondisi *link failure* dengan skenario salah satu *link* terjadi *failure* pada detik ke 600, 750, dan 150 sedangkan *link* melakukan *recover* pada detik ke 1000 dan 30. Pada kondisi *link*

failure terlihat protokol OSPF mengeluarkan *network convergence* dengan satu kali bit 1. Hal ini berarti protokol OSPF mengirim pemberitahuan ke semua *router* secara *multicast* bahwa terdapat *link* yang *failure*. Pada kondisi *link recovery* dapat dilihat bahwa protokol OSPF mengeluarkan *network convergence* dengan dua kali bit 1. Hal ini berarti protokol OSPF telah memeriksa ulang semua *link* yang dapat digunakan karena bertambahnya *link* yang aktif, setelah itu *link* akan membuat rute yang baru dengan memperhitungkan *link* aktif yang baru ditambahkan tersebut. Skenario ini berakhir dengan kondisi tidak semua *link* yang mengalami *fail* telah di-*recover*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan evaluasi simulasi dan analisis yang dilakukan pada rancangan jaringan metro ethernet DKI Jakarta untuk tahun 2028 diperoleh hasil pengukuran kinerja jaringan pada parameter *round trip delay* (RTD) nilai RTD yang paling rendah, terdapat pada *link outbound* KRT_KBU dengan nilai sebesar 0,144706 ms, sedangkan nilai terbesar terdapat pada *link inbound* KRT_SKB dengan nilai sebesar 0,452101 ms. Untuk parameter *jitter* atau variasi *delay*, nilai *jitter* terbesar terdapat pada *link inbound* KGT_KKO dengan nilai sebesar 0,033937 ms, sedangkan nilai terkecil terdapat pada *link outbound* KLA_SEN dengan nilai sebesar 0,015835 ms. Untuk parameter *packet loss*, nilai *packet loss* terbesar terjadi pada *link* PSB_MDS dengan 0,0003747, sedangkan pada beberapa *link* tidak terjadi *packet loss*. Pada pengukuran trafik *point to point*, galat paling besar yang terjadi antara hasil forecasting dengan simulasi terjadi pada *link* KGT_KKO dengan persentase sebesar 0,83988. Sedangkan galat terkecil terjadi pada *link* KBU_KGT dengan persentase sebesar 0,03196. Pada skenario *link failure*, *link recovery*, dan *failure & recovery* pada beberapa *link* dapat terlihat bahwa respon *network convergence* protokol OSPF berjalan dengan baik, terbukti juga dengan pemetaan rute yang terlihat pada tabel *routing*.

Referensi

- [1]. *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*, Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2013.
- [2]. K. R. Sitompul, *Analisis Kinerja Jaringan Metropolitan Area Network Dengan Teknologi Metro Ethernet (Studi Kasus PT Telkom Medan)*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan, 2009.
- [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 Jakarta, 2012
- [4]. Satya Yoga, *Analisis Performansi Link Pada Jaringan Metro Ethernet Regional Jawa Tengah Menggunakan Simulator Opnet 14.5*, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, 2017.
- [5]. PT Telkom Indonesia, *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," *EXFO Assessing Next-Gen Networks*. Quebec City Canada, pp. 1–12, 2011.
- [7]. B. Chen, I. Marsic, H.-R. Shao, and R. Miller, "Improved Delayed ACK for TCP over Multi-Hop Wireless Networks," *IEEE Commun. Soc.*, no. January 2015, pp. 1–6, 2009..
- [8]. Guowang Miao, Jens Zander, K-W Sung, and Ben Slimane, "Fundamentals of Mobile Data Networks," Cambridge University Press," 2016.