

ANALISIS PENGARUH KONFIGURASI *EIGRP EQUAL* *DAN UNEQUAL COST LOAD* *BALANCING* TERHADAP KINERJA ROUTER

Dian Bagus Saptonugroho, Dessyanto Boedi P., Budi Santosa
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jalan Babarsari No 2 Tambakbayan Yogyakarta
email : dess95@gmail.com

Abstract

Routing protocol is tasked with finding the best route to send the packet. Assessed using the metric. If there is more than one route with the same metric value, Routing Information Path (RIP), Open Shortest Path First (OSPF), and Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) support equal cost load balancing to send packets to the destination. If there is more than one route with a different metric values, EIGRP can do unequal cost load balancing. Research needs to be conducted to determine the effect of the configuration of EIGRP equal and unequal cost load balancing on the performance of the router which can be used as a proof-of-concept testing that is part of the project design document on a network. Research networks using EIGRP as the routing protocol. After the equal and unequal load balancing is enabled by configuring the variance, CEF, per-destination load balancing, per-packet load balancing, or traffic sharing and analyzing its effect on the neighbor table, topology table, routing table, the data transmission, survivability, convergence, throughput, and utilization. This study used an emulator GNS3 as Cisco 2691 Router with Cisco IOS version 12:24 (25) c and advanced enterprise-adventerprisek9 image c2691-mz.124-25c.bin, and OPNET Modeler 14.5 for simulation. The results of the study can be used as a proof-of-concept testing in the design document for later use as contemplated in the manufacture of plan implementation and verification plan.

Keyword: EIGRP, Cisco, Load Balancing

Routing protocol bertugas mencari rute terbaik untuk mengirimkan paket. Rute dinilai menggunakan metric. Apabila terdapat lebih dari satu rute dengan nilai metric yang sama, Routing Information Path (RIP), Open Shortest Path First (OSPF), dan Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) mendukung equal cost load balancing untuk mengirimkan paket ke tujuan. Jika terdapat lebih dari satu rute dengan nilai metric yang berbeda, EIGRP dapat melakukan unequal cost load balancing. Penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi EIGRP equal dan unequal cost load balancing terhadap kinerja router yang dapat digunakan sebagai proof-of-concept testing yang merupakan bagian dari design document pada suatu project jaringan. Penelitian membuat jaringan menggunakan EIGRP sebagai routing protocol. Setelah itu equal dan unequal load balancing diaktifkan dengan mengkonfigurasi variance, CEF, per-destination load balancing, per-packet load balancing, atau traffic sharing serta menganalisis pengaruhnya terhadap neighbor table, topology table, routing table, rute pengiriman data, survivability, convergence, throughput, dan utilization. Penelitian ini menggunakan GNS3 sebagai emulator Cisco Router 2691 dengan Cisco IOS versi 12.24(25)c dan advanced enterprise image c2691-adventerprisek9-mz.124-25c.bin, serta OPNET Modeler 14.5 untuk simulasi. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai proof-of-concept testing di dalam design document untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan pembuatan implementation plan dan verification plan.

Keyword : EIGRP, Cisco, Load Balancing

1. PENDAHULUAN

Tugas sebuah *routing protocol* adalah mencari rute terbaik untuk mengirimkan data. Rute dinilai menggunakan *metric*. Rute terbaik adalah rute yang memiliki nilai *metric* terkecil. Jika ada dua atau lebih rute terbaik dengan nilai *metric* yang sama, maka *router* akan menggunakan semua rute tersebut untuk mengirimkan data kepada alamat tujuan. Fitur tersebut dinamakan

equal cost load balancing. *Routing protocol* yang mendukung *equal cost load balancing* di antaranya adalah *Routing Information Path (RIP)*, *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*, dan *Open Shortest Path First (OSPF)*.

Dalam proses pencarian rute, bisa jadi *routing protocol* menemukan rute alternatif dengan nilai *metric* yang lebih besar dibandingkan dengan rute terbaik. Rute semacam ini dikelompokkan sebagai cadangan dan baru akan digunakan apabila rute terbaik tidak dapat dilewati. EIGRP dapat membuat *router* memanfaatkan semua rute, terlepas dari apakah rute itu yang terbaik dengan nilai *metric* terkecil maupun rute cadangan dengan nilai *metric* yang lebih besar. Semua rute tersebut dapat digunakan untuk mengirimkan data kepada alamat tujuan. Fitur tersebut dinamakan *unequal cost load balancing*. RIP dan OSPF tidak memiliki fitur *unequal cost load balancing*, sehingga fitur ini menjadi eksklusif milik EIGRP.

Berdasarkan dokumentasi dari Cisco, *load balancing* pada EIGRP dapat diatur dengan cara mengkonfigurasi *variance*, *Cisco Express Forwarding (CEF)*, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*. Apakah EIGRP akan melakukan *equal cost load balancing* atau *unequal cost load balancing* bergantung pada konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, dan *traffic sharing*.

Kemampuan EIGRP melakukan *equal* dan *unequal cost load balancing* merupakan fitur yang tidak dimiliki oleh *routing protocol* seperti RIP dan OSPF sehingga penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing* terhadap kinerja *router*.

Menurut Wendell Odom, tahap-tahap penyelesaian suatu *project* jaringan adalah membuat *design document*, menyusun *implementation plan*, dan membuat *verification plan*. Salah satu tugas *network designers* adalah mengumpulkan *requirements* dari internal dan eksternal *customers*, kemudian menerjemahkan *requirements* tersebut ke dalam *network design*, serta melakukan *proof-of-concept testing*. Penelitian mengenai pengaruh konfigurasi EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing* terhadap kinerja *router* ini dapat dijadikan sebagai *proof-of-concept testing* pada saat pembuatan *design document*.

2. STUDI PUSTAKA

Tujuan dari penelitian berjudul *Measuring Load-balanced Paths in the Internet* adalah mengidentifikasi *load balancing routers* di internet dan mencari karakter dari jalur *load balancing* yang ditemukan. Penelitian ini menggunakan sebuah *tool* yang bernama *Paris traceroute*. *Tool* ini digunakan untuk mengukur jumlah jalur *load-balanced* yang ada di internet untuk yang pertama kalinya. Ditemukan data bahwa antara sumber dengan tujuan, 39% merupakan *per-flow load balancer*. Sedangkan 70% merupakan *per-destination load balancer*.

Tujuan dari penelitian berjudul Analisis dan Implementasi *Load Balancing* dan *Failover* serta Konfigurasi *Alert* pada PT Jasnita Telekomindo adalah mengimplementasikan *load balancing*, *failover*, dan *alert* pada *gateway* PT Jasnita Telekomindo menggunakan sistem operasi Mikrotik.

Pada penelitian berjudul Koneksi Internet Ganda dengan *Load Balancing* Menggunakan Unix Mikrotik pada PT. Marina Buana Asia, salah satu ISP yang tersedia digunakan untuk koneksi internasional, sedangkan ISP lainnya digunakan untuk koneksi lokal melalui *static routing*. Selain itu penelitian ini juga menerapkan *failover* secara manual untuk mengantisipasi koneksi internet jika terputus. Pemisahan koneksi internasional dengan koneksi lokal memberikan dampak positif meningkatnya kecepatan pengiriman data, *upload* data, serta *download* data.

Tujuan dari penelitian berjudul Analisis dan Pengujian *Per-Packet Load Balancing* pada Jaringan MPLS-VPN DS-TE di BPPT adalah mengimplementasikan *per-packet load balancing* pada jaringan *testbed* Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi (PTIK) yang merupakan salah satu unit kerja di lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Sistem yang sedang berjalan adalah MPLS VPN *DiffServ-Aware Traffic Engineering*. Penelitian berjudul Optimasi Jaringan Komputer Menggunakan *Routing Protocol Open Shortest Path First (OSPF)* dan *Gateway Load Balancing Protocol (GLBP)* pada BPPT dilakukan menggunakan *software* GNS3 berdasarkan *topology* milik Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Penelitian ini menambahkan jalur *redundant* pada *core router* untuk mengantisipasi apabila terjadi kegagalan pada salah satu *switch core*. *Routing protocol* OSPF dikonfigurasi pada setiap layer 3 *switch* yang terletak pada *core layer* disertai dengan fitur *authentication* untuk meningkatkan keamanan. Serta dilakukan perubahan *routing protocol* dari *Hot Standby Routing Protocol (HSRP)* menjadi *Gateway Load Balancing Protocol (GLBP)* pada *distribution layer* yang

berdampak memberikan keseimbangan jaringan dalam pembagian jumlah *host* pada setiap *forwarder switch*, meminimalisir waktu apabila ada kegagalan pada *switch* aktif dalam meneruskan paket, dan dapat mengurangi *packet loss* jika terjadi kegagalan pada *switch* aktif tersebut.

Pada penelitian berjudul Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Menggunakan Teknologi *Load Balancing* dan *Failover* pada PT. Aero Systems Indonesia, teknik *failover* digunakan untuk berpindah dari ISP satu ke ISP yang lainnya secara otomatis apabila ada gangguan pada ISP sebelumnya. *Load balancing* dilakukan menggunakan OpenBSD yang akan membagi trafik berdasarkan *session*. Jika *session* menuju ISP pertama penuh, maka *session* berikutnya akan menggunakan ISP yang lainnya. Selain sebagai *load balancer*, OpenBSD juga berfungsi sebagai *failover*. Ada 2 buah OpenBSD yang terhubung ke masing-masing ISP.

3. HIPOTESIS

Hipotesis yang akan dibuktikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Neighbor table* tidak akan mengalami perubahan setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*. Sedangkan *topology table* dan *routing table* akan mengalami perubahan setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Rute pengiriman data akan berubah seiring dengan perubahan pada konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Survivability* dan *convergence* pada *router* akan semakin baik setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Throughput* akan semakin besar setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*. Sedangkan *utilization* akan semakin kecil setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Router* yang menggunakan EIGRP *equal* atau *unequal cost load balancing* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan *router* yang tidak menggunakan EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing*.

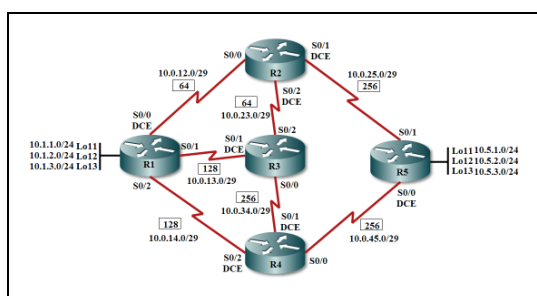
4. PERANCANGAN

Poin-poin yang akan diteliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

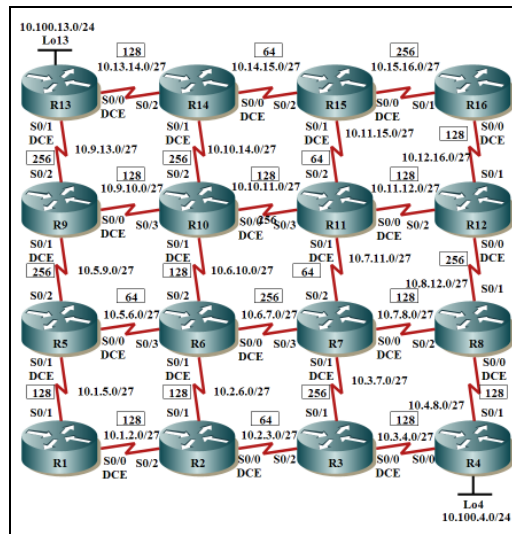
- Cara mengkonfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Perubahan yang terjadi pada *neighbor table*, *topology table*, dan *routing table* setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Rute pengiriman data setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Survivability* dan *convergence* pada *router* setelah konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.
- Pengaruh *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing* terhadap *throughput* dan *utilization*.

4.1 Desain Jaringan

Penelitian menggunakan 2 *topology*. *Topology 1* dan *topology 2* merupakan *partial mesh*. *Topology 1* terdiri atas 5 buah *router*, sedangkan *topology 2* terdiri atas 16 *router*.



Gambar 1. Topology 1



Gambar 2. Topology 2

Terdapat 9 skenario yang digunakan pada penelitian ini. Skenario 1, 2, 3, 4, dan 5 digunakan pada *topology* 1. Sedangkan skenario 6, 7, 8, dan 9 digunakan untuk *topology* 2.

Tabel 1. Skenario untuk *topology* 1

Konfigurasi	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
<i>variance</i>	default (1)	default (1)	default (1)	2	2
CEF	default (yes)	default (yes)	override	override	override
<i>per-destination load balancing</i>	-	default (yes)	-	-	-
<i>per-packet load balancing</i>	-	-	yes	yes	yes
<i>traffic sharing</i>	-	-	-	balanced	min

Tabel 2. Skenario untuk *topology* 2

Konfigurasi	Skenario 6	Skenario 7	Skenario 8	Skenario 8
<i>variance</i>	default (1)	default (1)	2	2
CEF	default (yes)	override	override	override
<i>per-destination load balancing</i>	default (yes)	-	-	-
<i>per-packet load balancing</i>	-	yes	yes	yes
<i>traffic sharing</i>	-	-	balanced	min

4.2 Software yang Digunakan

Ada 2 *software* jaringan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu GNS3 dan OPNET Modeler 14.5.

GNS3 merupakan *software* yang menggunakan *emulator* Dynamips untuk menjalankan Cisco *Internetwork Operating System* (IOS). Cisco IOS merupakan sistem operasi yang digunakan pada Cisco *routers*. Pada penelitian ini *router* yang digunakan adalah Cisco *Router* 2691 dengan sistem operasi Cisco IOS versi 12.24(25)c dan *advanced enterprise image* c2691-adventerprisek9-mz.124-25c.bin.

OPNET Modeler yang digunakan adalah versi 14.5. OPNET Modeler dipilih karena mampu memvisualisasikan rute pengiriman data, menguji *survivability*, *convergence*, serta membandingkan *throughput* dan *link utilization*.

5. PEMBAHASAN

Pada *topology* 1, *neighbor table* milik *router* "R1" mencantumkan *router* "R2" (10.0.12.2), "R3" (10.0.13.3), dan "R4" (10.0.14.4) sebagai *neighbor*. Pada *topology* 2, *neighbor table* milik *router* "R4" mencantumkan *router* "R3" (10.3.4.3) dan *router* "R8" (10.4.8.8) sebagai *neighbor*. Daftar *neighbor* yang ada di dalam *neighbor table* pada kedua *topology* tidak berubah meskipun terdapat perubahan konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, dan *traffic sharing*. Hal ini karena *neighbor* harus *reachable* melalui *Layer* 2. Ditambah lagi, syarat untuk menjadi *neighbor* adalah *router* harus mampu mengirimkan atau menerima IP *packets*, alamat IP *interface* harus berada di *subnet* yang sama, tidak merupakan *passive interface*, harus memiliki ASN yang sama, harus lolos *neighbor authentication* (jika dikonfigurasi), serta *K-values* harus cocok. Konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, dan *traffic sharing* tidak

mempengaruhi faktor-faktor tersebut sehingga hubungan *neighbor* yang sudah dibentuk tidak berubah

Pada *topology 1*, *topology table* milik *router "R1"* menunjukkan bahwa EIGRP memilih *router "R2"* (10.0.12.2) dan *router "R4"* (10.0.14.4) sebagai *Successor*. Sedangkan *router "R3"* (10.0.13.3) dipilih sebagai *Feasible Successor*. *Router "R2"* (10.0.12.2) dan *router "R4"* (10.0.14.4) sebagai *Successor* memiliki nilai *Feasible Distance* sebesar 21152000. *Router "R3"* (10.1.3.3) memiliki nilai *metric* sebesar 21664000. Pada *topology 2*, *topology table* milik *router "R4"* menunjukkan bahwa EIGRP memilih *router "R3"* (10.3.4.3) dan *router "R8"* (10.4.8.8) sebagai *Successor* dengan nilai *Feasible Distance* sebesar 23200000. *Router "R4"* pada *topology 2* tidak memiliki *Feasible Successor*. *Topology table* pada kedua *topology* tidak mengalami perubahan meskipun terdapat perubahan konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*.

Skenario 2 dan skenario 6 memiliki konfigurasi yang sama. *Routing table* pada skenario 2 menampilkan *router "R2"* (10.0.12.2) dan *router "R4"* (10.0.14.4) sebagai *next hop* untuk menuju *subnet 10.5.1.0/24*, *10.5.2.0/24*, dan *10.5.3.0/24* milik *router "R5"*. Sedangkan skenario 6 menampilkan *router "R3"* (10.3.4.3) dan *router "R8"* (10.4.8.8) sebagai *next hop* untuk menuju *subnet 10.100.13.0/24* milik *router "R13"*. *Router "R2"* (10.0.12.2) dan *router "R4"* (10.0.14.4) pada skenario 2 memiliki nilai *metric* sebesar 21152000. *Router "R3"* (10.3.4.3) dan *router "R8"* (10.4.8.8) pada skenario 6 memiliki nilai sebesar 23200000. Skenario 3 dan skenario 7 memiliki konfigurasi yang sama. Tidak ada perubahan pada isi *routing table* milik skenario 3, isinya sama dengan *routing table* milik skenario 2. Pada *topology 2*, skenario 7 memiliki isi *routing table* yang sama dengan skenario 6. Skenario 4 dan skenario 8 memiliki konfigurasi yang sama. *Routing table* pada skenario 4 menampilkan *router "R2"* (10.0.12.2), *"R3"* (10.0.13.3), dan *"R4"* (10.0.14.4) sebagai *next hop* untuk menuju *subnet 10.5.1.0/24*, *10.5.2.0/24*, dan *10.5.3.0/24* milik *router "R5"*. *Router "R3"* memiliki nilai *metric* yang lebih besar dibandingkan dengan *router "R2"* dan *"R4"*, yaitu sebesar 21664000. *Routing table* pada skenario 8 menampilkan *router "R3"* (10.3.4.3) dan *router "R8"* (10.4.8.8) sebagai *next hop* untuk menuju *subnet 10.100.13.0/24* milik *router "R13"*. Skenario 5 dan skenario 9 memiliki konfigurasi yang sama. Skenario 5 memiliki isi *routing table* yang sama dengan skenario 4. Skenario 9 memiliki isi *routing table* yang sama dengan skenario 6, skenario 7, dan skenario 8. Dengan demikian *routing table* pada *topology 1* menunjukkan perubahan seiring dengan perubahan konfigurasi *variance*.

Overhead atau *additional memory* akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya *next hop* yang dimasukkan ke dalam *routing table*. Pada *topology 1*, skenario 1 memiliki *overhead* yang berasal dari *Route Source* EIGRP sebesar 648 bytes. Skenario 2 dan skenario 3 memiliki *overhead* yang berasal dari *Route Source* EIGRP sebesar 864 bytes. Skenario 4 dan skenario 5 memiliki *overhead* yang berasal dari *Route Source* EIGRP sebesar 1440 bytes. Sedangkan *overhead* yang berasal dari *Route Source connected* besarnya tetap karena tidak ada penambahan *next hop* terhadap *subnet* yang terhubung langsung dengan *router*. Pada *topology 2*, skenario 6, 7, 8, dan 9 tidak mengalami peningkatan *overhead* yang berasal dari *Route Source* EIGRP karena tidak ada penambahan *next hop* untuk *Route Source* EIGRP maupun untuk *Route Source* yang lainnya. Sehingga besarnya *overhead* untuk *Route Source* EIGRP dan total *overhead* adalah tetap, yaitu sebesar 2736 bytes dan 2952 bytes.

Skenario	Route Source	Networks	Subnets	Overhead	Memory (bytes)
1	connected	0	6	432	816
	static	0	0	0	0
	eigrp 1	0	7	648	952
	internal	1			1156
	total	1	13	1080	2924
2	connected	0	6	432	816
	static	0	0	0	0
	eigrp 1	0	7	864	952
	internal	1			1156
	total	1	13	1296	2924
3	connected	0	6	432	816
	static	0	0	0	0
	eigrp 1	0	7	864	952
	internal	1			1156
	total	1	13	1296	2924
4	connected	0	6	432	816
	static	0	0	0	0
	eigrp 1	0	7	1440	952
	internal	1			1156
	total	1	13	1872	2924
5	connected	0	6	432	816
	static	0	0	0	0
	eigrp 1	0	7	1440	952
	internal	1			1156
	total	1	13	1872	2924

Gambar 3. Route summary pada topology 1

Topology 1 mengalokasikan *memory* yang sama besar meskipun terdapat perubahan konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing*. Pada *topology 1*, besar *memory* yang dialokasikan untuk *Route Source EIGRP Autonomous System Number 1* adalah sebesar 952 bytes, sedangkan total *memory* yang dialokasikan adalah sebesar 2924 bytes. *Topology 2* juga memiliki besar alokasi *memory* yang sama meskipun terdapat perubahan konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, dan *traffic sharing*. Pada *topology 2*, besar *memory* yang dialokasikan untuk *Route Source EIGRP Autonomous System Number 2* adalah sebesar 3128 bytes, sedangkan total *memory* yang dialokasikan adalah sebesar 4692 bytes.

Hasil *traceroute* dan *ping* menunjukkan bahwa pada saat *router "R1"* memiliki 2 rute dengan nilai *metric* yang sama dan konfigurasi dibiarkan *default*, maka *router "R1"* akan menggunakan 1 jalur saja untuk mengirimkan *packet* kepada alamat IP 10.5.1.1 yang terhubung dengan *router "R5"*. Hal ini merupakan akibat dari CEF yang menggunakan *per-destination load balancing*. Setelah mematikan CEF atau dengan mengaktifkan *per-packet load balancing*, *router* akan menggunakan kedua rute secara simultan atau bersamaan untuk mengirimkan *packet* kepada alamat IP 10.5.1.1 yang terhubung dengan *router "R5"*. Besarnya pembagian trafik yang digunakan oleh kedua rute adalah 1:1.

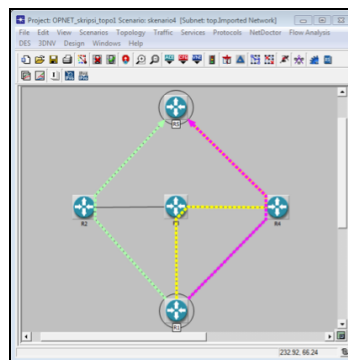
```

R1#ping 10.5.1.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 10.5.1.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/4 ms
R1#
Feb 24 07:19:53.515: IP: tableid=0, #=10.0.14.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/2) rou
ted via R1B
Feb 24 07:19:53.515: IP: #=10.0.14.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/2) len 100, sendi
ng
Feb 24 07:19:53.519: IP: tableid=0, #=10.5.1.1 (Serial0/2), d=10.0.14.1 (Serial0/2),
routed via R1B
Feb 24 07:19:53.519: IP: #=10.5.1.1 (Serial0/2), d=10.0.14.1 (Serial0/2) len 100, r
cvd 3
Feb 24 07:19:53.519: IP: tableid=0, #=10.0.12.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/0), rou
ted via R1B
Feb 24 07:19:53.519: IP: #=10.0.12.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/0) len 100, sendi
ng
Feb 24 07:19:53.519: IP: tableid=0, #=10.5.1.1 (Serial0/0), d=10.0.12.1 (Serial0/0),
routed via R1B
Feb 24 07:19:53.519: IP: #=10.5.1.1 (Serial0/0), d=10.0.12.1 (Serial0/0) len 100, r
cvd 3
Feb 24 07:19:53.519: IP: tableid=0, #=10.0.14.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/2), rou
ted via R1B
Feb 24 07:19:53.519: IP: #=10.0.14.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/2) len 100, sendi
ng
Feb 24 07:19:53.523: IP: tableid=0, #=10.5.1.1 (Serial0/2), d=10.0.14.1 (Serial0/2),
routed via R1B
Feb 24 07:19:53.523: IP: #=10.5.1.1 (Serial0/2), d=10.0.14.1 (Serial0/2) len 100, r
cvd 3
Feb 24 07:19:53.523: IP: tableid=0, #=10.0.12.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/0), rou
ted via R1B
Feb 24 07:19:53.523: IP: #=10.0.12.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/0) len 100, r
cvd 3
Feb 24 07:19:53.523: IP: tableid=0, #=10.0.14.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/2), rou
ted via R1B
Feb 24 07:19:53.523: IP: #=10.0.14.1 (local), d=10.5.1.1 (Serial0/2) len 100, sendi
ng
Feb 24 07:19:53.523: IP: tableid=0, #=10.5.1.1 (Serial0/2), d=10.0.14.1 (Serial0/2),
routed via R1B
Feb 24 07:19:53.527: IP: #=10.5.1.1 (Serial0/2), d=10.0.14.1 (Serial0/2) len 100, r
cvd 3
R1#
R1#

```

Gambar 4. Hasil *ping* pada skenario 3

Perubahan pada nilai *variance* mempengaruhi rute yang digunakan untuk pengiriman data. Setelah nilai *variance* diubah menjadi 2 dan parameter *traffic sharing* adalah "*balanced*", rute melalui *router "R3"* yang oleh *router "R1"* dikategorikan sebagai *Feasible Successor* dimasukkan ke dalam *routing table* dan digunakan untuk mengirimkan data kepada alamat IP 10.5.1.1 yang terhubung dengan *router "R5"*. Besarnya pembagian trafik yang digunakan oleh rute R2:R3:R4 adalah 40:39:40.



Gambar 5. Rute pengiriman data skenario 4

Pada saat nilai *variance* adalah 2 namun parameter *traffic sharing* diubah menjadi *minimum*, ternyata rute pengiriman data yang digunakan sama dengan pada saat konfigurasi

menggunakan *per-packet destination load balancing*. Hanya rute dengan nilai *metric* terkecil yang digunakan untuk mengirimkan data, yaitu melalui *router* "R2" dan *router* "R3" karena keduanya memiliki nilai *metric* terkecil dan besarnya sama. Perbedaannya adalah dengan adanya nilai *variance* sebesar 2, terdapat rute tambahan pada *routing table* melalui *router* "R3" meskipun rute ini tidak digunakan untuk mengirimkan data.

```

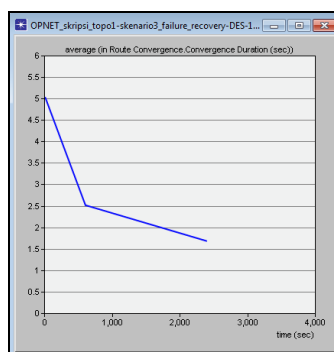
R1#show ip route 10.5.1.0
Routing entry for 10.5.1.0/24
  Known via "eigrp 1", distance 90, metric 21152000, type internal
  Redistributing via eigrp 1
  Last update from 10.0.13.3 on Serial0/1, 00:12:47 ago
  Routing Descriptor Blocks:
  * 10.0.14.4, from 10.0.14.4, 00:12:47 ago, via Serial0/2
    Route metric is 21152000, traffic share count is 1
    Total delay is 45000 microseconds, minimum bandwidth is 128 Kbit
    Reliability 255/255, minimum MTU 1500 bytes
    Loading 1/255, Hops 2
  10.0.13.3, from 10.0.13.3, 00:12:47 ago, via Serial0/1
    Route metric is 21664000, traffic share count is 0
    Total delay is 65000 microseconds, minimum bandwidth is 128 Kbit
    Reliability 255/255, minimum MTU 1500 bytes
    Loading 1/255, Hops 3
  10.0.12.2, from 10.0.12.2, 00:12:47 ago, via Serial0/0
    Route metric is 21152000, traffic share count is 1
    Total delay is 45000 microseconds, minimum bandwidth is 128 Kbit
    Reliability 255/255, minimum MTU 1500 bytes
    Loading 1/255, Hops 2
R1#
  
```

Gambar 6. *Traffic Share Count* milik *router* "R1" pada skenario 5

Karena rute melalui *router* "R3" tidak digunakan, maka perbandingan pembagian trafik R2:R3:R4 adalah 1:0:1. Sementara itu pada *topology 2*, seluruh skenario tidak memiliki perbedaan rute pengiriman data. Rute yang digunakan oleh *router* "R4" adalah tetap karena hanya terdapat 2 rute saja dengan nilai *metric* yang sama, sehingga perubahan konfigurasi *variance*, CEF, *per-destination load balancing*, *per-packet load balancing*, atau *traffic sharing* tidak memberikan dampak pada *topology 2*.

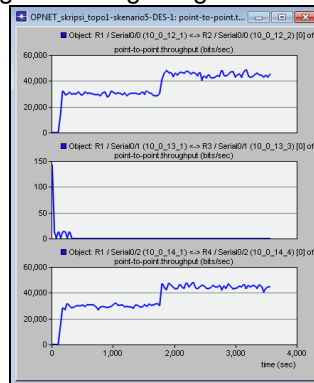
Pada saat terjadi *failure link* R1-R4 pada *topology 1*, *router* "R1" sudah memiliki alternatif rute pengiriman data tanpa harus memilih *Feasible Successor* menjadi *Successor* karena adanya 2 *Successor* dengan nilai *metric* yang sama. Konfigurasi bahkan dapat memasukkan *next hop* tambahan ke dalam *routing table* sehingga alternatif rute pengiriman data menjadi bertambah lagi melalui *router* "R3". Di antara skenario 2, 3, 4, dan 5, nilai *baseline delay* yang paling kecil dimiliki oleh skenario 2, yaitu 6,6 ms. Nilai *baseline delay* yang paling besar dimiliki oleh skenario 4 dan skenario 5, yaitu 8,5 ms. Nilai *failure delay* yang paling kecil dimiliki oleh skenario 4 dan skenario 5, yaitu 9 ms. Nilai *failure delay* yang paling besar dimiliki oleh skenario 3, yaitu 12,4 ms. *Delay difference* yang paling kecil dimiliki oleh skenario 4 dan skenario 5, yaitu 5%. *Delay difference* paling besar dimiliki oleh skenario 3, yaitu 79%. Apabila skenario 1 diikutsertakan dalam perbandingan, skenario 1 memiliki *baseline delay* yang paling besar. Sedangkan nilai *failure delay*-nya hanya kalah besar dibandingkan dengan skenario 3, yaitu 11,6 ms untuk skenario 1 dan 12,4 ms untuk skenario 3. *Delay difference* milik skenario 1 adalah sebesar 24%. Nilai ini lebih kecil daripada *delay difference* milik skenario 2 dan skenario 3, yaitu berturut-turut 41% dan 79%. *Topology 2* memiliki *baseline delay* dan *failure delay* yang lebih besar dibandingkan dengan *topology 1*.

Average route convergence duration yang paling kecil dimiliki oleh skenario 3. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan skenario 1 yang tidak menggunakan *equal* dan *unequal cost load balancing*. Skenario 1 memiliki *average route convergence duration* yang paling besar. Meskipun begitu perbedaannya ada pada 10-5 detik sehingga selisihnya tidak begitu signifikan.

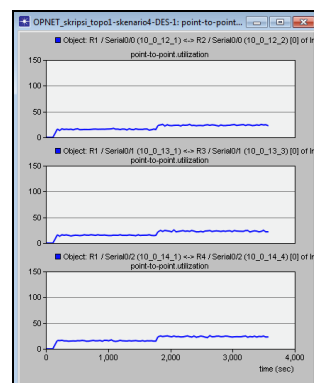


Gambar 7. *Average route convergence duration* *router* "R1" pada skenario 3

Nilai *throughput* paling rendah dimiliki oleh skenario 4. Pengiriman data pada skenario 4 didistribusikan menggunakan ketiga rute yang tersedia pada *routing table*, yaitu melalui *router* "R3", "R4", dan "R5". Adanya pembagian trafik ini menyebabkan nilai *throughput* skenario 4 menjadi lebih rendah dibandingkan dengan skenario lainnya. Apabila dibandingkan dengan skenario 1 yang tidak menggunakan *equal* dan *unequal cost load balancing*, nilai *throughput*-nya adalah yang paling besar karena hanya menggunakan 1 rute untuk mengirimkan data kepada alamat IP 10.5.1.1/24 yang terhubung dengan *router* "R5".



Gambar 8. *Throughput* link R1-R2 (atas), *link* R1-R3 (tengah), dan *link* R1-R4 (bawah) pada skenario 5



Gambar 9. *Utilization* link R1-R2 (atas), *link* R1-R3 (tengah), dan *link* R1-R4 (bawah) pada skenario 4

Pada *topology* 1, pada saat mengirimkan data kepada alamat IP 10.5.1.1/24 yang terhubung dengan *router* "R5", nilai *utilization* yang paling tinggi dimiliki oleh skenario 2. Sebabnya adalah skenario 2 hanya menggunakan 1 rute, sehingga konsumsi *bandwidth* pada *link* yang digunakan untuk mengirimkan data mencapai 56,205%. Nilai *utilization* paling rendah dimiliki oleh skenario 4. Sebabnya adalah *router* "R1" pada skenario 4 menggunakan 3 rute sekaligus. Konsumsi *bandwidth* pada *link* yang sama dengan skenario 2, pada skenario 4 besarnya adalah 18,994%.

6. UJI HIPOTESIS

Routing table pada *topology* 1 dan *topology* 2 menunjukkan perubahan seiring dengan perubahan konfigurasi *variance*. *Overhead* yang dialokasikan untuk *Route Source* EIGRP juga akan semakin meningkat seiring dengan perubahan konfigurasi *variance* karena adanya rute tambahan yang memenuhi syarat untuk masuk ke dalam *routing table*. Sedangkan besar alokasi *memory* untuk *Route Source* EIGRP adalah tetap.

Pada saat *router* memiliki 2 rute dengan nilai *metric* yang sama, sementara konfigurasi dibiarkan *default*, maka *router* akan menggunakan 1 jalur saja untuk mengirimkan data kepada suatu alamat tujuan. Hal ini merupakan akibat dari CEF yang menggunakan *per-destination load balancing*. Setelah mematikan CEF atau dengan mengaktifkan *per-packet load balancing*, *router* akan menggunakan kedua rute secara simultan atau bersamaan untuk mengirimkan data. Besarnya pembagian trafik yang digunakan oleh rute tersebut adalah sama. Perubahan nilai *variance* mempengaruhi rute yang digunakan untuk pengiriman data. Apabila nilai *variance*

dikalikan dengan nilai *Feasible Distance* lebih besar daripada nilai *metric* untuk menuju alamat tujuan milik *Feasible Successor*, maka *Feasible Successor* tersebut akan dimasukkan ke dalam *routing table*. Besarnya pembagian trafik yang digunakan adalah sesuai dengan besarnya *metric*. Pada saat parameter *traffic sharing* diubah menjadi *minimum*, ternyata hanya rute dengan nilai *metric* terkecil yang digunakan untuk mengirimkan data. Perbedaannya adalah terdapat rute tambahan dengan nilai *metric* yang lebih besar pada *routing table*. Namun rute tambahan ini tidak digunakan untuk mengirimkan data karena memiliki *traffic share count* dengan nilai 0.

Skenario 2 yang menggunakan konfigurasi *default* memiliki *baseline delay* yang paling kecil. Sedangkan *baseline delay* paling besar ada pada skenario 1 yang tidak menggunakan *equal* dan *unequal cost load balancing*. *Failure delay* paling kecil ada pada skenario 4 dan skenario 5 yang juga memiliki *delay difference* paling kecil. *Failure delay* yang paling besar dimiliki oleh skenario 3. *Delay difference* yang paling besar ada pada skenario 3. Semakin besar jaringan, maka akan semakin besar nilai *baseline delay* dan *failure delay*. *Average route convergence duration* paling kecil dimiliki oleh *router* yang menggunakan *per-packet load balancing* dan *traffic sharing* dengan parameter *balanced*. Sedangkan *average route convergence duration* yang paling besar dimiliki oleh skenario 1 yang tidak menggunakan *equal* dan *unequal cost load balancing*.

Nilai *throughput* dan *utilization* pada *router* yang menggunakan lebih dari 1 rute untuk mengirimkan data kepada alamat tujuan adalah lebih kecil dibandingkan dengan nilai *throughput* dan *utilization* pada *router* yang hanya menggunakan 1 rute. Penyebabnya adalah karena trafik didistribusikan kepada rute-rute yang ada sesuai dengan rasio masing-masing rute tersebut.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- i. Telah selesai dilaksanakan penelitian mengenai pengaruh konfigurasi EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing* terhadap kinerja *router*.
- ii. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai *proof-of-concept testing* di dalam *design document* untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan pembuatan *implementation plan* dan *verification plan*.
- iii. Keuntungan atau kelebihan dari penggunaan EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing* adalah adanya lebih dari 1 *successors* dan adanya *Feasible Successors* pada *topology table* menyebabkan *router* tidak perlu melakukan komputasi ulang menggunakan DUAL pada saat terjadi *failure* pada salah satu *next hop* yang tersedia. Nilai *baseline delay*, *failure delay*, dan *delay difference* lebih kecil pada *router* yang menggunakan EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing* daripada *router* yang tidak menggunakan EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing*. *Average route convergence duration* lebih cepat pada *router* yang menggunakan EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing* daripada *router* yang tidak menggunakan EIGRP *equal* dan *unequal cost load balancing*. Semakin banyak rute yang digunakan maka akan semakin kecil *throughput* dan *utilization* pada suatu *link*. Hal yang harus diperhatikan dari penggunaan *equal* dan *unequal cost load balancing* adalah semakin banyak rute yang dimasukkan ke dalam *routing table*, akan semakin besar *overhead* atau *additional memory* yang dialokasikan. *Router* yang menggunakan *per-packet load balancing* memiliki *delay* yang lebih besar dibandingkan *router* yang menggunakan *per-destination load balancing* dengan konfigurasi yang sama.

7. SARAN

Hal-hal berikut ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik dengan topik atau bidang yang sejenis.

- i. Penelitian ini merupakan simulasi dan dibuat menggunakan *software* GNS3 dan OPNET Modeler. Alangkah baiknya apabila penelitian serupa dilakukan menggunakan peralatan jaringan yang sebenarnya.
- ii. Penelitian yang akan datang sebaiknya melakukan studi kasus pada jaringan yang telah berjalan sehingga berdasarkan *topology* dan karakteristik jaringan yang sebenarnya.
- iii. OPNET Modeler 14.5 masih memiliki kekurangan yaitu tetap memasukkan rute yang bukan merupakan *Feasible Successor* ke dalam *routing table* setelah konfigurasi *variance*. Diharapkan OPNET Modeler dapat memperbaiki kekurangan ini pada versi selanjutnya.

aDAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Augustin, Brice & Friedman, Timur & Teixeira, Renata. *Measuring Load-balanced Paths in the Internet*. Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6), Université Pierre et Marie Curie and CNRS.
- Cisco. *How Does Unequal Cost Path Load Balancing (Variance) Work in IGRP and EIGRP?*. Cisco Documentation.
- Gunawan, Harry & Prakoso, Jeffry Hutomo. 2012. *Analisis dan Pengujian Per-Packet Load Balancing pada Jaringan MPLS-VPN DS-TE di BPPT*. Universitas Bina Nusantara.
- Hendarto, Alam Dari & Febryan, Hendarsyah & Romadhon, Dimas Ganjar. 2009. *Koneksi Internet Ganda dengan Load Balancing Menggunakan Unix Mikrotik pada PT. Marina Buana Asia*. Universitas Bina Nusantara.
- Johnson, Allan. 2008. *31 Days Before Your CCNA Exam*. USA: Cisco Press.
- Kothari, C. R. 2004. *Research Methodology – Methods & Techniques*. India: New Age International Publishers.
- Kumala, Cindy Putri & Vanessa, Mergi & Holimdari, Yolana. 2009. *Analisis dan Implementasi Load Balancing dan Failover serta Konfigurasi Alert pada PT Jasnita Telekomindo*. Universitas Bina Nusantara.
- Nugroho, Rachmad & Prayetno, Andri & Ningsih, Lina Wardiya. 2010. *Optimasi Jaringan Komputer Menggunakan Routing Protocol Open Shortest Path First (OSPF) dan Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) pada BPPT*. Universitas Bina Nusantara.
- Odom, Wendell. 2010. *CCNP ROUTE 642-902 Official Certification Guide*. USA: Cisco Press.
- OPNET. 2008. *Modeler Documentation*. OPNET Documentation.
- Prasetyo, Andika Budi & Pratama, Adhithya Rizki & Istira Yudha. 2012. *Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Menggunakan Teknologi Load Balancing dan Failover pada PT. Aero Systems Indonesia*. Universitas Bina Nusantara.
- Stringfield, Naki & White, Russ & McKee, Stacia. 2007. *Cisco Express Forwarding*. USA: Cisco Press.
- Teare, Diane. 2010. *Implementing Cisco IP Routing (ROUTE) Foundation Learning Guide*. USA: Cisco Press.
- _____, <http://faxswitch.com/Definitions/telecom_dictionary_n.html>, (diakses 18 November 2013)
-