MODEL DAN SIMULASI KINERJA *ROUTING* PROTOKOL *OPEN SHORTEST PATH FIRST* (OSPF) DAN *ENCHANCED INTERIOR GATEWAY ROUTING PROTOCOL* (EIGRP) DALAM SISTEM JARINGAN KOMPUTER

Dewi Yolanda S. A.[1] , DR. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS.[2], M. Fauzan Edy Purnomo, ST., MT.[2]
[1]Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, [2]Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: yolanda.teub@gmail.com

***Abstrak*—Salah satu teknologi jaringan komputer yang sedang berkembang pesat saat ini adalah Internet. Hal ini menyebabkan masalah dalam hal *routing* bagi *administrator* jaringan karena berakibat munculnya berbagai jenis *routing protocol*. Dengan adanya permasalahan tersebut seorang *administrator* jaringan membutuhkan adanya referensi perbandingan mengenai kinerja dari masing-masing jenis *routing protocol*. Salah satunya adalah *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* (EIGRP) dan *Open Shortest Path First* (OSPF). Pada paper ini akan dibahas mengenai kinerja dari kedua *routing protocol* tersebut pada jaringan dengan topologi *hybrid*. Analisis dilakukan dengan menggunakan *network simulator* OPNET Modeler v.14.5. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa EIGRP memiliki nilai konvergensi yang lebih cepat, yaitu 0,013 detik pada saat *link* gagal dan 0,012 detik saat proses *recovery link*. Sedangkan OSPF secara berurutan membutuhkan waktu 35,06 detik dan 28,37 detik. Saat *link* normal *packet delay end-to-end* rata-rata OSPF 66 ms, *jitter* rata-rata OSPF -3,73x10^{-5} ms, dan *throughput* rata-rata 7.382,86 bps. Sedangkan EIGRP menghasilkan *packet delay end-to-end* rata-rata 65,6 ms, *jitter* rata-rata -3,04x10^{-5} ms, dan *throughput* rata-rata 8.022,62 bps. Saat *link* gagal, OSPF menghasilkan *packet delay end-to-end* rata-rata 66,8 ms, *throughput* rata-rata 5.920,37 bps, dan *jitter* rata-rata -4,1x10^{-5} ms. Sedangkan EIGRP menghasilkan *packet delay end-to-end* rata-rata 66,1 ms, *throughput* rata-rata 6.385,24 bps, dan *jitter* rata-rata -3,49x10^{-5} detik. Saat *link* normal, prosentase *packet loss* OSPF dan EIGRP untuk aplikasi *email* dan *web* ialah 0%. Pada aplikasi VoIP prosentase *packet loss* OSPF 0,0000481% dan EIGRP ialah 0,0000513%. Saat skenario *link* gagal, prosentase *packet loss* OSPF dan EIGRP untuk aplikasi *email* dan *web* ialah 0%. Pada aplikasi VoIP prosentase *packet loss* OSPF 0,00574% sedangkan EIGRP 0,0000532%.**

***Kata Kunci*—*routing*, OSPF, EIGRP, OPNET**

I. LATAR BELAKANG

Sistem jaringan komputer adalah sekelompok sistem komputer dan perangkat keras komputasi lain yang dihubungkan bersama melalui saluran komunikasi untuk memfasilitasi komunikasi dan *resource sharing* berbagai pengguna. Sistem jaringan komputer dibangun untuk keperluan perusahaan maupun perorangan.

Salah satu bentuk pemanfaatan sistem jaringan komputer ialah Internet. Untuk membangun sebuah jaringan Internet dibutuhkan beberapa perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan protokol. TCP/IP merupakan protokol standar yang diterapkan pada Internet. Protokol TCP/IP memiliki empat jenis *layer* protokol, yaitu *network access layer*, *internet layer*, *transport layer*, dan *application layer*. Dari keempat *layer* tersebut *internet layer* memiliki peranan penting terutama dalam mewujudkan *internetworking*. *Layer* ini bertugas dalam hal *addressing* dan *routing*. *Addressing* melengkapi setiap paket data dengan IP *address*. Sedangkan *routing* bertugas untuk menentukan rute paket data agar sampai ke tujuan. Keberadaan *router* dalam jaringan TCP/IP sangatlah penting. Hal ini disebabkan banyaknya jumlah *host* dan perbedaan perangkat yang digunakan pada jaringan TCP/IP. Akibatnya, dibutuhkan mekanisme *routing* yang dapat mengintegrasikan berjuta-juta komputer dengan tingkat fleksibilitas yang tinggi. Secara umum *routing* terbagi menjadi dua kategori, yaitu *routing* statis dan *routing* dinamis.

Routing dinamis membutuhkan adanya *routing* protokol. Terdapat berbagai model *routing* protokol jika ditinjau dari wilayah kekuasaan *administrator* jaringan. Model tersebut antara lain *Interior Routing Protocol* (IRP) dan *Exterior Routing Protocol* (ERP). *Routing* protokol yang termasuk dalam kategori IRP adalah *Routing Information Protocol* (RIP), *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* (EIGRP), *Interior Gateway Routing Protocol* (IGRP), *Intermediate System to Intermediate System* (IS-IS), dan *Open Shortest Path First* (OSPF). *Routing* protokol yang termasuk dalam kategori ERP adalah *Exterior Gateway Protocol* (EGP), *Border Gateway Protocol* (BGP), *Constrained Shortest Path First* (CSPF), dan *Hello*. [10]

Dalam konteks kinerja *routing* protokol, masing-masing *routing* protokol memiliki arsitektur, kemampuan beradaptasi dan kemampuan mencapai keadaan konvergensi yang berbeda. Dengan banyaknya *routing* protokol yang ada, seorang *administrator* jaringan membutuhkan adanya referensi perbandingan mengenai kinerja dari berbagai jenis *routing* protokol tersebut. Selain itu, perlu adanya perbaikan sistem tanpa merubah total jaringan demi mengikuti laju perkembangan teknologi yang ada. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengimplementasikan jaringan mirip dengan jaringan yang telah ada ke dalam sebuah *network simulator* kemudian membuat perbandingan berdasarkan skenario yang diinginkan.

Berdasarkan jenis *routing* protokol yang ada, EIGRP dan OSPF merupakan jenis *routing* protokol yang diunggulkan. Oleh sebab itu, pada paper ini akan dibahas mengenai *routing* protokol OSPF dan EIGRP dalam sistem jaringan komputer topologi *hybrid*. Analisis akan dilakukan menggunakan sebuah *network simulator* yakni OPNET Modeler v.14.5. Kinerja dari *routing* protokol tersebut dapat diketahui melalui hasil simulasi terhadap parameter konvergensi, *jitter*, *packet delay end-to-end*, *packet loss*, dan *throughput* melalui model simulasi jaringan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Routing Protocol*

Sebuah *routing* protokol adalah seperangkat aturan atau standar yang menentukan bagaimana *router* pada jaringan berkomunikasi dan bertukar informasi satu sama lain, memungkinkan mereka untuk memilih rute terbaik ke sebuah jaringan yang dituju. *Routing* protokol melakukan beberapa kegiatan, termasuk:

- *Network discovery*.
- Memperbarui dan memelihara tabel *routing*.

Secara umum ada tiga jenis metode yang digunakan oleh *routing* protokol, yaitu:

a. *Distance Vector* (*Path Vector*) *Protocol*

Disebut *distance vector protocol* karena penentuan *routing* berdasarkan *distance* atau jarak terpendek, antara titik asal paket dengan titik tujuan. [10]

Distance vector dikembangkan menggunakan algoritma Bellman-Ford. Contoh *distance vector* yaitu BGP, RIP, dan IGRP.

b. *Link State Protocol*

Disebut *link state protocol* karena penentuan *routing* dilakukan berdasarkan informasi yang diperoleh dari *router-router* lain. [10]

Link state dikembangkan menggunakan algoritma *shortest path*, seperti algoritma Dijkstra's. Contoh *link state* adalah OSPF dan IS-IS.

c. *Hybrid*

Protokol *hybrid* menggunakan aspek-aspek dari *routing protocol* jenis *distance vector* dan *link state.* Contoh *hybrid* adalah EIGRP.[7]

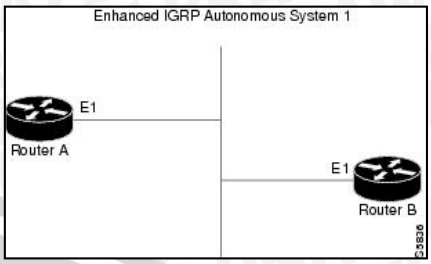
2.2 *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* (EIGRP)

EIGRP adalah sebuah *routing* protokol milik Cisco yang bekerja pada *router* Cisco dan pada prosesor-prosesor *route* internal yang terdapat pada switch layer *core* dan *switch* layer distribusi Cisco. EIGRP merupakan protokol *distance vector* yang *classes* dan yang sudah ditingkatkan (*enhanced*).[7]

EIGRP memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Menggunakan *cost load balancing* yang tidak sama.
2. Menggunakan algoritma kombinasi antara *distance vector* dengan *link state*.
3. Menggunakan *Diffusing Update Algorithm* (DUAL) untuk menghitung jalur terpendek.
4. Mendukung IP, IPX, dan AppleTalk melalui modul-modul yang bersifat *protocol dependent.*
5. Komunikasi melalui *Reliable Transport Protocol* (RTP)

Gambar 2.1 berikut ini merupakan contoh konfigurasi pada EIGRP:



Gambar 2.1 Contoh konfigurasi EIGRP pada *autonomous system*
Sumber:
http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0/np1/configuration/guide/1ceigrp.html

2.2.1 Pemeliharaan Rute EIGRP

Untuk memelihara informasi rute yang diperoleh, *router* EIGRP menyimpannya ke dalam tiga jenis tabel *routing*, antara lain:

- Table *neighborship*, tabel ini merekam informasi tentang *router-router* yang telah membentuk hubungan bertetangga (*neighborship*).[7]
- Tabel topologi, tabel ini menyimpan pengumuman (*advertisements*) tentang semua rute di *internetwork* yang diterima dari setiap tetangga.[7]
- Tabel *routing*, EIGRP memilih rute terbaik ke tujuan dari tabel topologi dan menempatkan rute dalam tabel routing. *Router* mempertahankan satu tabel routing untuk setiap protokol jaringan.[9]

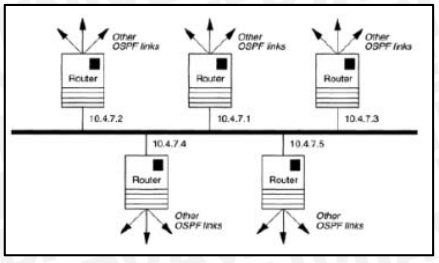
2.3 *Open Shortest Path First* (OSPF)

OSPF adalah sebuah *routing protocol* standard terbuka yang telah diimplementasikan oleh sejumlah besar vendor jaringan, termasuk Cisco.[7]

OSPF merupakan *interior routing protocol* yang menggunakan metode *link-state*. OSPF didesain oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*) yang pada mulanya dikembangkan dari algoritma *Shortest Path First* (SPF). OSPF memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Menggunakan algoritma SPF untuk menghitung cost terendah.
2. *Update routing* dilakukan secara *floaded* saat terjadi perubahan topologi jaringan.
3. OSPF mengunakan metode *link-state* dimana dapat memelihara rute dalam struktur *network* yang dinamik dan dapat dibangun dari beberapa bagian sub*network*.
4. OSPF lebih efisien dari RIP.
5. Menggunakan protokol *broadcast*.

Gambar 2.2 berikut ini merupakan contoh konfigurasi pada OSPF:

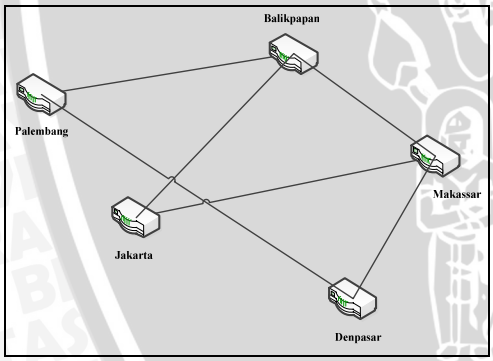


Gambar 2.2 Sebuah jaringan *ethernet* dengan lima buah *router* OSPF terpasang
Sumber: John T. Moy, 1998

III. MODEL DAN SIMULASI JARINGAN

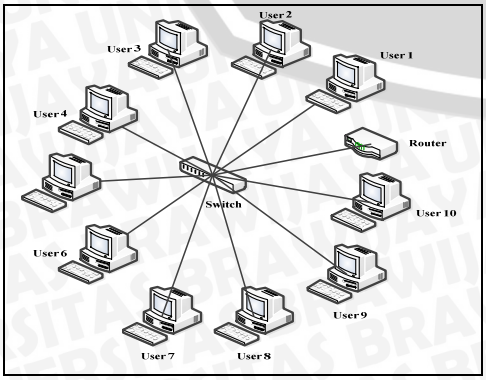
Pelaksanaan simulasi menggunakan *network simulator Optimized Network Engineering Tool* (OPNET) Modeler v.14.5. OPNET Modeler menyediakan lingkungan pengembangan yang komprehensif untuk menganalisis spesifikasi, simulasi dan kinerja suatu jaringan komunikasi.[2]

Pada simulasi ini akan diterapkan dua jenis skenario, yaitu *link* normal dan *link* gagal yang terjadi pada saluran antara Jakarta-Balikpapan dan Balikpapan-Makassar. *Link* mulai gagal pada detik ke-150 dan dilakukan proses *recovery* pada detik ke-250. Selain itu diimplementasikan pula beberapa aplikasi seperti VoIP, *email* (*high load*), dan *web* (*heavy browsing*). Pada saluran antara *switch* dan *router* diterapkan trafik dengan interval waktu 100 detik. Besarnya trafik adalah 2 Mbps, 4 Mbps, dan 6 Mbps. Hal ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dari *routing protocol* OSPF dan EIGRP. Jaringan yang akan diimplementasikan terdiri dari *router* Cisco seri 7507, *ethernet workstation*, dan *ethernet server* yang dihubungkan satu sama lain menggunakan model saluran *Point-to-Point Protocol Digital Signal 3* (44,736 Mbps) dan 10BaseT (10 Mbps). Proses simulasi dilakukan selama 350 detik. Gambar 3.1 berikut ini merupakan jaringan komputer dengan topologi *hybrid* yang diimplementasikan ke dalam OPNET Modeler:



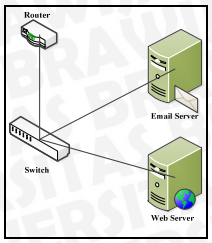
Gambar 3.1 Model jaringan yang akan diimplementasikan pada OPNET Modeler v 14.5
Sumber: Simulasi, 2013

Gambar 3.2 berikut ini merupakan model jaringan di tiap kota, kecuali Jakarta:



Gambar 3.2 Model jaringan pada tiap kota kecuali Jakarta yang akan diimplementasikan menggunakan OPNET Modeler v 14.5
Sumber: Simulasi, 2013

Gambar 3.3 berikut ini merupakan pemodelan sistem jaringan di Jakarta:

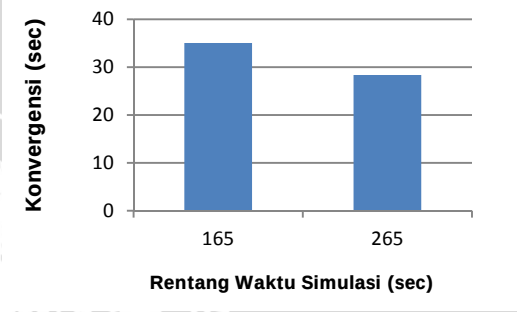


Gambar 3.3 Pemodelan sistem jaringan *server* di Jakarta
Sumber: Simulasi, 2013

IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

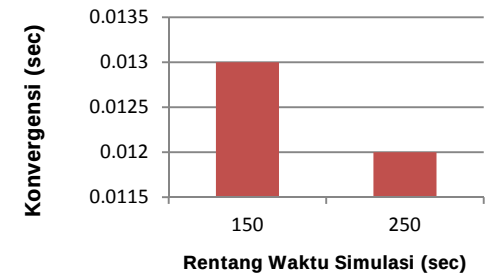
4.1 Konvergensi

Konvergensi merupakan suatu keadaan pada kumpulan *router* yang memiliki informasi topologi jaringan yang sama di tempat *router* tersebut berada. Nilai konvergensi dapat diketahui ketika terdapat perubahan pada jaringan.



Gambar 4.1 Konvergensi OSPF saat kondisi *link* gagal

Konvergensi OSPF dapat berkisar antara 6-46 detik, tergantung pada tipe kegagalan, pengaturan waktu, dan ukuran jaringan.[1] Pada saat kondisi *link* gagal, OSPF melakukan dua kali proses konvergensi, yaitu pada detik ke-150 dan detik ke-250. Skenario *link* gagal dimulai pada detik ke-150, hal ini menyebabkan adanya perubahan informasi *routing* pada OSPF. Akibatnya, OSPF melalukan konvergensi pada detik ke-165 selama 35,06 detik. Pada detik ke-265 OSPF kembali melakukan konvergensi selama 28,37 detik. Hal ini dikarenakan adanya proses *recovery* pada detik ke-250 untuk *link* yang putus.



Gambar 4.2 Konvergensi EIGRP saat kondisi *link* gagal

EIGRP memiliki beberapa karakteristik dalam hal membangun *internetwork*, salah satunya yaitu melakukan konvergensi tidak lebih dari 1 detik dalam hal mendeteksi sebuah *link* yang gagal.[1] Pada saat kondisi *link* gagal, EIGRP melakukan dua kali proses konvergensi, yaitu pada detik ke-150 dan detik ke-250. Skenario *link* gagal dimulai pada detik ke-150, hal ini menyebabkan adanya perubahan informasi

routing pada EIGRP. Akibatnya, EIGRP melalukan konvergensi pada detik ke-150 selama 0,013 detik. Pada detik ke-250 EIGRP kembali melakukan konvergensi selama 0,012 detik. Hal ini dikarenakan adanya proses *recovery* pada detik ke-250 untuk *link* yang putus.

4.2 *Jitter*

Jitter didefinisikan sebagai variasi waktu kedatangan dari paket yang dikirimkan secara terus menerus.[5] Besarnya *jitter* diperoleh pada aplikasi *voice*, yaitu VoIP.

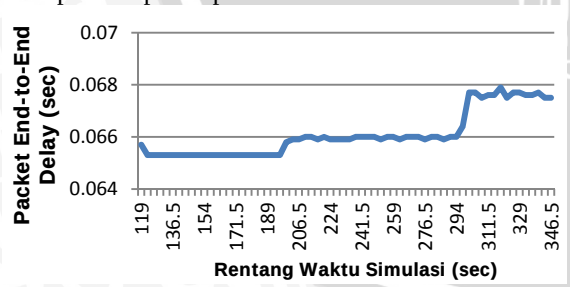
Tabel 4.1 Hasil Simulasi *Jitter*

No.	Jenis *Routing* Protokol	Jitter rata-rata (ms)	
		Link Normal	*Link* Gagal
1.	OSPF	$-3{,}73\times10^{-5}$	$-4{,}1\times10^{-5}$
2.	EIGRP	$-3{,}04\times10^{-5}$	$-3{,}49\times10^{-5}$

Sesuai dengan penjelasan pada *network simulator* OPNET, bahwa *jitter* yang bernilai negatif dapat diartikan bahwa perbedaan waktu kedatangan paket ke penerima lebih kecil dibandingkan pada saat di sisi sumber. Berdasarkan dokumen ITU-T Y.1541, nilai jitter yang berkisar antara 0-20 ms merupakan rentang *jitter* yang dapat diterima oleh pengguna secara umum. *Jitter* dapat disebabkan oleh lintasan tempuh paket yang berbeda-beda, *bandwidth* yang tiba-tiba menyempit karena adanya *flooding*, peningkatan trafik secara tidak teratur atau kongesti yang menyebabkan antrian. Berdasarkan perolehan nilai *jitter* secara keseluruhan dapat ditarik kesimpulan bahwa *routing* OSPF dan EIGRP dapat menjalankan aplikasi VoIP dengan baik.

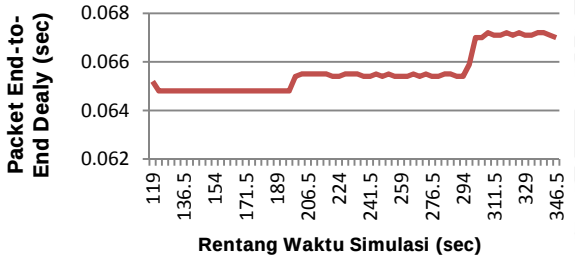
4.3 *Packet Delay End-to-End*

Packet delay end-to-end adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket aplikasi ke tujuan layer aplikasi.[8] Besarnya *packet delay end-to-end* diperoleh pada aplikasi VoIP.



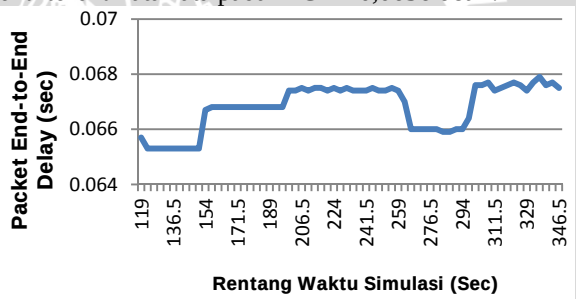
Gambar 4.3 *Packet end-to-end delay* OSPF saat kondisi *link* normal

Delay dimulai saat detik ke-122,5 sebesar 0,0653 detik. Hal ini dikarenakan waktu pembangkitan seluruh aplikasi saat detik ke-120. Pada saat akan mendekati detik ke-200, *delay* mulai mengalami peningkatan sebesar 0,0658 detik. Hal ini disebabkan pada detik ke-200 *traffic* dibangkitkan sebesar 4 Mbps. Peningkatan *delay* kembali terlihat saat akan mendekati detik ke-300, yaitu sebesar 0,0664 detik. Perubahan perilaku *delay* disebabkan adanya pembangkitan *traffic* pada detik ke-300 sebesar 6 Mbps. Saat kondisi *link* normal, besarnya *packet delay end-to-end* rata-rata pada OSPF 0,066 detik.



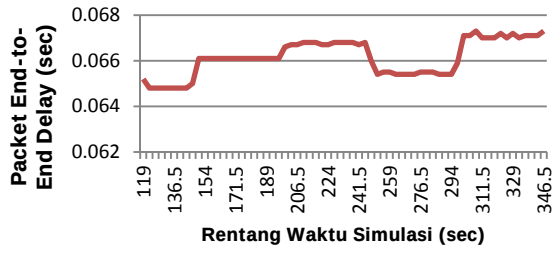
Gambar 4.4 *Packet end-to-end delay* EIGRP saat kondisi *link* normal

Delay dimulai saat detik ke-122,5 sebesar 0,0648 detik. Hal ini dikarenakan waktu pembangkitan seluruh aplikasi saat detik ke-120. Pada saat akan mendekati detik ke-200, *delay* mulai mengalami peningkatan sebesar 0,0654 detik. Hal ini disebabkan pada detik ke-200 *traffic* dibangkitkan sebesar 4 Mbps. Peningkatan *delay* kembali terlihat saat akan mendekati detik ke-300, yaitu sebesar 0,0659 detik. Perubahan perilaku *delay* disebabkan adanya pembangkitan *traffic* pada detik ke-300 sebesar 6 Mbps. Saat kondisi *link* normal, besarnya *packet delay end-to-end* rata-rata pada EIGRP 0,0656 detik.



Gambar 4.5 *Packet end-to-end delay* OSPF saat kondisi *link* gagal

Delay dimulai saat detik ke-122,5 sebesar 0,0653 detik. Hal ini dikarenakan waktu pembangkitan seluruh aplikasi saat detik ke-120. Saat detik ke-150 skenario *link* gagal mulai dibangkitkan. Akibatnya, terjadi peningkatan *delay* sebesar 0,0667 detik pada detik ke-154. Pada saat akan mendekati detik ke-200, *delay* mulai mengalami peningkatan sebesar 0,0674 detik. Hal ini disebabkan pada detik ke-200 *traffic* dibangkitkan sebesar 4 Mbps. *Delay* mulai turun pada detik ke-262,5 sebesar 0,067 detik. Hal ini dikarenakan proses *recovery link* dibangkitkan pada detik ke-250. Peningkatan *delay* kembali terlihat saat akan mendekati detik ke-300, yaitu sebesar 0,0664 detik. Perubahan perilaku *delay* disebabkan adanya pembangkitan *traffic* pada detik ke-300 sebesar 6 Mbps. Saat kondisi *link* gagal, besarnya *packet delay end-to-end* rata-rata OSPF 0,0668 detik.

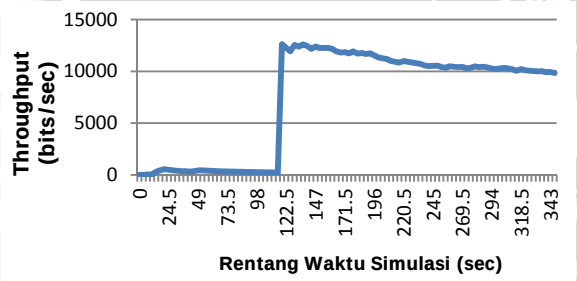


Gambar 4.6 *Packet end-to-end delay* EIGRP saat kondisi *link* gagal

Delay dimulai saat detik ke-122,5 sebesar 0,0648 detik. Hal ini dikarenakan waktu pembangkitan seluruh aplikasi saat detik ke-120. Saat detik ke-150 skenario *link* gagal mulai dibangkitkan. Akibatnya, terjadi peningkatan *delay* sebesar 0,0661 detik pada detik ke-150,5. Pada saat akan mendekati detik ke-200, *delay* mulai mengalami peningkatan sebesar 0,0666 detik. Hal ini disebabkan pada detik ke-200 *traffic* dibangkitkan sebesar 4 Mbps. *Delay* mulai turun pada detik ke-252 sebesar 0,0654 detik. Hal ini dikarenakan proses *recovery link* dibangkitkan pada detik ke-250. Peningkatan *delay* kembali terlihat saat akan mendekati detik ke-300, yaitu sebesar 0,0659 detik. Perubahan perilaku *delay* disebabkan adanya pembangkitan *traffic* pada detik ke-300 sebesar 6 Mbps. Saat kondisi *link* gagal, besarnya *packet delay end-to-end* rata-rata EIGRP 0,0661 detik. Berdasarkan standar ITU-T G.114 dapat dianalisis bahwa perolehan nilai *packet delay end-to-end* rata-rata yang dihasilkan oleh OSPF dan EIGRP merupakan rentang *delay* yang dapat diterima oleh pengguna secara umum.

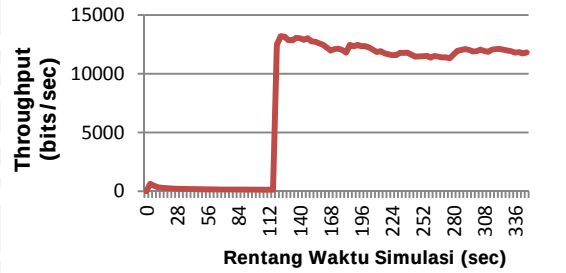
4.4 *Throughput*

Throughput merupakan jumlah rata-rata paket yang sukses diterima atau dikirimkan oleh saluran penerima atau pemancar per detik.[8] Besarnya nilai *throughput* diperoleh pada sambungan antara Jakarta-Makassar:



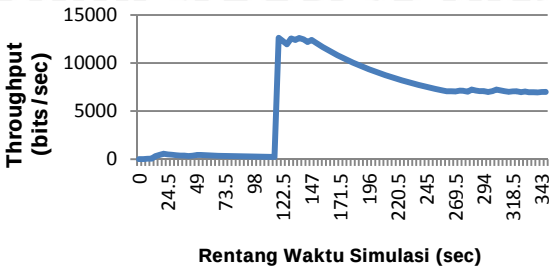
Gambar 4.7 *Throughput* OSPF saat kondisi *link* normal

Berdasarkan grafik 4.7, *throughput* OSPF mengalami kenaikan pada detik ke-119 sebesar 12.618,58 bps. Hal ini dikarenakan pada detik ke-120 menandakan dimulainya permintaan aplikasi di sisi *user*. Pada saat kondisi *link* normal, *throughput* rata-rata OSPF sebesar 7.382,86 bps.



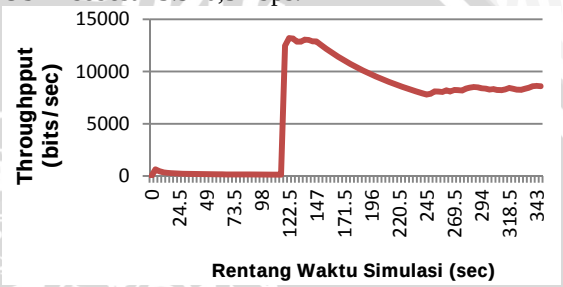
Gambar 4.8 *Throughput* EIGRP saat kondisi *link* normal

Berdasarkan grafik 4.8, *throughput* EIGRP mengalami kenaikan pada detik ke-122,5 sebesar 13.198,73 bps. Hal ini dikarenakan pada detik ke-120 menandakan dimulainya permintaan aplikasi di sisi *user*. Pada saat kondisi *link* normal, *throughput* rata-rata EIGRP pada sebesar 8.022,62 bps.



Gambar 4.9 *Throughput* OSPF saat kondisi *link* gagal

Berdasarkan grafik 4.9, *throughput* OSPF mengalami kenaikan pada detik ke-119 sebesar 12.618,58 bps. Hal ini dikarenakan pada detik ke-120 menandakan dimulainya permintaan aplikasi di sisi *user*. Namun terjadi penurunan nilai *throughput* pada detik ke-150,5 sebesar 12.110,75 bps. Hal ini disebabkan pada detik ke-150 menandai waktu dimulainya skenario *link* gagal. *Throughput* rata-rata OSPF sebesar 5.920,37 bps.



Gambar 4.10 *Throughput* EIGRP saat kondisi *link* gagal

Berdasarkan grafik 4.10, *throughput* EIGRP mengalami kenaikan pada detik ke-122,5 sebesar 13.198,73 bps. Hal ini dikarenakan pada detik ke-120 menandakan dimulainya permintaan aplikasi di sisi *user*. Namun terjadi penurunan nilai *throughput* pada detik ke-150,5 sebesar 12.578,08 bps. Hal ini disebabkan pada detik ke-150 menandai waktu dimulainya skenario *link* gagal. *Throughput* rata-rata EIGRP pada sebesar 6.385,24 bps. Berdasarkan nilai *throughput* rata-rata yang diperoleh dapat dianalisis bahwa kinerja *routing* protokol EIGRP lebih baik dibandingkan OSPF. Semakin besar nilai *throughput* menandakan semakin banyak jumlah paket rata-rata yang diterima di sisi *user*. Sebaliknya semakin kecil nilai *throughput* menandakan semakin sedikit jumlah paket rata-rata yang diterima di sisi *user*.

4.5 *Packet Loss*

Packet loss adalah jumlah paket yang hilang dibandingkan dengan paket yang diterima benar.[11] Prosentase *packet loss* ditentukan seperti:

$$packet\ loss(\%) = \frac{N_{packet\ loss}}{N_{packet} + N_{packet\ loss}} \times 100\,\% \qquad (2\text{-}1)$$

$N_{packet\ loss}$ = jumlah paket multimedia yang hilang
N_{packet} = jumlah paket multimedia yang diterima dengan benar

Berikut ini adalah hasil perhitungan *packet loss* pada aplikasi yang diterapkan ke dalam jaringan:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Packet Loss*

No.	Aplikasi	OSPF	EIGRP

		Link normal (%)	*Link* gagal (%)	*Link* normal (%)	*Link* gagal (%)
1.	*Email*	0	0	0	0
2.	*Web*	0	0	0	0
3.	VoIP	0,00004 81%	0,0057 4%	0,000 0513 %	0,000 0532 %

Berdasarkan dokumen ITU-T REC. Y.1541, hasil prosentase *packet loss* pada OSPF dan EIGRP baik pada skenario *link* normal ataupun gagal merupakan rentang nilai yang dapat diterima oleh pengguna secara umum. Pada aplikasi *email* dan *web* dihasilkan prosentase *packet loss* sebesar 0%, ini menandakan paket yang dikirim dari sumber dapat sampai ke penerima secara utuh. Ketika prosentase *packet loss* menjadi semakin meningkat hal ini akan mempengaruhi kualitas data yang akan diterima *client* akibat semakin banyaknya informasi yang hilang. Berdasarkan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa OSPF dan EIGRP memiliki kinerja yang seimbang.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. *Network Simulator* OPNET Modeler versi 14.5 dapat digunakan untuk menentukan kinerja dari *routing protocol* EIGRP dan OSPF. Metodologi yang dilakukan adalah dengan membuat topologi jaringan *hybrid* (*mesh-star*), kemudian mengkonfigurasi model saluran dan *node*, serta mengimplementasikan jenis aplikasi/layanan yang akan diamati ke dalam jaringan komputer.
2. *Routing protocol* EIGRP memiliki keunggulan pada parameter *konvergensi*, yaitu membutuhkan waktu 0,013 detik pada saat *link* gagal dan 0,012 detik saat proses *recovery link*. Sedangkan OSPF secara berurutan membutuhkan waktu 35,06 detik dan 28,37 detik.
3. Saat kondisi *link* normal, besarnya *packet delay end-to-end* rata-rata OSPF 66 ms sedangkan EIGRP 65,6 ms. Saat kondisi *link* gagal, besarnya *packet delay end-to-end* rata-rata OSPF 66,8 ms sedangkan EIGRP 66,1 ms. Berdasarkan dokumen ITU-T G.114 perolehan nilai *packet delay end-to-end* yang dihasilkan oleh OSPF dan EIGRP merupakan rentang *delay* yang dapat diterima oleh pengguna secara umum.
4. Pada skenario *link* normal besarnya *throughput* rata-rata OSPF 7.382,86 bps, sedangkan EIGRP 8.022,62 bps. Pada skenario *link* gagal, besarnya *throughput* rata-rata OSPF 5.920,37 bps, sedangkan besarnya *throughput* rata-rata EIGRP 6.385,24 bps. Berdasarkan nilai *throughput* rata-rata yang diperoleh dapat dianalisis bahwa kinerja *routing protocol* EIGRP lebih baik dibandingkan OSPF.
5. Pada skenario *link* normal besarnya *jitter* rata-rata OSPF $-3{,}73 \times 10^{-5}$ ms, sedangkan EIGRP $-3{,}04 \times 10^{-5}$ ms. Pada skenario *link* gagal besarnya *jitter* OSPF $-4{,}1 \times 10^{-5}$ ms, sedangkan EIGRP $-3{,}49 \times 10^{-5}$ detik. Berdasarkan dokumen ITU-T Y.1541 perolehan nilai *jitter* yang dihasilkan oleh OSPF dan EIGRP merupakan rentang *jitter* yang dapat diterima oleh pengguna secara umum.
6. Saat kondisi *link* normal, besarnya prosentase *packet loss* OSPF dan EIGRP untuk aplikasi *email* dan *web* ialah 0%. Pada aplikasi VoIP besarnya prosentase *packet loss* OSPF 0,0000481% dan EIGRP ialah 0,0000513%. Saat skenario *link* gagal, besarnya prosentase *packet loss* OSPF dan EIGRP untuk aplikasi *email* dan *web* ialah 0%. Pada aplikasi VoIP besarnya prosentase *packet loss* OSPF 0,00574% sedangkan EIGRP 0,0000532%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah:

1. Perlu dibuat topologi jaringan yang lebih besar agar kinerja dari kedua jenis *routing protocol* tersebut lebih terlihat jelas.
2. Menambah parameter kinerja yang diamati antara lain *network convergence activity*, *utilization*, *next hop update*, dan sebagainya.
3. Menganalisis performansi *routing protocol* pada aplikasi lain seperti FTP dan *database.*
4. Membandingkan antara hasil simulasi dengan menggunakan *network simulator* dan *testbed.*

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] Birkner, Matthew H. 2000. *Cisco Internetwork Design.* Indiana: Cisco Press.

[2] Chang, Xinjie. 1999. Network Simulations With Opnet. Dalam P.A. Farrington, H.B. Nembhard, D.T. Sturrock, and G.W. Evans, eds. (Penyunting). *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*:307-314. Phoenix

[3] *Cisco IOS Release 12.0 Network Protocols Configuration Guide, Part 1.* http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0/np1/configuration/guide/1ceigrp.html (diakses 15 Maret 2012)

[4] ITU-T. 2006. *Y.1541: Network Performance Objectives for IP-Based Services*. Switzerland: ITU-T publication

[5] Jr., Franklin D. Ohrtman. 2003. *Softswitch Architecture for VoIP*. McGraw-Hill

[6] Lammle, Todd. 2005. *CCNA Cisco Certified Network Associate Study Guide*. Cetakan I. Terjemahan S'to, CCNA, MCSE. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo

[7] Moy, John T. 1998. *OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol.* Reading: Addison-Wesley Publishing Company

[8] *Optimized Network Engineering Tool* (OPNET) Modeler v14.5

[9] Paquet, Catherine & Diane Teare. 2003. *CCNP Self-Study: Building Scalable Cisco Internetworks* (BSCI). Indiana: Cisco Press.

[10] Sofana, Iwan. 2010. *Cisco CCNA & Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.

[11] Tanenbaum, Andrew S. 2003. *Computer Network*. USA: Prentice Hall