

Analisis Perbandingan Performa Protokol Routing OSPF, IGRP dan EIGRP pada Topologi Mesh dan Tree

Enggar Saka Dirgantara¹, Rakhmadhany Primananda², Widhi Yahya³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹enggarsaka95@gmail.com, ²rakhmadhany@ub.ac.id, ³widhi.yahya@ub.ac.id

Abstrak

Internet adalah sekumpulan *Autonomous System* (AS) yang saling terhubung. *Autonomous system* terhubung dengan sekumpulan *autonomous system* lain dengan kebijakan *routing* yang berbeda. Setiap protokol *routing* memiliki karakter yang berbeda, maka dari itu perlu dilakukan penelitian menggunakan *routing* protokol OSPF, IGRP dan EIGRP pada topologi *mesh* dan *tree*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui protokol *routing* yang terbaik dalam masing-masing topologi, terutama dalam pengiriman data menggunakan protokol TCP dan UDP. Paket data yang dikirimkan menggunakan protokol TCP adalah HTTP dan protokol UDP adalah VoIP. Pengujian dilakukan dengan cara menyusun beberapa router menjadi topologi *mesh* dan *tree*, dengan jumlah router 16, 32 dan 64. Hasil simulasi menunjukkan pada topologi *mesh* dan *tree* EIGRP memiliki waktu konvergensi tercepat dari protokol *routing* yang lain. OSPF sangat baik digunakan dengan topologi *tree* dibandingkan dengan protokol *routing* lain terutama EIGRP. EIGRP terjadi *stuck in active* dalam topologi *tree*, sehingga mempunyai kinerja yang kurang baik. EIGRP mempunyai kinerja yang paling baik dalam topologi *mesh* dibandingkan protokol *routing* lain. Tetapi jika topologi *mesh* tersebut dikoneksikan dengan beberapa jenis link berbeda akan terjadi *bottle neck* yang lebih besar dari protokol *routing* lainnya

Kata kunci: Protokol *routing*, VoIP, HTTP, *mesh* dan *tree*.

Abstract

The Internet is a set of interconnected *Autonomous Systems* (AS). *Autonomous systems* connect with other *autonomous systems* with different *routing policies*. Each *routing protocol* has a different character, need to do research using *routing protocol* OSPF, IGRP and EIGRP on *mesh* and *tree* topologi. This research is intended to find out the best *routing protocol* in each topologi. This research performs data transmission using TCP and UDP protocol. Data packets that like to use TCP protocol are HTTP and UDP protocol is VoIP. Testing is done by way of several routers into *mesh* and *tree* topologi, with the number of routers 16, 32 and 64. The simulation shows on the *mesh* topologi and topologi *tree*, EIGRP has the fastest convergence time of other *routing protocols*. OSPF is very well used in *tree* topologi compared to other *routing protocols*. EIGRP occurs *stuck in active* in the topologi *tree*, so it has poor performance. EIGRP has the best performance in *mesh* topologi compared to other *routing protocols*. But if the *mesh* topologi is connected with several different types of links there will be *bottle neck*, larger than other *routing protocols*.

Keywords: *Routing protocol*, VoIP, HTTP, *mesh* and *tree*

1. PENDAHULUAN

Internet atau *interconnection networking* adalah sekumpulan *Autonomous System* (AS) yang saling terhubung menggunakan standar system global *Transmission Control Protocol / Internet Protocol* (TCP/IP) (Sofana,2012). *Autonomous system* terdiri dari sekumpulan jaringan komputer yang memiliki *IP Prefix* yang terkoneksi dengan satu kebijakan *routing* yang

telah didefinisikan oleh *administrator* jaringan. *Autonomous system* dalam jaringan internet dapat terhubung dengan beberapa *autonomous system* lain dengan kebijakan *routing* berbeda (Kurose,2013). *Administrator* Jaringan boleh mengatur kebijakan *routing autonomous system*-nya, tanpa harus memiliki perjanjian dengan *administrator* jaringan yang lain.

Protokol *routing* adalah suatu aturan membentuk tabel *routing* dimana router akan bertukar informasi *routing*, sehingga

menghasilkan rute terpendek untuk mengirimkan paket data ke tujuan. Protokol *routing* dibagi menjadi dua yaitu *interior routing protocol* dan *exterior routing protocol*. *Interior routing protocol* adalah protokol *routing* yang digunakan didalam *autonomous system*. Contoh *interior routing protocol* adalah RIP, OSPF, IGRP dan EIGRP. Sedangkan untuk *exterior routing protocol* adalah protokol *routing* yang digunakan untuk menyambungkan antar *autonomous system*. Contoh dari *exterior routing protocol* adalah EGP, BGP dan CSPF (Medhi,2007).

Selain protokol *routing*, di dalam suatu *autonomous system* juga terdapat topologi jaringan. Topologi adalah konsep untuk menghubungkan beberapa komponen jaringan komputer menjadi suatu jaringan yang saling terkoneksi. Contoh dari topologi jaringan adalah *ring*, *bus*, *star*, *tree* dan *mesh*. Topologi *tree* adalah gabungan dari beberapa topologi *star* yang dihubungkan dengan topologi *bus*. Topologi *mesh* dapat diartikan dengan hubungan *point-to-point* ke setiap *node*. Topologi *mesh* baik digunakan pada daerah kritis, sehingga jika salah satu *link* putus ada rute alternatif melalui *link* lain (Sofana,2013).

Setiap protokol *routing* dan topologi memiliki karakter yang berbeda, maka dari itu perlu dilakukan penelitian menggunakan *routing protocol* OSPF, IGRP dan EIGRP pada topologi *mesh* dan *tree*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui protokol *routing* yang terbaik dalam masing-masing topologi, terutama dalam pengiriman data menggunakan protokol TCP dan UDP. Salah satu paket data yang dikirimkan menggunakan protokol TCP adalah HTTP dan protokol UDP adalah VoIP. Pengujian dilakukan dengan cara menyusun beberapa router menjadi topologi *mesh* dan *tree*, dengan jumlah router 16, 32 dan 64 pada simulator OPNET 14.5. Perbedaan jumlah node dilakukan agar hasil dari perbandingan tersebut terlihat jelas perbedaan kinerjanya

Dalam penelitian ini penulis membatasi area penelitian hanya sebatas dua topologi berbentuk topologi *mesh* dan *tree* pada satu *autonomous system*, dengan pengujian QoS pada VoIP dan HTTP dalam simulator OPNET 14.5.

2. DASAR TEORI

2.1 Routing Protocol

Routing protocol adalah suatu perjanjian

atau aturan agar router pada suatu jaringan dapat berkomunikasi atau bertukar data pada suatu jaringan (Abdulkadhim,2015). *Routing protocol* ini memungkinkan router secara dinamis memilih jalur terpendek yang mereka lalui agar memperoleh *optimal cost* yang efektif. Secara umum ada tiga metode yang digunakan oleh protokol *routing* yaitu (Sofana,2012) :

- *Link State Protocol*

Disebut *link state* karena protokol ini menggunakan informasi dari router-router lain, protokol ini menggunakan algoritma *Dijkstra*. Sebagai contohnya OSPF dan IS-IS .

- *Distance Vector Protocol*

Pada *Distance Vector Protocol* karena penentuan *routing* didasarkan jarak terdekat dari router-router lain dengan perhitungan hop, protokol ini menggunakan algoritma *Belman-Ford*. Contoh dari protokol ini adalah IGRP, RIP dan BGP.

- *Hybrid*

Protokol ini mengembangkan algoritma dari protokol *Link State* dan *Distance Vector*. Sebagai contoh nya adalah EIGRP.

2.2 Voice over Internet Protocol (VoIP)

Voice over Internet Protocol adalah teknologi yang memiliki kemampuan melakukan pertukaran data suara secara interaktif melalui internet. Data suara diubah ke bentuk digital menggunakan kompresi audio, kemudian dibungkus dalam paket lalu dikirim melalui jaringan berbasis IP menggunakan udp (Kurose,2013). *Voice* adalah parameter uji yang mudah terjadi *loss*. Performa *voice* juga ditentukan dari link yang digunakan, oleh karena itu penelitian disini menggunakan link yang berbeda beda.

Sebuah audio yang baik akan mengambil bandwidth sekitar 64Kbps tanpa di kompresi. Kita dapat menghemat sebuah kanal suara menjadi 6Kbps (half-duplex) dengan adanya teknik kompresi. G.711 adalah standar Internasional untuk kompresi audio dengan menggunakan teknik *Pulse Code Modulation* (PCM) dalam pengiriman suara(Iskandar,2003).

2.3 Web dan HTTP

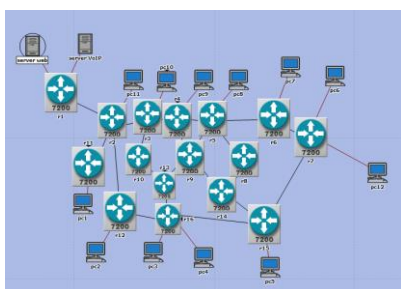
Protokol HTTP merupakan *application-layer* dari Web, hal ini didefinisikan dalam [RFC

1945] dan [RFC 2632]. HTTP diimplementasikan dalam dua program, program *client* dan program server. Program *client* dan program server dijalankan pada sistem akhir yang berbeda, saling berkomunikasi dengan bertukar pesan HTTP. HTTP mendefinisikan bagaimana *client* web meminta halaman web dari server web dan bagaimana server mentransfer halaman web ke *client* (Kurose,2013).

3. PERANCANGAN

3.1 Perancangan Topologi

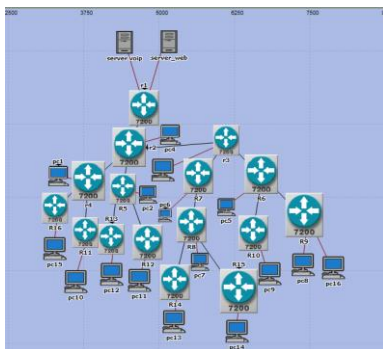
A. Topologi *mesh* dengan 16 router.



Gambar 1 Topologi *mesh* dengan 16 router

Topologi jaringan *mesh* dengan 16 router disimulasikan menggunakan protokol *routing* OSPF, IGRP dan EIGRP. Dalam topologi ini disertai *failure recovery* untuk memutus beberapa *link* dan menyambungkan kembali.

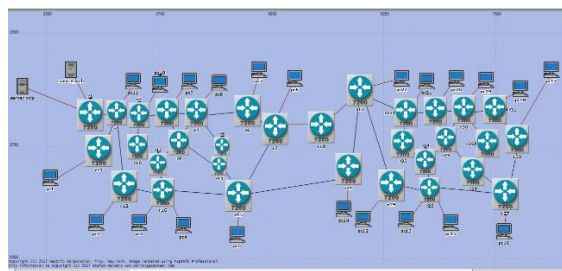
B. Topologi *tree* dengan 16 router



Gambar 2 Topologi *tree* dengan 16 router

Topologi jaringan *tree* dengan 16 router akan disimulasikan menggunakan protokol *routing* OSPF, IGRP dan EIGRP. Dalam topologi ini disertai *failure recovery* untuk memutus beberapa *link* dan menyambungkan kembali.

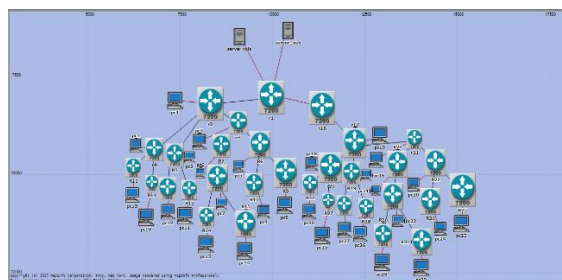
C. Topologi *mesh* dengan 32 router



Gambar 3 Topologi *mesh* dengan 32 router

Topologi jaringan *mesh* dengan 32 router disimulasikan menggunakan protokol *routing* OSPF, IGRP dan EIGRP. Dalam topologi ini disertai *failure recovery* untuk memutus beberapa *link* dan menyambungkan kembali.

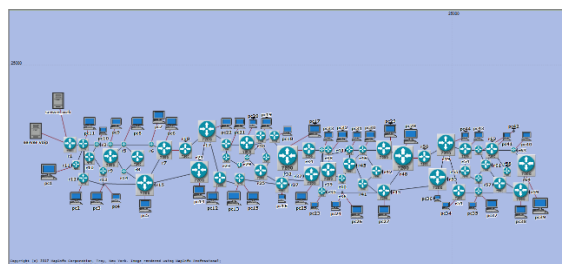
D. Topologi *tree* dengan 32 router



Gambar 4 Topologi *tree* dengan 32 router

Topologi jaringan *tree* dengan 32 router disimulasikan menggunakan protokol *routing* OSPF, IGRP dan EIGRP. Dalam topologi ini disertai *failure recovery* untuk memutus beberapa *link* dan menyambungkan kembali.

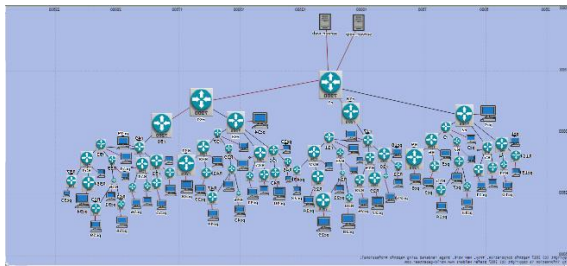
E. Topologi *mesh* dengan 64 router



Gambar 5 Topologi *mesh* dengan 64 router

Topologi jaringan *mesh* dengan 64 router disimulasikan menggunakan protokol *routing* OSPF, IGRP dan EIGRP. Dalam topologi ini disertai *failure recovery* untuk memutus beberapa *link* dan menyambungkan kembali.

F. Topologi tree dengan 64 router



Gambar 6 Topologi tree dengan 64 router

Topologi jaringan tree dengan 64 router disimulasikan menggunakan protokol routing OSPF, IGRP dan EIGRP. Dalam topologi ini disertai failure recovery untuk memutus beberapa link dan menyambungkan kembali.

3.2 Perancangan Simulasi

Perancangan simulasi digunakan untuk merencanakan tahapan yang akan digunakan dalam melakukan simulasi. Perancangan membuat simulasi dapat fokus sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditentukan dan memperoleh hasil yang maksimal. Dalam penelitian ini simulasi dibagi menjadi 5 skenario yaitu:

- **Skenario satu.** Simulasi dengan memperhatikan jumlah node sebagai pembanding untuk menganalisis bagaimana kinerja protokol routing berdasarkan perbedaan jumlah node.
- **Skenario dua.** Simulasi dengan memperhatikan perbedaan topologi yaitu topologi mesh dan tree.
- **Skenario tiga.** Simulasi dengan menggunakan link yang berbeda yaitu PPP DS1, PPP DS3 dan 100BaseT. Hal ini dilakukan agar setiap protokol routing memiliki perhitungan metrik yang berbeda dalam setiap link, sehingga dari perhitungan tersebut dapat terpilih jalur yang tercepat.
- **Skenario empat.** Memasang VoIP PCM dan Web untuk pengujian Quality of Service seperti delay, waktu konvergensi, page response time dan packetloss.
- **Skenario lima.** Melakukan failure recovery pada masing masing topologi. Hal ini dilakukan untuk melihat waktu konvergensi yang dapat dilakukan oleh protokol routing jika link nya diputus dan disambung kembali. Pemilihan link berdasarkan link yang berpengaruh untuk parameter QoS

Tabel 1. Failure recovery untuk topologi tree dengan 16 router

LINK	WAKTU (SEC)	PERLAKUAN
R6-R9	240	failure
R6-R9	340	recovery
R7-R8	520	failure
R7-R8	700	recovery
R4-R11	600	failure
R4-R11	800	recovery

Tabel 2. Failure recovery untuk topologi mesh dengan 16 router

LINK	WAKTU (SEC)	PERLAKUAN
R7-R15	240	failure
R7-R15	440	recovery
R16-R12	520	failure
R16-R12	720	recovery
R4-R3	600	failure
R4-R3	800	recovery

Tabel 3. Failure recovery untuk topologi tree dengan 32 router

LINK	WAKTU (SEC)	PERLAKUAN
R5-R2	240	failure
R5-R2	440	recovery
R3-R6	520	failure
R3-R6	720	recovery
R23-R24	600	failure
R23-R24	800	recovery

Tabel 4. Failure recovery untuk topologi mesh dengan 32 router

LINK	WAKTU (SEC)	PERLAKUAN
R12-R2	240	failure
R12-R2	440	recovery

R7-R15	520	failure
R7-R15	720	recovery
R18-R7	600	failure
R18-R7	800	recovery

Tabel 5. Failure recovery untuk topologi tree dengan 64 router

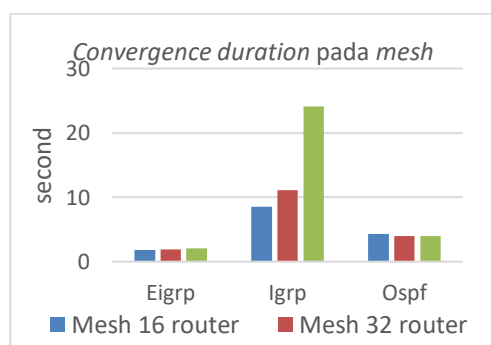
LINK	WAKTU (SEC)	PERLAKUAN
R3-R6	240	failure
R3-R6	440	recovery
R35-R33	520	failure
R35-R33	720	recovery
R39-R40	600	failure
R39-R40	800	recovery

Tabel 6. Failure recovery untuk topologi mesh dengan 64 router

LINK	WAKTU (SEC)	PERLAKUAN
R3-R2	240	failure
R3-R2	440	recovery
R27-R20	520	failure
R27-R20	700	recovery
R49-R50	600	failure
R49-R50	800	recovery

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

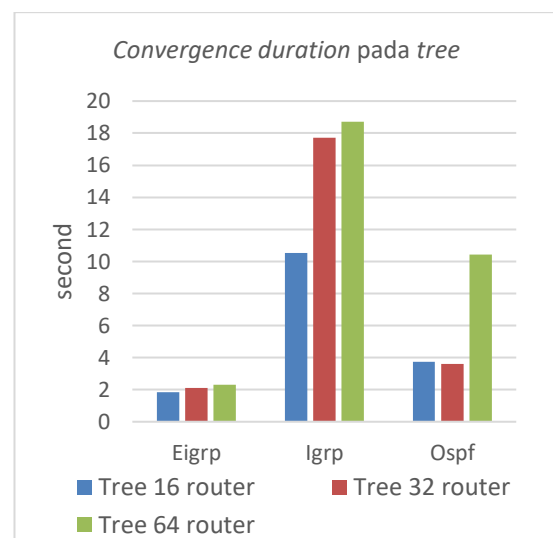
4.1 Hasil dan Perbandingan Convergence Duration



Gambar 7. Grafik perbandingan convergence duration pada topologi mesh

Grafik pada gambar 7 menampilkan data waktu konvergensi pada topologi mesh dengan jumlah router 16, 32 dan 64. Dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa waktu konvergensi tercepat adalah protokol routing EIGRP dengan rentang waktu 1,8 hingga 2,2 detik. Algoritma DUAL yang dimiliki EIGRP menggunakan memori dan bandwidth lebih sedikit dari protokol routing lainnya untuk konvergensi. Hal ini membuat waktu konvergensi EIGRP selalu lebih kecil dari semua protokol lain.

Selain karena penggunaan bandwidth yang lebih sedikit, kemampuan unequal load balancing juga membuat aktifitas konvergensi lebih cepat di topologi mesh. Ketika salah satu link mengalami kegagalan atau fail maka EIGRP tidak perlu mencari feasible successor pada topologi. EIGRP akan menggunakan link alternatif yang telah diketahui di topology table, sehingga waktu konvergensi berlangsung lebih cepat.

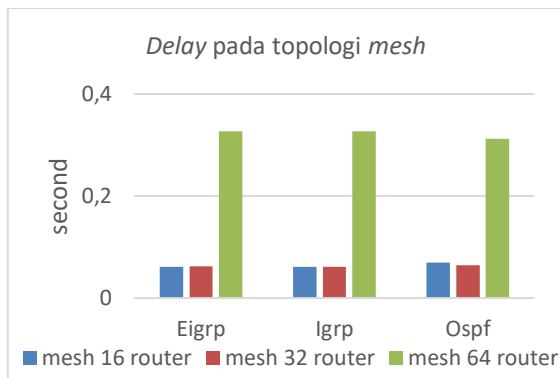


Gambar 8. Grafik perbandingan convergence duration pada topologi mesh

Pada gambar 8 menampilkan data waktu konvergensi pada topologi tree dengan jumlah router 16, 32 dan 64. Dari data tersebut dapat kita simpulkan bahwa waktu konvergensi tercepat ada pada protokol routing EIGRP dengan rentang waktu 1,8 hingga 2,2 detik. Waktu konvergensi dipengaruhi oleh banyak node, algoritma protokol routing dan posisi link yang putus dalam topologi. Algoritma DUAL yang dimiliki EIGRP menggunakan memori dan bandwidth lebih sedikit dari protokol routing lainnya untuk konvergensi. Hal ini membuat waktu konvergensi EIGRP selalu lebih cepat

dari semua protokol lain.

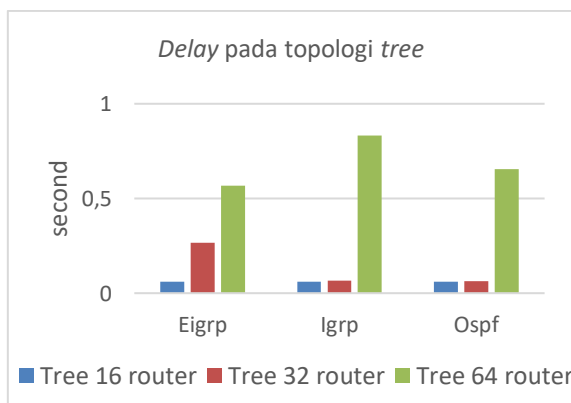
4.2 Hasil dan Perbandingan Delay pada Voip



Gambar 9. Delay pada topologi mesh

Pada gambar 9 memperlihatkan bahwa pada topologi mesh 16 router EIGRP memiliki nilai *delay* paling kecil, dan pada topologi dengan 32 router berganti menjadi IGRP yang memiliki nilai yang terbaik. Tetapi pada nilai *delay* di topologi dengan 16 maupun 32 router nilai *delay* tidak berbeda secara signifikan. Semua nilai *delay* masih dalam ambang batas pendengar yaitu kurang dari 150 ms. Di topologi *mesh* dengan 64 router semua protokol *routing* melewati ambang batas *delay* yang bisa diterima oleh pendengar. EIGRP memiliki nilai *delay* yang paling besar di topologi *mesh* dengan 64 router.

EIGRP memiliki fitur *unequal load balancing* yang memungkinkan menggunakan jalur lain untuk pengiriman data. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadi *bottle neck* lebih besar, sehingga *delay* menjadi lebih besar.



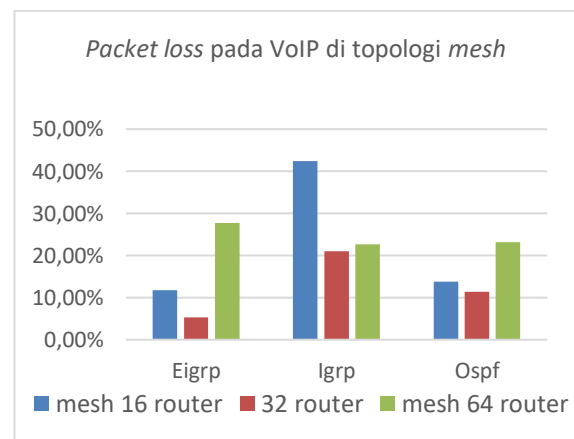
Gambar 10. Delay pada topologi tree

Pada gambar 10 terlihat bahwa pada topologi *tree* 16 router EIGRP memiliki nilai *delay* paling kecil. Nilai *delay* di topologi *tree* dengan 16 router masih dalam ambang batas

pendengar yaitu kurang dari 150 ms dan tidak berbeda secara signifikan antar protokol *routing*. Ketika simulasi pada topologi *mesh* dengan 64 router semua protokol *routing* melewati ambang batas *delay* untuk pendengar. Bertambahnya suatu node pada suatu jaringan menyebabkan proses transmisi data juga semakin besar sehingga *delay* yang dihasilkan pun semakin besar.

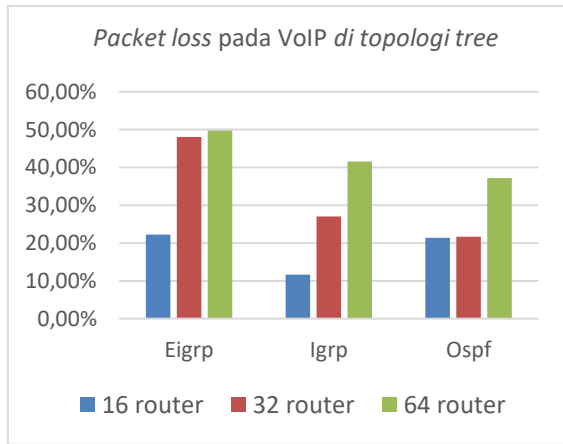
Pada topologi *tree* EIGRP tidak bisa melakukan fitur *unequal load balancing*. Hal ini karena pada topologi *tree* EIGRP tidak bisa menemukan jalur alternatif. Sehingga kemungkinan terjadi *bottle neck* pada EIGRP lebih kecil.

4.3 Perbandingan Packet Loss pada VoIP



Gambar 11. Packet loss pada VoIP di topologi mesh

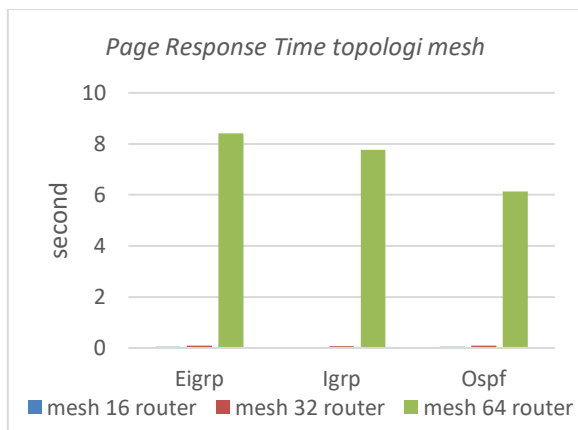
Pengiriman data *voice* bersifat *delay sensitive* dan *loss tolerant* serta dikirim menggunakan protokol UDP. Hal ini menyebabkan paket data *voice* rentan sekali terjadi *loss*. Pada grafik gambar 11 menunjukkan bahwa pada topologi *mesh* 16 dan 32 router EIGRP memiliki nilai *packet loss* paling sedikit dari protokol *routing* yang lain. Protokol EIGRP dalam topologi ini memiliki nilai yang sangat besar. Hal ini terjadi karena EIGRP terjadi *bottle neck* yang lebih besar.



Gambar 12. Packet loss pada VoIP di topologi tree

Pada grafik gambar 12 menunjukkan bahwa pada topologi tree 16 router IGRP memiliki nilai packet loss paling sedikit dari protokol routing yang lain. Di topologi tree dengan 32 dan 64 router OSPF memiliki packet loss paling sedikit dari protokol routing yang lain. Dalam topologi tree EIGRP mengalami stuck in active. Stuck in active adalah pengiriman query secara berulang untuk mencari feasible successor. Pengulangan ini dapat mengganggu pengiriman data, sehingga menyebabkan packet loss yang besar pada EIGRP.

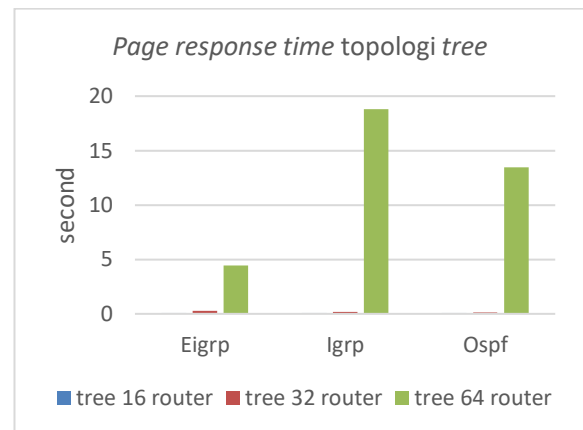
4.4 Perbandingan Page Response Time



Gambar 13. Page response time topologi mesh

Pada gambar 13 bisa dilihat pada topologi mesh dengan 16 router dan 32 router perbedaan page response time tidak terlalu signifikan dan masih dibawah 1 detik. Ketika topologi dengan 64 router, EIGRP memiliki angka yang lebih buruk dari protokol routing lainnya. EIGRP memiliki fitur unequal load balancing yang memungkinkan menggunakan jalur lain untuk pengiriman data. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadi bottle neck lebih besar. Sehingga kemungkinan page response time yang

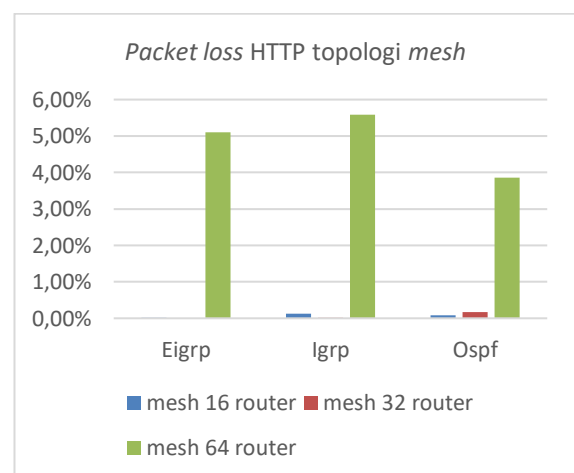
lebih lambat bisa terjadi.



Gambar 14. Page response time topologi tree

Pada gambar 14 bisa dilihat EIGRP memiliki page response time paling cepat diantara protokol routing yang lain. Nilai page response time EIGRP di topologi tree menunjukkan perbedaan yang signifikan terutama dalam topologi dengan 64 router. Perbedaan page response time terjadi karena kecepatan waktu konvergensi pada protokol routing. EIGRP selalu memiliki kecepatan waktu konvergensi yang paling cepat dibandingkan dengan protokol routing yang lain, sehingga page response time-nya lebih cepat. Sedangkan IGRP memiliki waktu konvergensi yang lambat. Lambatnya waktu konvergensi yang dilakukan membuat page response time juga menjadi lebih lambat dari protokol routing yang lain.

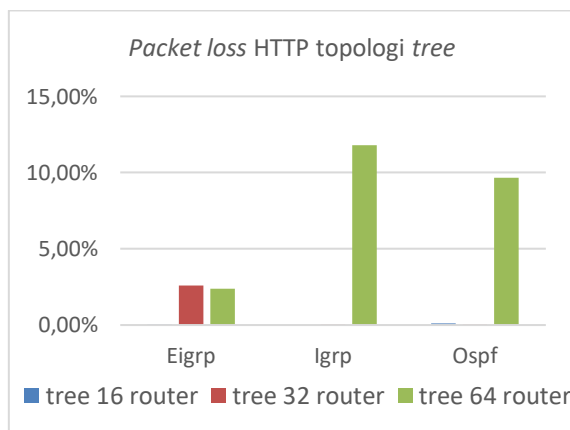
4.5 Perbandingan Packet Loss HTTP



Gambar 15. Packet loss HTTP topologi mesh

Packet loss HTTP tidak terlalu besar seperti pada packet loss VoIP. HTTP dikirim menggunakan protokol TCP yang bersifat reliable, sedangkan VoIP dikirim dengan protokol UDP yang bersifat unreliable.

Pengiriman data menggunakan TCP dapat meminimalisir terjadi nya *paket loss* karena bersifat reliabel. Pada gambar 15 semua protokol *routing* memiliki perbedaan loss yang tidak terlalu tinggi pada topologi dengan 16 dan 32 router. Nilai pada topologi dengan 16 dan 32 router masih berada dalam nilai dibawah 1 %. Tetapi saat menggunakan topologi *mesh* dengan 64 router nilai *loss* menjadi tinggi. Di topologi dengan 64 router nilai OSPF lebih baik dari protokol *routing* yang lain. EIGRP dan IGRP memiliki nilai yang besar dari protokol *routing* yang lain. IGRP memiliki waktu konvergensi yang sangat lama, sehingga menyebabkan *packet loss* menjadi lebih besar. Sedangkan pada EIGRP terjadi *bottle neck* yang lebih banyak sehingga *packet loss*-pun lebih besar.



Gambar 16. Packet loss HTTP topologi tree

Pada gambar16 menunjukkan bahwa pada topologi dengan 16 router perbedaan *loss* tidak terlalu signifikan, yaitu masih dalam range kurang dari 1%, Pada topologi dengan 32 router EIGRP memiliki loss paling tinggi dari protokol *routing* lain yang masih dibawah range 1%. Pada topologi dengan 64 router protokol OSPF dan EIGRP memiliki range nilai yang lebih baik walaupun *loss* lebih dari 1%.

Dalam topologi *tree* dengan 64 router IGRP memiliki nilai *packet loss* yang lebih besar dari protokol *routing* lain. Besarnya *packet loss* pada IGRP disebabkan waktu konvergensi yang lebih lama dari yang lain. Sedangkan besarnya *packet loss* EIGRP yang lebih besar dalam topologi *tree* 32 router karena *stuck in active*. *Stuck in active* terjadi ketika EIGRP tidak memiliki *feasible successor*. Untuk mencari *feasible successor*. EIGRP mengirim *query* ke semua rute secara berulang-ulang, pengulangan pengiriman *query* inilah yang disebut *stuck in active*. Pengulangan ini dapat mengganggu pengiriman data, sehingga

menyebabkan *packet loss* yang besar pada EIGRP.

5. KESIMPULAN

Pada topologi *mesh* dan *tree* EIGRP memiliki waktu konvergensi yang paling cepat dari protokol *routing* yang lain. OSPF sangat baik digunakan dalam topologi *tree* dibandingkan dengan protokol *routing* lain terutama EIGRP.

Pada pengiriman data VoIP dan HTTP dengan topologi *mesh*, EIGRP memiliki kinerja pengiriman data yang lebih baik dari protokol *routing* lain. Tetapi ketika topologi *mesh* mempunyai node berskala besar dengan *link* berbeda, akan terjadi *bottle neck* yang lebih besar dan memperburuk pengiriman data. OSPF lebih baik dalam pengiriman data di topologi *tree* dibandingkan dengan protokol *routing* yang lain.

Pada topologi *mesh* dan *tree* dengan 16 router EIGRP bekerja paling baik dari protokol *routing* lain. EIGRP memiliki waktu konvergensi yang tercepat, sehingga bekerja paling efisien pada topologi dengan 16 router. EIGRP mulai terlihat bermasalah pada topologi *mesh* dan *tree* dengan 32 router. Hal ini karena pada topologi *mesh* menggunakan *link* yang berbeda-beda terjadi *bottle neck*. EIGRP mulai mengalami *stuck in active* yang besar dari topologi *tree* 32 router. OSPF memiliki kinerja yang lebih efisien untuk semua topologi dengan jumlah node yang besar.

6. DAFTAR PUSTAKA

Abdulkadhim, M. (2015). *Routing Protocols Convergence Activity and Protocols Related Traffic Simulation With It's Impact on the Network*. Nahrain University.

Balchunas, A. (2012). *IGRP*. Dipetik January 5, 2017, dari <http://www.routeralley.com>

Kalamani, P. (2014). *Comparison of RIP, EIGRP, OSPF, IGRP Routing Protocols in Wireless Local Area Network (WLAN) by using OPNET Simulator tool - A Practical Approach*. Bangalore, India: IOSR Journal of Computer Engineering .

Kurose, J. F. (2013). *A Top-Down Approach (SIXTH EDITION ed.)*. boston: Pearson Education.

- M.Iskandarsyah. (2003). *Dasar Dasar Jaringan VoIP*. Dipetik January 5, 2017, dari IlmuKomputer.Com
- Medhi, D. (2007). *Network Routing Algorithms, Protocols, and Architectures*. Amsterdam: Elsevier.
- Russell, T. (2008). *THE IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM*. New York: Mc Graw Hill.
- Sofana, I. (2012). *Cisco CCNA dan Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.
- Sofana, I. (2012). *Cisco CCNP dan Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.
- Sofana, I. (2013). *Membangun Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.