

## Studi Komparasi Kinerja dari *Adaptive Routing Protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS pada Jaringan IPv6

Reynaldi Firman Tersianto<sup>1</sup>, Nurul Hidayat<sup>2</sup>, Heru Nurwasito<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>tersianto27@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>ntayadih@ub.ac.id, <sup>3</sup>heru@ub.ac.id

### Abstrak

*Router* pada jaringan IPv4 maupun IPv6 memerlukan protokol *routing*, agar *router* dapat melakukan pencarian rute terbaik yang digunakan untuk mentransmisikan paket data dari *node* pengirim menuju *node* penerima. Berdasarkan karakteristiknya, protokol *routing* diklasifikasikan menjadi *adaptive / dynamic routing* dan *static routing*. *Adaptive routing* merupakan protokol *routing* yang memilih rute pentransmisian paket data berdasarkan kondisi pada jaringan tersebut. Dikarenakan setiap *adaptive routing protocol* mempunyai perbedaan algoritme dalam menentukan rute terbaik, maka dibutuhkan komparasi kinerja dari *adaptive routing protocol* agar diperoleh kinerja yang terbaik dari *adaptive routing protocol*. Penelitian ini dilaksanakan untuk komparasi kinerja terbaik dari *adaptive routing protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS IPv6 dengan menggunakan emulator jaringan *Graphical Network Simulator-3* (GNS3). Konfigurasi dari *adaptive routing protocol* tersebut diimplementasikan pada topologi jaringan *mesh*. Perintah paket ping ICMP dipakai pada penelitian ini dikarenakan jumlah paket yang gagal dan berhasil terkirim serta nilai *average round-trip time* (RTT) dapat diketahui. Hal tersebut dibutuhkan karena kinerja *adaptive routing protocol* yang terbaik adalah yang mempunyai jumlah *packet loss* lebih sedikit serta *convergence time* dan *average RTT* lebih cepat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa OSPFv3 dan IS-IS IPv6 memiliki kinerja terbaik berdasarkan dari jumlah *packet loss* yang lebih sedikit serta *convergence time* yang lebih cepat. Berdasarkan dari *average RTT* yang lebih cepat, IS-IS IPv6 memiliki kinerja terbaik dibandingkan *adaptive routing protocol* lainnya.

**Kata kunci:** *adaptive routing protocol*, GNS3, *packet loss*, *convergence time*, *round-trip time*

### Abstract

*Routers on both IPv4 and IPv6 networks require routing protocols, so that routers can search for the best route used to transmit data packets from the transmitting node to the receiving node. Based on the characteristics, routing protocols are classified into adaptive / dynamic routing and static routing. Adaptive routing is a routing protocol that chooses routes for transmitting data packets based on conditions on the network. Because each adaptive routing protocol has different algorithms in determining the best route, it is necessary to compare the performance of the adaptive routing protocol in order to obtain the best performance of the adaptive routing protocol. This research was conducted to compare the best performance of the adaptive routing protocol OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, and IS-IS IPv6 by using the Graphical Network Simulator-3 (GNS3) network emulator. The configuration of the adaptive routing protocol is implemented in a mesh network topology. ICMP ping packet command is used in this research because the number of packets that failed and successfully sent and the average value of round-trip time (RTT) can be known. This is needed because the best adaptive routing protocol performance is one that has a smaller amount of packet loss and faster convergence time and an average RTT. The results of this research indicate that OSPFv3 and IS-IS IPv6 have the best performance based on the amount of packet loss smaller and faster convergence time. Based on the faster average RTT, IS-IS IPv6 has the best performance compared to other adaptive routing protocols.*

**Keywords:** *adaptive routing protocol*, GNS3, *packet loss*, *convergence time*, *round-trip time*

## 1. PENDAHULUAN

Protokol *routing* merupakan metode pencarian jalur terbaik yang dipakai untuk mentransmisikan paket data dari *node* pengirim menuju *node* penerima, dimana paket tersebut akan melalui beberapa *node* penghubung (Kurose & Ross, 2017). Protokol *routing* dapat diklasifikasikan menjadi *adaptive routing* dan *static routing* berdasarkan karakteristiknya. *Adaptive routing* merupakan protokol *routing* yang memilih jalur pentransmisian paket data berdasarkan kondisi pada jaringan tersebut. Implementasi dari *adaptive routing* dapat menghalangi terjadinya *loophole*, karena *adaptive routing* akan menjelajahi jalur *link* lain untuk mentransmisikan paket data ke tujuan jika *link* yang semestinya dilalui ternyata rusak.

*Adaptive routing* dapat diklasifikasikan menjadi *Interior Gateway Protocol* dan *Exterior Gateway Protocol* (Goralski, 2017). *Interior Gateway Protocol* merupakan protokol *routing* yang bekerja di dalam AS yang sama. Contoh dari *Interior Gateway Protocol* pada IPv6 adalah OSPFv3 (*Open Shortest Path First version 3*), RIPng (*Routing Information Protocol next generation*), EIGRP IPv6 (*Enhanced Internet Gateway Routing Protocol IPv6*), dan IS-IS IPv6 (*Intermediate System to Intermediate System IPv6*). Masing-masing *adaptive routing protocol* mempunyai algoritme berbeda, sehingga masing-masing *adaptive routing protocol* mempunyai metode masing-masing terhadap pengkalkulasian jalur terbaik menuju ke *node* tujuan.

Parameter *packet loss* dan *convergence time* digunakan untuk menguji kinerja dari *adaptive routing protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS IPv6, karena semakin cepat *convergence time* berbanding lurus dengan semakin sedikit pula *packet loss* terjadi yang menunjukkan semakin baiknya kinerja dari suatu *adaptive routing protocol*.

Parameter RTT digunakan pula untuk menguji kinerja dari keempat *adaptive routing protocol* tersebut, karena semakin cepat RTT berbanding lurus dengan semakin cepat pula respons *node* tujuan atas paket yang dikirim oleh *node* pengirim yang menunjukkan semakin baiknya kinerja *adaptive routing protocol*. Semakin baik kinerja dari *adaptive routing protocol* berbanding lurus dengan semakin dapat diandalkan *adaptive routing protocol* tersebut.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Masalah yang diangkat pada penelitian pertama yang berjudul *Performance Evaluation of OSPFv3 and IS-IS Routing Protocol on IPv6 Network* (Ahmad Jaafar, et al., 2017) adalah kedua protokol tersebut memakai algoritme *link-state*, namun dengan karakteristik *routing* yang berbeda. Pada kedua protokol *routing* tersebut memakai algoritme Dijkstra untuk menghitung rute terpendek untuk mentransmisikan paket data ke tujuan. Aplikasi simulator jaringan yang dipakai pada penelitian pertama tersebut adalah OPNET Modeler. Kinerja antara OSPFv3 dan IS-IS dapat diukur dengan menggunakan parameter pengujian rata-rata *Network Convergence Duration* dan *Hello Traffics Sent* (Ahmad Jaafar, et al., 2017). Berdasarkan hasil pengujian dari rancangan simulasi jaringan tersebut, dapat disimpulkan bahwa protokol IS-IS lebih unggul jika dikomparasikan dengan protokol OSPFv3 (Ahmad Jaafar, et al., 2017).

Penelitian kedua yang ada kaitannya dengan topik penelitian yang akan dilakukan membahas tentang komparasi antara protokol *routing* OSPF dan IS-IS (Eljack & Abdelkarim, 2013). Metrik yang dianalisis adalah *End to End Delay*, *VPN Load*, *VPN Throughput*, dan *Convergence Time*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui protokol *routing* yang terbaik pada *Multiprotocol Label Switching Networks*. Hasil dari penelitian tersebut adalah protokol *routing* IS-IS merupakan protokol *routing* terbaik dalam *Multiprotocol Label Switching Networks* (Eljack & Abdelkarim, 2013).

Penelitian ketiga yang berjudul *Analisa Perbandingan Kinerja Protokol OSPFv3 dan RIPng pada Aplikasi FTP di Jaringan Mobile IPv6 Menggunakan OPNET* memiliki tujuan untuk menunjukkan kinerja serta menentukan kinerja terbaik dari protokol *routing* OSPFv3 dan RIPng pada aplikasi FTP di Jaringan *Mobile IPv6* (Hardiyani, 2013). Parameter pengujian yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah *delay*, *throughput*, *data traffic sent* dan *data traffic sent received*, *download response time*, serta *upload response time* pada aplikasi FTP (Hardiyani, 2013). Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja protokol OSPFv3 lebih baik dari protokol RIPng (Hardiyani, 2013).

Tujuan utama dari penelitian keempat yang berjudul *Study on Network Performance of Interior Gateway Protocols - RIP, EIGRP and*

*OSPF* adalah untuk mengetahui protokol *routing* yang terbaik untuk diimplementasikan pada jaringan *enterprise* yang kompleks (Makairam, et al., 2017). Aplikasi emulator jaringan yang dipakai pada penelitian tersebut adalah GNS3. Kinerja antara RIP, EIGRP, dan OSPF dapat diukur dengan menggunakan parameter *End to End Delay*, *Convergence Time*, dan *Throughput*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa protokol *routing* EIGRP merupakan protokol *routing* terbaik dalam jaringan *enterprise* yang kompleks (Makairam, et al., 2017).

Penelitian kelima yang ada kaitannya dengan topik penelitian yang akan dilakukan memakai parameter pengujian *Round-trip Time* dan *Convergence Time* sebagai komparasi kinerja dari protokol IS-IS dan EIGRP (Muliandri, 2019). Topologi yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah topologi *mesh*, karena topologi *mesh* bersifat dinamis dan semua *node* jaringan dapat tersambung. Kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian tersebut adalah kinerja protokol *routing* IS-IS lebih cepat dalam melakukan perhitungan rute terbaik, sedangkan protokol *routing* EIGRP unggul dalam *Convergence Time* karena memiliki *Feasible Successor* untuk setiap *link* (Muliandri, 2019).

Dari kelima penelitian tersebut berpengaruh terhadap rencana penelitian yang akan dilakukan. Namun pada rencana penelitian yang akan dilakukan, *adaptive routing protocol* yang akan diuji adalah OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS pada jaringan IPv6. Penambahan *adaptive routing protocol* yang akan diuji ini dilakukan agar makin bervariasinya penentuan kinerja terbaik dari *adaptive routing protocol*. Parameter pengujian yang akan dipakai pada penelitian ini adalah menggunakan parameter *packet loss*, *convergence time*, dan *round-trip time*.

### 2.1. Internet Protocol version 6 (IPv6)

IPv6 (*Internet Protocol version 6*) merupakan versi paling baru dari *Internet Protocol* (IP). IP adalah protokol komunikasi yang merutekan lalu lintas di Internet, serta berfungsi sebagai sistem identifikasi untuk komputer dalam jaringan.

Fitur pertama yang ditingkatkan pada IPv6 adalah IPv6 memiliki panjang alamat 128 bit yang lebih panjang dari IPv4. IPv6 dapat menyediakan pasokan alamat Internet yang tidak terbatas secara efektif, yang merupakan solusi

dimana pasokan alamat Internet dari IPv4 semakin berkurang dan kebutuhan pengalamanan IP semakin meningkat (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Fitur kedua yang ditingkatkan pada IPv6 adalah penyederhanaan *header*, dimana *header* IPv6 hanya berisi tujuh *field*. Penyederhanaan *header* ini memungkinkan *router* untuk memproses paket lebih cepat yang berbanding lurus dengan meningkatnya *throughput* dan *delay* (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

### 2.2. Algoritme Routing

*Distance-vector* adalah satu diantara algoritme *routing* yang dipakai dalam *adaptive routing protocol*. Algoritme *distance-vector* beroperasi dengan meminta setiap *router* memelihara tabel *routing* yang memberikan jarak terbaik ke setiap *router* tujuan, serta *link* mana yang akan digunakan untuk sampai ke *router* tujuan. Tabel-tabel *routing* ini diperbarui dengan bertukar informasi pada *router* tetangga (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Pada akhirnya setiap *router* dapat mengetahui *link* terbaik untuk mencapai setiap *router* tujuan. *Router* diasumsikan mengetahui jarak untuk masing-masing *router* tetangganya (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Algoritme *distance-vector* terkadang disebut sebagai algoritme *routing* Bellman-Ford. Algoritme *distance-vector* memiliki masalah *convergence* yang lambat, dimana *convergence* adalah penyelesaian *routing* ke jalur terbaik di seluruh jaringan (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Pada *routing protocol* yang memakai algoritme *link-state* (Dijkstra) dapat memperbarui tabel *routing* dalam hitungan detik apabila terjadi kegagalan (Abujassar & Ghanbari, 2011). Pada aplikasi *real-time* seperti *video conference*, melakukan *routing* ulang secara cepat merupakan solusi yang penting untuk mengurangi *packet loss* dan *delay* pada suatu jaringan di saat *router* memulai untuk melakukan *convergence* ulang pada sebuah topologi jaringan setelah topologi tersebut mengalami perubahan karena kerusakan *node* atau *link*. Dengan cara kerja dari algoritme *link-state* tersebut, topologi jaringan lengkap dapat didistribusikan ke setiap *router*.

### 2.3. Topologi Jaringan Mesh

Topologi jaringan *mesh* adalah suatu topologi jaringan yang menghubungkan secara langsung setiap perangkat jaringan dari satu

*node* ke *node* lainnya. Karakteristik dari topologi jaringan *mesh* adalah tidak memakai hierarki dan bersifat adaptif. Dengan karakteristik tersebut membuat topologi jaringan *mesh* tak terikat pada suatu *node* khusus untuk membagikan informasi kepada *node* lainnya. Topologi jaringan *mesh* dapat dibagi menjadi dua, antara lain *Full Mesh* dan *Partial Mesh* (Davies, 2019).

*Full Mesh* merupakan topologi jaringan *mesh* yang menghubungkan semua perangkat jaringan dari satu *node* ke *node* lainnya secara langsung (Davies, 2019). *Partial Mesh* merupakan topologi jaringan *mesh* yang tidak menghubungkan seluruh *router* bersama-sama, tetapi topologi ini akan memiliki beberapa *router* yang terhubung ke semua *router* lain (Davies, 2019).

#### 2.4. Open Shortest Path First version 3 (OSPFv3)

OSPFv3 merupakan pengembangan dari *adaptive routing protocol* OSPFv2 untuk memberikan dukungan *routing* pada IPv6, dikarenakan ukuran alamat pada IPv6 lebih besar jika dibandingkan dengan IPv4 (Coltun, et al., 2008). Dasar-dasar dari OSPFv3 dijelaskan dalam RFC 5340. Agar dapat memahami OSPFv3 secara menyeluruh, maka akan dijelaskan konsep dasar dari OSPF. OSPF adalah *link-state protocol* yang membuat keputusan *routing* berdasarkan status dari *link* yang menghubungkan *router* sumber dan *router* tujuan (Goralski, 2017). Status dari *link* adalah deskripsi dari *interface* dan hubungannya dengan perangkat jaringan di sekitarnya. Informasi yang terdapat pada *interface* antara lain perangkat dan jenis jaringan yang terhubung ke jaringan tersebut.

Informasi dari *interface* disebarkan dalam berbagai tipe dari *link-state advertisement* (LSA). Algoritme SPF yang digunakan OSPF sering disebut **algoritme Dijkstra**, karena Dijkstra yang pertama kali mengerjakan algoritme tersebut dari teori graf pada tahun 1959 (Goralski, 2017). *Routing convergence* dari OSPF dipengaruhi oleh dua komponen, antara lain kemampuan mendeteksi perubahan topologi jaringan dan rekalkulasi rute.

Kemampuan mendeteksi perubahan topologi jaringan dalam OSPF adalah dengan melihat *timeout* dari *Hello Timer* OSPF. *Router* tetangga dalam OSPF dianggap gagal jika waktu untuk menunggu paket *Hello* melebihi waktu

*Dead Interval*, dimana *Hello Timer* secara *default* diatur 10 detik untuk *broadcast* dengan *Dead Interval* bernilai 4 kali dari *Hello Timer* (Cisco, 2020). Rekalkulasi rute dilakukan oleh setiap *router* setelah kegagalan dalam jaringan terdeteksi. *Link-state advertisement* (LSA) dikirim ke semua *router* di area OSPF untuk memberi sinyal perubahan dalam topologi jaringan. Pengiriman LSA inilah yang menyebabkan semua *router* menghitung ulang semua rute mereka menggunakan algoritme Dijkstra.

#### 2.5. Routing Information Protocol next generation (RIPng)

RIPng (RIP *next generation*) merupakan pemutakhiran dari *adaptive routing protocol* RIPv2 untuk mendukung *routing* pada jaringan IPv6 (Malkin & Minnear, 1997). Agar dapat memahami RIPng secara menyeluruh, maka akan dijelaskan konsep dasar dari *adaptive routing protocol* RIP. RIP merupakan suatu *adaptive routing protocol* berbasis *distance-vector* yang diimplementasikan di dalam sebuah *Autonomous System* (AS) yang sama. RIP menggunakan algoritme *routing* Bellman-Ford. RIP hanya menggunakan metrik jarak, dimana semua *adaptive routing protocol* menggunakan **metrik** atau ukuran yang mewakili *cost* relatif pengiriman paket dari *router* sumber ke *router* tujuan. *Cost* relatif terendah merupakan rute paling baik untuk mengirim paket (Goralski, 2017).

Berikut ini akan dijelaskan cara kerja dari RIP secara sederhana. *Adaptive routing protocol* RIP harus meneruskan informasi jaringan yang diterima dari *router* yang berdekatan ke semua *router*, dimana konsep tersebut dinamakan **flooding** (Goralski, 2017). *Flooding* adalah cara termudah untuk memastikan konsistensi tabel *routing*. *Flooding* RIP akan diperbarui (*update*) setiap 30 detik, yang berarti informasi *routing* membutuhkan setidaknya 30 detik untuk mencapai *router* tetangga terdekat (Goralski, 2017). *Router* dalam topologi jaringan yang kompleks memerlukan waktu beberapa menit untuk melakukan *convergence* dikala alamat jaringan ditambahkan atau *link* mengalami kerusakan.

Jika *link* rusak dan tidak bisa lagi digunakan untuk meneruskan lalu lintas jaringan, maka RIP akan mencatat bahwa *link* yang rusak tersebut sekarang memiliki *cost* dengan nilai *infinite* (Goralski, 2017). Jadi semua *router* yang

sebelumnya dapat dijangkau melalui *link* tersebut kini memiliki jarak tak terbatas (*infinite*).

## 2.6. Enhanced Interior Gateway Routing Protocol IPv6 (EIGRP IPv6)

*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* (EIGRP) adalah *adaptive routing protocol* yang menggantikan *Interior Gateway Routing Protocol* (IGRP) pada tahun 1993. EIGRP menggantikan IGRP karena tidak dapat mendukung untuk *routing* pada jaringan IPv6. EIGRP adalah *adaptive routing protocol* yang dikembangkan dan didesain oleh Cisco. EIGRP memakai algoritme *routing* DUAL (*Diffusing Update Algorithm*) untuk menetapkan jalur terpendek menuju ke *node* tujuan (Savage, et al., 2016). DUAL merupakan algoritme *routing* yang menggabungkan konsep *link-state routing* dan *distance-vector routing* untuk menciptakan *loop-free routing* (Medhi & Ramasamy, 2018). *Adaptive routing protocol* EIGRP yang akan dikonfigurasi pada *router* mempunyai tiga tabel, yaitu *Neighbor Table*, *Topology/Node Table*, dan *Routing Table*. Pada *Neighbor Table* berisi daftar informasi alamat *router* tetangga beserta *interface*-nya. Pada *Topology/Node Table* berisi seluruh daftar informasi *routing* yang telah dipelajari dari seluruh *router* tetangga. Dan pada *Routing Table* berisi informasi rute *routing* yang terbaik dari *Topology/Node Table*. Pada EIGRP mempunyai lima jenis paket untuk melakukan komunikasi dan proses *routing*, diantaranya adalah *Hello*, *Update*, *Query*, *Reply*, dan *ACK* (*Acknowledgment*) (Medhi & Ramasamy, 2018). Perhitungan rute pada algoritme DUAL terdiri dari tiga tahap, antara lain membangun *Neighbor Table*, penemuan *node* dan membuat entri dalam *Topology/Node Table*, serta aktivitas koordinasi ketika *cost* dari *link* berubah atau *link* mengalami kegagalan (Medhi & Ramasamy, 2018). Membangun *Neighbor Table* biasanya terjadi ketika sebuah *node* pertama kali diaktifkan, dimana pada saat yang bersamaan paket *Hello* dikirim ke *node* tetangga untuk mengatur hubungan kedekatan pada *node* tetangga (*adjacency*).

## 2.7. Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)

IS-IS adalah *link-state protocol* yang memakai algoritme Dijkstra untuk menentukan jalur terbaik menuju ke *node* tujuan. IS-IS dapat

diimplementasikan pada jaringan IPv4, IPv6, maupun CLNP (*ConnectionLess Network Protocol*) (Shand & Ginsberg, 2014). IS-IS mempunyai ciri khas untuk mengklasifikasikan domain pada jaringannya, yang dapat disebut sebagai Level (Oran, 1990). Level dapat dikelompokkan menjadi Level 1 (L1) dan Level 2 (L2). *Link* L1 menghubungkan *router* di area IS-IS yang sama, sedangkan *link* L2 menghubungkan *router* di area yang berbeda. Paket disebut sebagai *Protocol Data Unit* (PDU) dalam terminologi IS-IS. IS-IS mendefinisikan empat kategori PDU, antara lain IS-IS *Hello* PDU (IIH), *Link-state* PDU (LSP), *Complete Sequence Number* PDU (CSNP), dan *Partial Sequence Number* PDU (PSNP) (Medhi & Ramasamy, 2018).

IIH berfungsi untuk menemukan *router* tetangga dan melakukan *handshaking* seperti paket *Hello* pada OSPF (Medhi & Ramasamy, 2018). LSP bertanggung jawab untuk mendistribusikan informasi *routing* antara sistem IS-IS yang berdekatan. LSP dibanjiri secara berkala di seluruh area. Setiap LSP harus di-*refresh* secara berkala di jaringan. CSNP digunakan untuk sinkronisasi *link-state database* (Medhi & Ramasamy, 2018). PSNP dibuat untuk meminta salinan baru dari LSP yang hilang setelah menerima CSNP dari *router* tetangga dengan sebagian LSP yang hilang.

## 2.8. Graphical Network Simulator-3 (GNS3)

*Graphical Network Simulator-3* atau dapat disingkat menjadi GNS3 merupakan sebuah emulator perangkat lunak jaringan gratis yang pertama kali dirilis oleh Cisco pada tahun 2008. GNS3 menggabungkan perangkat virtual dan perangkat nyata yang dapat digunakan untuk membangun, merancang, dan menguji jaringan yang kompleks dalam lingkungan virtual yang bebas risiko. GNS3 memiliki kelebihan dapat melakukan simulasi jaringan secara *real-time* untuk pengujian *predeployment* tanpa membutuhkan perangkat keras jaringan. Selain itu, GNS3 dapat digunakan oleh calon profesional jaringan untuk pelatihan sertifikasi jaringan.

## 2.9. Packet Loss

*Packet loss* akan terjadi karena jumlah ruang *buffer* pada *router* terbatas, dimana paket yang baru tiba atau salah satu paket yang sudah antri pada *output buffer* akan dibuang (Kurose & Ross, 2017). Jumlah *packet loss* akan meningkat

seiring dengan meningkatnya intensitas lalu lintas jaringan. Oleh karena itu, kinerja pada sebuah *node* atau *adaptive routing protocol* dapat diukur dengan menggunakan jumlah *packet loss* (Kurose & Ross, 2017). Jumlah *packet loss* dapat dihitung dengan mengirim ICMP *echo message* dan melakukan pengurangan antara total paket yang seharusnya terkirim dengan jumlah paket yang terkirim.

### 2.10. Convergence Time

*Convergence time* adalah ukuran seberapa cepat sekelompok *router* mencapai keadaan *convergence* (Abdulkadhim, 2015). *Convergence time* adalah salah satu indikator kinerja untuk protokol *routing* dalam mengimplementasikan *router* yang dapat melakukan *convergence* dengan cepat dan andal. Banyak teknik yang digunakan dalam literatur untuk mengukur *convergence time*. Teknik yang digunakan untuk mengukur *convergence time* pada penelitian ini adalah dengan membuat *link* pada topologi jaringan *down* saat pengiriman ICMP *echo message*, kemudian menghitung *convergence time* yang diperlukan agar jaringan tersambung kembali. Cara menghitung *convergence time* adalah dengan melakukan perkalian antara jumlah *packet loss* dengan *timeout*, dimana percobaan mencari *convergence time* dilakukan sebanyak lima kali dan diambil rata-rata *convergence time* sebagai hasil uji (Makairam, et al., 2017).

### 2.11. Round-trip Time (RTT)

RTT adalah waktu yang dibutuhkan oleh paket untuk melakukan perjalanan dari *client* ke *server* dan kemudian kembali ke *client* dalam satuan milisekon (ms) (Kurose & Ross, 2017). RTT merupakan metrik penting dalam menentukan kecepatan dan keandalan koneksi jaringan. RTT dapat dihitung dengan mengirim ICMP *echo message* (Kurose & Ross, 2017). Ketika sebuah *node* menerima ICMP *echo message*, maka *node* tersebut merespons dengan mengirimkan ICMP *echo reply* dan pada layar akan ditampilkan *minimum*, *average*, dan *maximum* RTT.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Alur dari tahapan penelitian diawali dengan tahap Studi Literatur yang berisi tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Dalam tahapan ini pula terdapat dasar

teori yang akan dipakai sebagai rujukan penelitian.

Kemudian pada tahap Analisis Kebutuhan ditetapkan kebutuhan dalam merancang topologi jaringan dan mengimplementasikan *adaptive routing protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS IPv6 pada *router* dalam topologi jaringan. Pada penelitian ini diperlukan GNS3 yang merupakan emulator perangkat lunak jaringan untuk menyimulasikan keempat *adaptive routing protocol* yang diujikan dalam sebuah lingkungan uji yang sama. Dalam penelitian ini, *router* yang dipakai adalah Cisco C7200 IOS dan mempunyai empat *interface link* FastEthernet yang dipakai untuk menghubungkan *router-router*.

Pada tahap Perancangan akan dijelaskan tentang gambaran umum dari topologi jaringan untuk menyimulasikan *adaptive routing protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS pada jaringan IPv6. Perancangan topologi jaringan dilakukan dengan membuat topologi jaringan yang menghubungkan *router-router*.

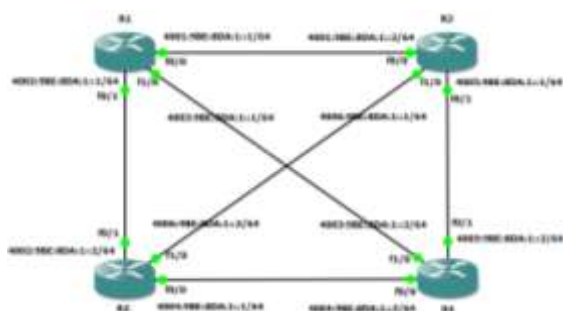
Alasan digunakannya skenario pengujian dengan penggunaan jumlah *router* yang berbeda adalah jika semakin banyak jumlah *router* pada sebuah topologi jaringan, maka kalkulasi yang dilakukan oleh *adaptive routing protocol* untuk menentukan jalur terbaik menuju ke *node* tujuan akan semakin banyak pula. Jadi dengan semakin banyak jumlah *router* yang ada pada sebuah topologi jaringan akan mengakibatkan semakin lama penransmisian paket tersebut.

Setelah topologi jaringan telah dibuat, maka alamat IPv6 pada setiap *interface* dari *router* ditentukan dengan berdasarkan pada perhitungan *subnet*. Kemudian melakukan konfigurasi *adaptive routing protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS pada jaringan IPv6. Setiap skenario pengujian yang telah dirancang akan dijalankan secara terpisah berdasarkan *adaptive routing protocol*-nya, misalkan pengujian *adaptive routing protocol* RIPng akan dijalankan terpisah dengan pengujian *adaptive routing protocol* IS-IS IPv6.

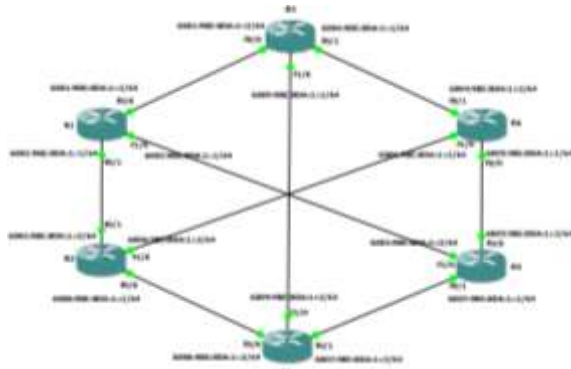
Perancangan topologi jaringan pada penelitian ini diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan skenario pengujian, yaitu topologi jaringan *mesh* dengan menggunakan empat *router*, enam *router*, dan delapan *router*. Pada topologi jaringan dengan menggunakan empat *router* memakai topologi *Full Mesh*, yang berarti seluruh *router* terkoneksi secara langsung antara *router* satu dengan *router* yang lainnya. Pada

topologi jaringan dengan menggunakan enam *router* dan delapan *router* memakai topologi *Partial Mesh*, yang berarti tidak seluruh *router* terkoneksi secara langsung antara *router* satu dengan *router* yang lainnya.

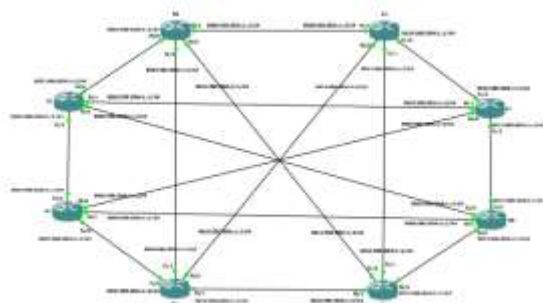
Tahap Implementasi adalah realisasi perancangan yang berupa lingkungan implementasi penelitian. Lingkungan implementasi penelitian yang dimaksud adalah simulasi dari topologi jaringan yang diintegrasikan dengan *adaptive routing protocol* OSPFv3, RIPng, EIGRP IPv6, dan IS-IS IPv6 pada GNS3. Tahap Hasil dan Pembahasan serta tahap Pengambilan Kesimpulan akan dijelaskan pada bagian berikutnya.



Gambar 1. Perancangan Topologi Full Mesh dengan Empat Router



Gambar 2. Perancangan Topologi Partial Mesh dengan Enam Router



Gambar 3. Perancangan Topologi Partial Mesh dengan Delapan Router

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian *packet loss* dan *convergence time*. Tujuan dari pengujian *packet loss* dan *convergence time* adalah untuk mendapatkan nilai terkecil dari rata-rata *convergence time* pada masing-masing *adaptive routing protocol*, dimana rata-rata tersebut diperoleh dari lima kali percobaan mencari *convergence time*. Nilai terkecil dari rata-rata *convergence time* dipakai sebagai rujukan dalam menentukan kinerja terbaik dari *adaptive routing protocol*. Semakin kecil nilai rata-rata *convergence time* berbanding lurus dengan semakin baik kinerja *adaptive routing protocol*.

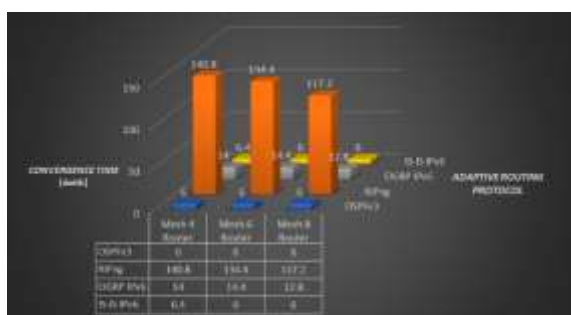
Pengujian *packet loss* dan *convergence time* diawali dengan mengirimkan paket ping ICMP dari Router 1 sebagai router pengirim menuju router tujuan dengan ukuran paket sebesar 250 byte dan *timeout* sebesar 2 detik. Pengiriman paket ping ICMP tersebut dilakukan dengan pengulangan sebanyak 750 kali. Pengujian *packet loss* dan *convergence time* masing-masing dilakukan pada topologi jaringan *mesh* dengan menggunakan empat router, enam router, dan delapan router.

Router tujuan dalam penelitian ini adalah Router 4 pada Topologi Full Mesh Empat Router, Router 6 pada Topologi Partial Mesh Enam Router, dan Router 8 pada Topologi Partial Mesh Delapan Router. Pengulangan pengiriman paket ping ICMP sebanyak 750 kali dilakukan agar proses *convergence* berlangsung lama sehingga bisa mendapatkan hasil yang jelas. Metode yang dipakai untuk mengukur *convergence time* pada penelitian ini adalah dengan memutus *link* menuju router tujuan dengan *cost* paling kecil dari Router 1. Pemutusan *link* dilakukan saat pengiriman paket ping ICMP berlangsung pada detik ke-10 dengan lama pemutusan *link* selama 5 menit.

Cara melakukan pemutusan *link* adalah dengan menggunakan perintah (*command*) *shutdown* pada *interface link* yang menuju router tujuan dengan *cost* paling kecil dari Router 1. Saat *link* tersebut mengalami *down*, maka pengiriman paket ping ICMP langsung berhenti hingga *adaptive routing protocol* akan melakukan kalkulasi rute tercepat yang baru untuk menuju ke router tujuan dan melanjutkan pengiriman paket ping ICMP. Cara menghitung *convergence time* adalah dengan melakukan perkalian antara jumlah *packet loss* dengan *timeout*. Cara ini didapat karena selama proses

*convergence* paket ping ICMP tidak dapat terkirim, sehingga paket ping ICMP harus menunggu waktu selama *timeout* (2 detik). *Packet loss* dapat diketahui dari *success rate* yang merupakan persentase yang dihasilkan dari perbandingan antara jumlah paket yang terkirim dengan total paket yang seharusnya terkirim.

Berikut ini hasil pengujian *packet loss* dan *convergence time* pada masing-masing *adaptive routing protocol* dalam skenario pengujian penggunaan empat *router*, enam *router*, dan delapan *router*. Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang selanjutnya akan dianalisis hasil pengujian tersebut.



Gambar 4. Hasil Pengujian *Convergence Time*

Hal yang berpengaruh terhadap *convergence time* adalah kecepatan *adaptive routing protocol* untuk menangani perubahan topologi jaringan dengan menghitung jalur alternatif menuju *router* tujuan (perutean ulang). Perutean ulang dilakukan agar *router* dapat mengetahui semua jaringan lain dan memiliki jalur ke setiap jaringan. Jika *convergence time* semakin lama, maka semakin banyak pula *packet loss* yang terjadi.

Pada pengujian *packet loss* dan *convergence time* yang telah dilakukan dalam skenario pengujian penggunaan empat *router*, enam *router*, dan delapan *router*, OSPFv3 dan IS-IS IPv6 memiliki kinerja yang lebih unggul jika dibandingkan dengan *adaptive routing protocol* lainnya. Hal ini karena rata-rata *convergence time* dari OSPFv3 dan IS-IS IPv6 selalu lebih cepat jika dibandingkan dengan rata-rata *convergence time* dari *adaptive routing protocol* lainnya. Ketika dilakukan pemutusan *link* saat proses pengiriman paket ping ICMP sedang berlangsung, OSPFv3 dan IS-IS IPv6 dapat melakukan perutean ulang menuju ke *router* tujuan dengan cepat jika dibandingkan dengan RIPng yang memiliki *convergence time* lambat dan EIGRP IPv6 yang saat itu tidak memiliki *Feasible successor*. OSPFv3 dan IS-IS IPv6 dapat melakukan perutean ulang dengan

cepat karena memakai algoritme *link-state*. Apabila terjadi kegagalan dalam suatu jaringan, maka algoritme *link-state* dapat memperbaiki tabel *routing* dalam waktu hitungan detik. Dengan cara kerja dari algoritme *link-state* yang mendistribusikan paket *link-state* ke seluruh *router*, topologi jaringan lengkap dapat didistribusikan ke setiap *router* yang dapat mempercepat proses *convergence*.

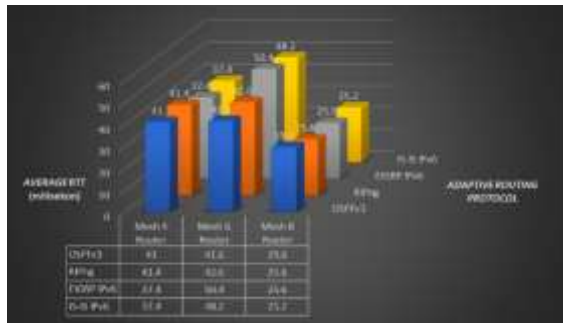
Melakukan perutean ulang secara cepat merupakan solusi yang penting untuk mengurangi *packet loss* pada suatu jaringan di saat *router* memulai untuk melakukan *convergence* ulang pada sebuah topologi jaringan, setelah topologi tersebut mengalami kerusakan *node* atau mengalami perubahan.

Pengujian terakhir yang dilakukan adalah pengujian RTT. Tujuan dari pengujian RTT adalah untuk mendapatkan nilai terkecil dari rata-rata *average* RTT pada masing-masing *adaptive routing protocol*, dimana rata-rata tersebut diperoleh dari lima kali percobaan mencari *average* RTT. Nilai terkecil dari rata-rata *average* RTT dipakai sebagai rujukan dalam menentukan kinerja terbaik dari *adaptive routing protocol*. Semakin kecil nilai rata-rata *average* RTT berbanding lurus dengan semakin baik kinerja *adaptive routing protocol*.

Pengujian RTT diawali dengan mengirimkan paket ping ICMP dari *Router 1* sebagai *router* pengirim menuju *router* tujuan dengan ukuran paket sebesar 250 byte dan *timeout* sebesar 2 detik. Pengiriman paket ping ICMP tersebut dilakukan dengan pengulangan sebanyak 75 kali tanpa pemutusan *link* saat proses pengiriman paket ping ICMP sedang berlangsung. Pengujian RTT masing-masing dilakukan pada topologi jaringan *mesh* dengan menggunakan empat *router*, enam *router*, dan delapan *router*.

*Router* tujuan dalam penelitian ini adalah *Router 4* pada Topologi *Full Mesh* Empat *Router*, *Router 6* pada Topologi *Partial Mesh* Enam *Router*, dan *Router 8* pada Topologi *Partial Mesh* Delapan *Router*. Berikut ini hasil pengujian RTT pada masing-masing *adaptive routing protocol* dalam skenario pengujian penggunaan empat *router*, enam *router*, dan delapan *router*. Hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap hasil pengujian tersebut.





Gambar 5. Hasil Pengujian Average RTT

Pada pengujian RTT ini jika rata-rata *average* RTT dari *adaptive routing protocol* semakin cepat, maka kinerja dari *adaptive routing protocol* tersebut semakin baik dan andal. Hal ini karena *node* pengirim cepat dalam mentransmisikan ICMP *echo message* ke *node* tujuan, dan *node* tujuan cepat dalam merespons *node* pengirim dengan mentransmisikan ICMP *echo reply*.

Berdasarkan pengujian RTT yang telah dilakukan dalam skenario pengujian penggunaan empat *router*, enam *router*, dan delapan *router*, IS-IS IPv6 memiliki kinerja yang lebih unggul. Hal ini karena rata-rata *average* RTT dari IS-IS IPv6 selalu lebih cepat jika dibandingkan dengan rata-rata *average* RTT dari *adaptive routing protocol* lainnya. Walaupun pada pengujian RTT dalam skenario pengujian topologi enam *router* IS-IS IPv6 memiliki rata-rata *average* RTT yang selisih 5,6 ms lebih lambat dari RIPng dan selisih 6,6 ms lebih lambat dari OSPFv3. Jadi pada pengujian RTT secara keseluruhan, *adaptive routing protocol* IS-IS IPv6 dapat mentransmisikan ICMP *echo message* ke *node* tujuan secara cepat dan *node* tujuan dapat merespons *node* pengirim dengan mentransmisikan ICMP *echo reply* secara cepat pula yang mengakibatkan IS-IS IPv6 memiliki kinerja yang baik dan andal.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Berdasarkan rata-rata jumlah *packet loss* yang lebih sedikit serta rata-rata *convergence time* yang lebih cepat, OSPFv3 dan IS-IS IPv6 memiliki kinerja yang lebih unggul jika dibandingkan dengan *adaptive routing protocol* lainnya. OSPFv3 dan IS-IS IPv6 dapat melakukan perutean ulang dengan cepat karena

memakai algoritme *link-state*. Apabila terjadi kegagalan dalam suatu jaringan, maka algoritme *link-state* dapat memperbarui tabel *routing* dalam waktu hitungan detik. Melakukan perutean ulang secara cepat merupakan solusi yang penting untuk mengurangi *packet loss* pada suatu jaringan di saat *router* memulai untuk melakukan *convergence* ulang pada sebuah topologi jaringan, setelah topologi tersebut mengalami kerusakan *node* atau mengalami perubahan.

- b. Berdasarkan rata-rata *average* RTT yang lebih cepat, IS-IS IPv6 memiliki kinerja yang lebih unggul jika dibandingkan dengan *adaptive routing protocol* lainnya. *Node* pengirim pada IS-IS IPv6 dapat mentransmisikan ICMP *echo message* ke *node* tujuan secara cepat, dan *node* tujuan dapat merespons *node* pengirim dengan mentransmisikan ICMP *echo reply* secara cepat pula.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Abdallah, S., Kayssi, A., Elhadj, I. H. & Chebab, A., 2018. 2018 Fifth International Conference on Software Defined Systems (SDS). *Network Convergence in SDN Versus OSPF Networks*.
- Abdulkadhim, M., 2015. International Journal of Computer Science Engineering and Technology (IJCSSET). *Routing Protocols Convergence Activity and Protocols Related Traffic Simulation With It's Impact on the Network*, 5(3), pp. 40-43.
- Abujassar, R. S. & Ghanbari, M., 2011. International Journal of UbiComp (IJU). *Efficient Algorithms to Enhance Recovery Schema in Link State Protocols*, 2(3), pp. 53-67.
- Ahmad Jaafar, A. N. H., Salim, S., Tiron, L. A. & Mohd Hussin, Z., 2017. International Conference on Engineering Technologies and Technopreneurship (ICE2T 2017). *Performance Evaluation of OSPFv3 and IS-IS Routing Protocol on IPv6 Network*.
- Cisco, 2018. *Change of Default OSPF and IS-IS SPF and Flooding Timers and iSPF Removal*. [Online] Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/d>

- [ocs/ip/ip-routing/211432-Change-of-Default-OSPF-and-IS-IS-SPF-and.html](https://www.cisco.com/ocs/ip/ip-routing/211432-Change-of-Default-OSPF-and-IS-IS-SPF-and.html)  
[Diakses 29 Juli 2020].
- Cisco, 2020. *Timers in CCNA*. [Online] Available at: <https://learningnetwork.cisco.com/s/article/timers-in-ccna>  
[Diakses 29 Juli 2020].
- Coltun, R., Ferguson, D., Moy, J. & Lindem, A., 2008. *OSPF for IPv6*. [Online] Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc5340>  
[Diakses 20 Desember 2019].
- Davies, G., 2019. *Networking Fundamentals*. Birmingham: Packt Publishing.
- Eljack, S. M. & Abdelkarim, S. B., 2013. 2013 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING, ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING (ICCEEE). *Effect of the Interior Gateway Routing Protocols in the Multiprotocol Label Switching Networks: A simulated comparison between IS-IS & OSPF routing protocols*, pp. 265-270.
- Goralski, W., 2017. *The Illustrated Network: How TCP/IP Works in a Modern Network*. 2nd ed. Cambridge, Massachusetts: Morgan Kaufmann.
- Gredler, H. & Goralski, W., 2005. *The Complete IS-IS Routing Protocol*. London: Springer.
- Hardiyani, R., 2013. *Analisa Perbandingan Kinerja Protokol OSPFv3 dan RIPng pada Aplikasi FTP di Jaringan Mobile IPv6 Menggunakan OPNET*. Depok: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kurose, J. F. & Ross, K. W., 2017. *Computer Networking: A Top-Down Approach*. 7th ed. Harlow, Inggris: Pearson.
- Lacoste, R. & Edgeworth, B., 2020. *CCNP Enterprise Advanced Routing ENARSI 300-410 Official Cert Guide*. Hoboken, New Jersey: Cisco Press.
- Makairam, A., Abraham, L. & R. G., S., 2017. 2017 International Conference on Nextgen Electronic Technologies. *Study on Network Performance of Interior Gateway Protocols - RIP, EIGRP and OSPF*, pp. 344-348.
- Malhotra, R., 2002. *IP Routing*. Sebastopol, California: O'Reilly Media.
- Malkin, G. & Minnear, R., 1997. *RIPng for IPv6*. [Online] Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc2080>  
[Diakses 21 Desember 2019].
- Medhi, D. & Ramasamy, K., 2018. *Network Routing*. 2nd ed. Cambridge, Massachusetts: Morgan Kaufmann.
- Muliandri, E., 2019. *Analisis Perbandingan Kinerja Routing Protokol IS-IS dengan Routing Protokol EIGRP dalam Dynamic Routing*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Oran, D., 1990. *OSI IS-IS Intra-domain Routing Protocol*. [Online] Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc1142>  
[Diakses 23 Desember 2019].
- Savage, D. et al., 2016. *Cisco's Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*. [Online] Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc7868>  
[Diakses 22 Desember 2019].
- Shand, M. & Ginsberg, L., 2014. *Reclassification of RFC 1142 to Historic*. [Online] Available at: <https://tools.ietf.org/html/rfc7142>  
[Diakses 23 Desember 2019].
- Tanenbaum, A. S. & Wetherall, D. J., 2011. *COMPUTER NETWORKS*. 5th ed. Boston: Prentice Hall, Pearson Education.