

**SIMULASI KINERJA WAKTU KONVERGENSI PROTOKOL
ROUTING OPEN SHORTEST PATH FIRST (OSPF) PADA
JARINGAN KAMPUS**

*PERFORMANCE SIMULATION OF ROUTING PROTOCOL
CONVERGENCE TIME OF OPEN SHORTEST PATH FIRST
(OSPF) ON CAMPUS NETWORK*

ANRITSU STEVEN CHRISTIAN POLII



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**SIMULASI KINERJA WAKTU KONVERGENSI PROTOKOL
ROUTING OPEN SHORTEST PATH FIRST (OSPF) PADA
JARINGAN KAMPUS**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

S2 Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh:

ANRITSU STEVEN CHRISTIAN POLII

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

TESIS

SIMULASI KINERJA WAKTU KONVERGENSI PROTOKOL ROUTING OPEN SHORTEST PATH FIRST (OSPF) PADA JARINGAN KAMPUS

Disusun dan diajukan oleh:

ANRITSU STEVEN CHRISTIAN POLII

Nomor Pokok P2700211444

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 2 Agustus 2013

dan dinyatakan telah memenuhi syarat.

Menyetujui,

Komisi Penasehat

Dr-Eng. Muhammad Niswar, ST, M.IT.
Ketua

Dr.Eng. Wardi, ST, M.Eng.
Anggota

**Ketua Program Studi
S2 Teknik Elektro,**

**Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin.**

Prof.DR.Ir.H. Salama Manjang, MT.

Prof.Dr.Ir. Mursalim, M.Sc.

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Anritsu Steven Christian Polii
Nomor mahasiswa : P270021144
Program studi : S2 Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 8 Juni 2013

Yang menyatakan

Anritsu Steven Christian Polii

KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur dan puji terima kasih, penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas petunjuk dan bimbingan-Nya yang senantiasa menaungi penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan penelitian tesis ini.

Selama penyelesaian penelitian tesis ini, tidak lepas dari dukungan berbagai pihak baik materi maupun spiritual. Untuk itulah dengan penuh hormat penulis menyampaikan terima kasih yang luar bisa kepada:

1. Dr-Eng. Muhammad Niswar, ST, M.IT., selaku Ketua Komisi Penasehat yang dengan penuh kesabaran dan perhatian memberikan arahan dan petunjuk serta pembimbingan teknis penyelesaian penelitian tesis ini.
2. Dr.Eng. Wardi, ST, M.Eng., Selaku Anggota Komisi Penasehat yang dengan bijaksana dan arif dalam membimbing, serta memberikan dorongan mental dan semangat juang dalam penyelesaian tesis.
3. Dr.Ir. Andani Achmad, MT.; Dr.Ir. Dzulfajri B. Hasanuddin, M.Eng.; Dr.Eng. Syafaruddin, ST, M.Eng., selaku Tim Penguji yang begitu antusias memberikan masukan korektif untuk melengkapi penelitian ini.
4. Pimpinan, staf edukatif dan administratif Universitas Hasanuddin

dan Politeknik Negeri Manado, yang turut berperan sehingga tesis ini terselesaikan.

5. Istri dan anak-anak serta keluarga yang senantiasa menopang dan berjuang bersama-sama dalam penyelesaian pendidikan S2.
6. Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang ikut membantu penulis untuk menyelesaikan tesis.

Paparan konsep penelitian tesis ini sekiranya dapat membantu *network engineering* dalam hal mengimplementasikan sistem jaringan menggunakan protokol *OSPF Routing*.

Konsep penelitian tesis ini membahas tentang simulasi kinerja durasi waktu konvergensi pada tipe protokol *Interior Gateway Protocols (IGP)* kategori *Link-State Routing Protocols* jenis *classless IPv4* klasifikasi protokol *OSPFv2 routing* untuk jaringan kampus dengan studi topologi jaringan pada jurusan teknik elektro, politeknik negeri manado.

Makassar, Juni 2013

Anritsu Steven Christian Polii

ABSTRAK

ANRITSU STEVEN CHRISTIAN POLII. *Simulasi Kinerja Waktu Konvergensi Protokol Routing Open Shortest Path First (OSPF) pada Jaringan Kampus* (dibimbing oleh Muhammad Niswar dan Wardi).

Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat waktu konvergensi pada protokol OSPF setelah inialisasi *router* berdasarkan studi topologi jaringan. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah melakukan simulasi pada *area backbone OSPF* secara *blackbox* menggunakan simulator jaringan. Simulasi dilakukan dengan menguji skenario *standard* parameter *OSPF* (*baseline*) dan berbagai varian skenario *tunning* parameter *OSPF*. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil pengujian skenario tersebut. Sehingga didapatkan bentuk skenario terbaik yang mampu meningkatkan rerata kecepatan waktu konvergensi. Hasil penelitian berupa bentuk skenario terbaik sesuai studi topologi jaringan yang mempunyai pola menggunakan nilai *default* parameter-parameter *interface timer* dan menurunkan nilai parameter-parameter *SPF calculation timer*. Kombinasi pola ini memiliki rerata durasi konvergensi akhir selama 6,548623 detik dengan panjang durasi simulasi 1200 detik. Sedangkan untuk *baseline* memiliki durasi konvergensi akhir selama 8,964145 detik. Jika dibandingkan maka, terjadi percepatan konvergensi selama 2,415522 detik. Sehingga kesimpulan penelitian ini bahwasanya terjadi peningkatan rerata kecepatan waktu konvergensi sebesar 26,95% oleh karena itu dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk implementasi jaringan protokol *routing OSPF*.

Kata kunci: *Protokol Routing, OSPF, Konvergensi, Interface Timers, SPF Calc Timers.*

ABSTRACT

ANRITSU STEVEN CHRISTIAN POLII. *Performance Simulation of Routing Protocol Convergence Time of Open Shortest Path First (OSPF) on Campus Network* (supervised by Muhammad Niswar and Wardi).

This research aims to improve the convergence time of OSPF protocol with several network topology scenarios. We conducted simulation experiments to evaluate the OSPF convergence time with default parameters (baseline) and various parameters. We then compare the results and get the best parameters to minimize the convergence time. Simulations performed with testing the standard parameters OSPF scenario (baseline) and various variants of scenarios tuning OSPF parameters. Further comparison of the results of the testing carried out such scenarios. So we get the best form of scenarios that can increase the average speed of convergence time. Simulation results show that by using default value of timer interface and reducing the SPF calculation timers can reduce the convergence time up to 26.95% with compare to baseline parameters. Therefore, we recommend to use these tuned parameters for implementation in OSPF network.

Keywords: *Routing Protocol, OSPF, Convergence, Interface Timers, SPF Calc Timers.*

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
E. Ruang Lingkup/Batasan Masalah	7
F. Sistematika Tesis	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Teori Relevan dan Kolateral	10
1. Protokol <i>routing</i> dinamis	10
2. <i>Link-State Routing Protocols</i>	14
3. <i>OSPF Routing</i>	19
4. <i>Network Simulator</i>	25
B. <i>Road Map</i> Penelitian	28
C. Kerangka Konseptual	32
D. Hipotesis	34
E. Alur Penelitian	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
A. Lokasi dan Waktu	35

	halaman
B. Kebutuhan Sistem	35
C. Populasi Teknik Sampel	36
D. Pengumpulan Data	36
E. Teknik Analisis Data	37
F. Tahap-Tahap Penelitian	38
G. Rancangan Penelitian	39
H. Simulasi dan Pengujian	46
1. Parameter Simulasi dan Pengujian	46
2. Skenario Simulasi dan Pengujian	47
3. Tahapan Metode Simulasi dan Pengujian	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	55
A. Hasil Simulasi dan Analisis Pengujian	55
1. Tabulasi Hasil simulasi dan pengujian	58
2. Analisis Pengujian dan Hasil Skenario <i>Baseline</i> (Skenario 1)	59
3. Analisis Pengujian dan Hasil Skenario Variatif (Skenario 2-9)	62
4. Perbandingan Skenario <i>Baseline</i> dan Skenario Variatif Hasil Terbaik	66
B. Hasil Akhir Penelitian	69
C. Diskusi	71
BAB V PENUTUP	75
A. Kesimpulan	75
B. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR TABEL

nomor		halaman
1.	Nilai <i>OSPF cost</i> pada jenis kabel dan kecepatan	23
2.	Skema pengalamatan <i>IP</i>	41
3.	Spesifikasi rancangan <i>logical</i> perangkat keras dan utilitas <i>OSPF</i>	42
4.	Pengaturan parameter atribut <i>router</i>	43
5.	Spesifikasi konfigurasi kabel	45
6.	Penetapan skenario simulasi dan pengujian	51
7.	Skenario nilai simulasi dan pengujian	52
8.	Data dan hasil pengujian	58
9.	Perbandingan skenario <i>baseline</i> dan skenario variatif hasil terbaik	68
10.	Rekomendasi nilai variabel & parameter sistem jaringan protokol <i>OSPF</i>	70

DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1.	Klasifikasi protokol <i>routing</i>	15
2.	Algoritma <i>routing SPF</i>	16
3.	<i>OSPF</i> dengan algoritma <i>Dijkstra SPF</i>	21
4.	Kerangka konseptual studi topologi jaringan	33
5.	Alur penelitian	34
6.	Tahap-tahap penelitian	38
7.	Tahapan rancangan penelitian	39
8.	Studi topologi jaringan	40
9.	Spesifikasi kabel <i>failure/recovery</i>	44
10.	Diagram durasi konvergensi skenario <i>baseline</i>	59
11.	Diagram durasi konvergensi skenario variatif	63
12.	Diagram perbandingan skenario 1 (<i>baseline</i>) dan variatif hasil terbaik	67

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
<i>IGP</i>	<i>Interior Gateway Protocols</i> . Protokol <i>internet</i> yang digunakan untuk bertukar informasi <i>routing</i> dalam suatu sistem otonom (<i>autonomous system</i>). (Cisco Systems, Inc., 2007)
<i>LSA</i>	<i>Link State Advertisement</i> . <i>Broadcast packet</i> yang digunakan <i>link-state protocols</i> , memuat informasi tentang <i>neighbor</i> dan <i>path cost</i> . (Cisco Systems, Inc., 2007)
<i>OSPF</i>	<i>Open Shortest Path First</i> . Hirarki algoritma <i>routing</i> dari <i>IGP – link state</i> , sebagai penerus <i>RIP</i> pada komunitas <i>internet</i> . Fitur-fitur <i>OSPF</i> berupa <i>least-cost routing</i> , <i>multipath routing</i> , dan <i>load balancing</i> . <i>OSPF</i> merupakan versi awal dari <i>IS-IS Protocols</i> . (Cisco Systems, Inc., 2007)
<i>RFC</i>	<i>Request for Comments</i> . Dokumen normatif yang disetujui <i>IETF (internet engineering task force)</i> sebagai referensi (<i>tidak semua RFC adalah standard</i>) pengembangan <i>internet</i> dengan status kategori berbeda-beda yang dapat diralat jika ditemukan kesalahan. (IETF, 1986)
<i>SPF</i>	<i>Shortest Path First</i> . Algoritma <i>routing</i> yang beriterasi berdasarkan panjang <i>path</i> untuk menentukan rute terpendek dari rangkaian rute (<i>spanning tree</i>). (Cisco Systems, Inc., 2007)

BAB I

PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan menguraikan tentang, Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Ruang Lingkup/Batasan Masalah, dan Sistematika Tesis.

A. Latar Belakang Masalah

Data penetrasi pengguna internet di dunia sampai dengan 30 Juni 2012 diperkirakan berjumlah $\pm 34,3\%$ (Miniwatts Marketing Group, 2013), Jumlah ini akan terus bertambah seiring dengan perkembangan teknologi dan peradaban. Pertumbuhan jumlah pengguna internet akan mempengaruhi traffic jaringan ditingkat *LAN* dan sangat berpotensi untuk dilakukan subnetting jaringan yang berdampak pada beban kerja *backbone* yang meningkat untuk menangani banyaknya permintaan *bandwidth*.

Mengacu pada data statistik penetrasi pengguna internet dunia berbanding dengan kenaikan jumlah pengguna *internet* setiap tahun dan perkembangan era teknologi yang konvergen, akan memicu terjadinya peningkatan jumlah pengguna *internet* ditingkat *LAN* yang mempunyai implikasi terhadap ketersediaan dan performansi jaringan.

Data mahasiswa, tenaga kependidikan, dan tenaga dosen Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado hingga tahun 2013 diperkirakan

lebih dari 600 orang (Politeknik Negeri Manado, 2013), dengan ketersediaan *bandwidth* 10 Mbps. Hal ini berpotensi terjadinya kepadatan trafik jaringan yang sangat tinggi meskipun tidak semua *user* menggunakan jaringan. Kepadatan trafik mempunyai implikasi dengan kegagalan *node (router)* untuk meneruskan *packet* data sehingga *node* tersebut harus melakukan inisialisasi kembali atau harus di-*restart*. Pada kondisi seperti inilah konvergensi jaringan berperan.

Pra kondisi saat ini, sistem *routing* pada Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado menggunakan model *routing* dinamis dengan nilai *default* pada setiap variabel dan parameternya. Nilai parameter *default* ideal diterapkan pada trafik jaringan yang normal. Apabila beban trafik jaringan sangat tinggi karena pengaruh jumlah pengguna dan kandidat pengguna yang banyak dan keterbatasan *bandwidth* maka diperlukan alternatif solusi terkait kesiapan *router* dalam menjalankan fungsinya.

Pemilihan protokol *routing* yang sesuai dengan kondisi jaringan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja jaringan, terlebih jika protokol *routing* tersebut mempunyai karakteristik dinamis dan bersifat *non-proprietary standard*.

Isu yang harus dipertimbangkan dalam hal pemilihan protokol *routing* adalah pertimbangan operasional mencakup kemudahan pengelolaan, pertimbangan teknis mencakup kemampuan mendukung perangkat tertentu, dan pertimbangan bisnis mencakup prioritas bisnis dan regulasi yang mempengaruhi keputusan rancangan jaringan (Thomas, 2003).

Protokol *OSPF* merupakan protokol *routing* yang bersifat *non-proprietary* (Cisco System, Inc., 2005), yang dikembangkan oleh *IETF*. Versi pertama *OSPF (OSPFv1)* dipublikasikan melalui *RFC 1131* yang dirilis pada tahun 1989. Selanjutnya *OSPFv2* diperkenalkan pada tahun 1998 yang didokumentasikan pada *RFC 2328* dan pada tahun 1999 dirilis *OSPFv3 for IPv6* melalui *RFC 2740* (Islam dan Ashique, 2010).

Salah satu kemampuan protokol *link-state* adalah konvergensi yang cepat dan protokol *OSPF* termasuk dalam kategori protokol *link-state* tipe *Interior Gateway Protocol (IGP)*.

Konsep-konsep penelitian yang pernah dilakukan mengenai waktu konvergensi protokol *OSPF routing*, yaitu:

1. Evaluasi performansi protokol *routing* dinamis pada aplikasi *video streaming*, hasil penelitian menunjukkan performansi *EIGRP* lebih baik dari *OSPF* pada aplikasi *real-time video streaming* (Hasan dkk., 2013).
2. Pengaruh konfigurasi *Timer OSPF* terhadap konvergensi jaringan pada *router* generasi baru, penelitian ini menghasilkan perbedaan konfigurasi dan efeknya terhadap deteksi kegagalan cepat, *false alarm*, kongesti jaringan, dan pemulihan kegagalan (Singh, 2013).
3. Konvergensi dinamis *OSPF* saat terjadi banyak kegagalan *link* atau *node*, hasil penelitian menunjukkan bahwa banyak kegagalan *link* atau *node* memiliki peluang lebih besar untuk menunda konvergensi (Zhao dkk., 2013).

4. Survey kecepatan konvergensi dan skalabilitas *OSPF* integrasi *MANETs* dan jaringan konvensional, hasil penelitian berupa *survey* lengkap terhadap peningkatan kecepatan konvergensi *OSPF* dan perluasan *OSPF* integrasi *mobile ad-hoc network* dengan jaringan konvensional (Goyal dkk., 2012).
5. Implementasi, analisis, dan perbandingan protokol *routing RIP* dan *OSPF* menggunakan simulator jaringan *opnet education version*, penelitian ini menghasilkan perbandingan *RIP* dan *OSPF* dalam hal efisiensi, *throughput*, *delay*, dan *failure* (Dubey dkk., 2012).
6. Analisis protokol *routing IGP* untuk aplikasi *real-time*, hasil penelitian berupa evaluasi performansi *RIP*, *OSPF*, dan *EIGRP* dengan parameter durasi konvergensi, *traffic sent*, *end to end delay* dan variasi *delay*, *utilization*, dan *packet loss* (Yehia dkk., 2011).
7. Konvergensi cepat dengan *reroute* cepat pada *IP networks*, hasil penelitian berupa usulan pendekatan alternatif *fast convergence with fast reroute (FCFR)* dengan mengevaluasi performansinya dan hasil perbandingan menunjukkan bahwa *overhead* per paket jauh lebih sedikit (Robertson dkk., 2010).
8. Performansi *OSPF* dan optimasi *software open source routing*. Hasil yang diperoleh menunjukkan jika *software open source routing* dioptimalkan, *router* berbasis *PC* melakukan *switching* yang lebih baik dari *router* komersial *cisco 2801* (Eramo dkk., 2007).
9. Penjadwalan kalkulasi tabel *routing* untuk mencapai konvergensi

cepat pada protokol *OSPF*, hasil penelitian berupa usulan skema *LSA Correlation* dengan beberapa optimasi (Goyal dkk., 2007).

Alasan pemilihan topik penelitian ini, bahwasanya dengan melakukan peningkatan kinerja protokol *OSPF routing* di Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado maka akan mempercepat kesiapan *router* dalam menangani *packet data* dan menjalankan fungsi utamanya, yaitu meneruskan *packet* dengan mencari rute terbaik.

Permasalahan yang timbul dengan menerapkan protokol *OSPF routing* pada suatu jaringan salah satunya adalah waktu konvergensi. Terkait kandidat pengguna jaringan di Jurusan Teknik Elektro sangat banyak sedangkan ketersediaan *bandwidth* yang relatif kurang, sehingga sering terjadi kepadatan trafik yang sangat berpotensi *router* sering-sering melakukan inisialisasi kembali bahkan harus di-*restart*.

Berdasarkan penjelasan awal latar belakang, paparan konsep-konsep penelitian yang pernah ditawarkan, alasan, dan permasalahan maka pada penelitian ini akan dilakukan studi mengenai perubahan waktu pada kartu antar muka jaringan yang dikombinasikan dengan perubahan waktu pada kalkulasi *Shortest Path First (SPF)* dengan judul **Simulasi Kinerja Waktu Konvergensi Protokol *Routing Open Shortest Path First (Ospf)* Pada Jaringan Kampus**, sehingga dapat dievaluasi kinerja waktu konvergensi protokol *OSPF routing* untuk diberikan rekomendasi alternatif implementasi protokol *OSPF routing* sesuai studi topologi jaringan di Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.

B. Rumusan Masalah

Sebagaimana deskripsi latar belakang, maka identifikasi permasalahan yang terjadi, yaitu:

1. Bagaimana melakukan peningkatan kinerja waktu konvergensi protokol *Routing OSPF*.
2. Bagaimana mengukur parameter-parameter pendukung yang dapat mempengaruhi peningkatan kecepatan konvergensi.
3. Bagaimana melakukan simulasi kinerja waktu konvergensi protokol *OSPF routing*.
4. Bagaimana merekomendasikan implementasi sistem jaringan menggunakan protokol *OSPF routing* sesuai studi topologi di Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan permasalahan diatas maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Meningkatkan kinerja waktu konvergensi protokol *OSPF routing* sesuai studi topologi jaringan.
2. Melakukan simulasi kinerja waktu konvergensi dengan membandingkan durasi konvergensi *baseline OSPF* dengan berbagai varian waktu kartu antar muka jaringan maupun waktu untuk kalkulasi *SPF*.

3. Membuat rekomendasi alternatif guna implementasi sistem jaringan di Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini secara umum bermanfaat untuk meningkatkan efektifitas kerja *router* saat terjadi re-inisialisasi atau *restart*. Efektifitas kerja *router* dapat lebih optimal melalui peningkatan kecepatan konvergensi akses jaringan *private* bagi *user internet* yang secara global dapat meningkatkan performansi jaringan internal (*private*) maupun eksternal (*public*).

Manfaat penelitian secara khusus, yaitu: tersedianya suatu referensi pembandingan sebagai bahan rekomendasi alternatif bagi administrator jaringan di Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado dalam mengimplementasikan model jaringan menggunakan protokol *OSPF*.

E. Ruang Lingkup/Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan penelitian ini hanya berorientasi pada batasan-batasan berikut.

1. Rancangan topologi fisik berkiprah pada *domain local network* dalam *area backbone* jaringan *OSPF routing* di jurusan teknik elektro politeknik negeri manado.
2. Evaluasi kinerja konvergensi *OSPF routing* variabel pengukuran utama berdasarkan parameter waktu untuk kartu antarmuka

jaringan (*interface timer*) dan waktu untuk kalkulasi SPF (*SPF calculation timer*).

3. Parameter evaluasi kinerja konvergensi OSPF berupa *Hello interval*, *Dead Interval*, Transmisi Tunda, Transmisi Kembali, *SPF Tunda*, dan Waktu Tunggu antar 2 Urutan *SPF*.
4. Proses simulasi kinerja waktu konvergensi OSPF dengan membuat pola waktu yang bervariasi baik untuk *Interface timers* maupun *SPF calculation timers*.
5. *Output* berupa hasil pengujian yang terbaik untuk dijadikan rekomendasi alternatif sistem jaringan protokol *OSPF routing*.
6. Simulasi sistem dijalankan menggunakan aplikasi *OPNET modeler 14.5 educational version*.

F. Sistematika Tesis

Sistematika penulisan tesis yang dikerjakan mengikuti kaidah-kaidah berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan berisi Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Ruang Lingkup/Batasan Masalah, dan Sistematika Tesis.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjabarkan tentang Teori Relevan dan Kolateral, *Road Map* Penelitian, Kerangka Konseptual, Hipotesis, dan Alur Penelitian yang

mendukung penyelesaian evaluasi kinerja waktu konvergensi *OSPF*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Topik ini membahas tentang Lokasi dan Waktu, Kebutuhan Sistem, Populasi Teknik Sampel, Pengumpulan Data, Teknik Analisis Data, Tahap-Tahap Penelitian, Rancangan Penelitian, serta Simulasi dan Pengujian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Topik ini menguraikan tentang capaian dari penelitian ini melalui pembahasan sub topik Simulasi dan Pengujian, Hasil Simulasi dan Analisis Pengujian, serta Diskusi.

BAB V : PENUTUP

Pada bagian ini berisi rangkuman keseluruhan penelitian yang ditarik menjadi Kesimpulan, dan berisi pengembangan sistem dan *future study* dari penelitian ini yang dirumuskan dalam Saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka membahas tentang Teori Relevan dan Kolateral, *Road Map* Penelitian, Kerangka Konseptual, Hipotesis, dan Alur Penelitian.

A. Teori Relevan dan Kolateral

1. Protokol *routing* dinamis

Protokol *routing* dinamis mempelajari tentang jaringan tujuan dari *router* tetangga melalui proses *sharing* informasi. Adapun Kategori protokol *routing* dinamis (Deal, 2008, pp.482-489), yaitu:

1. *Distance vector*

Protokol *routing distance vector* menggunakan *distance* (mengakumulasikan nilai metrik) dan *vector* (petunjuk arah) untuk mencari rute ke tujuan. Salah satu protokol yang masuk kategori *distance vector*, yaitu *routing information protocols (RIP)*.

2. *Link-state*

Protokol *routing link state* akan mempelajari topologi lengkap pada jaringan tersebut. Protokol yang masuk kategori ini, yaitu *open shortest path first (OSPF)* dan *intermediate system to intermediate system (IS-IS)*.

3. *Hybrid*

Protokol *hybrid* menggabungkan fitur protokol *distance vector* dan *link-state*. Biasanya protokol *hybrid* berbasis *distance vector* tetapi memiliki fitur protokol *link-state*. Protokol yang masuk kategori ini, yaitu *Ripv2*, *EIGRP*, dan *BGP*.

Setiap jenis protokol *routing* mempunyai pendekatan berbeda dalam proses *sharing* informasi dengan *router* tetangga serta pemilihan rute terbaik ke tujuan.

Dalam pemilihan protokol *routing* perlu dipertimbangkan faktor-faktor berikut.

1. Metrik *routing* yang digunakan untuk memilih rute.
2. Bagaimana informasi *routing* di *shared*.
3. Kecepatan konvergensi protokol *routing*.
4. Bagaimana *router* mengelola informasi *routing*.
5. *Overhead* dari protokol *routing*.

Karena perbedaan antara ragam jenis-jenis protokol *routing*, masing-masing protokol *routing* mempunyai kelebihan dan kekurangan. Deskripsi kelebihan dan kekurangan masing-masing kategori protokol *routing* dinamis yang diwakili oleh protokol *routing* pada kategori tersebut diuraikan seperti berikut.

1. Kelebihan dan kekurangan protokol *distance vector (RIP)*.
 - a. Kelebihan *RIP*, yaitu:
 - (1) Mudah dalam implementasi dan perawatan.

(2) Sumber daya (*Memory* dan *CPU*) yang rendah.

b. Kekurangan *RIP*, yaitu:

(1) Informasi yang ada hanya metrik dan *next-hop router* untuk meneruskan *packet*.

(2) Informasi rute hanya terbatas pada tetangga terdekat yang terkoneksi langsung dengan *router* tersebut.

(3) Memerlukan *bandwidth* untuk mengirimkan periodik *update* secara rutin.

(4) Konvergensi yang lambat.

(5) Skala terbatas.

(6) Tidak secara bebas menentukan rute.

2. Kelebihan dan kekurangan protokol *link state* (*OSPF*).

a. Kelebihan *OSPF*, yaitu:

(1) *OSPF* merupakan jenis protokol yang *non-proprietary standard*.

(2) *OSPF* selalu menentukan rute secara bebas.

(3) Jika terjadi perubahan pada jaringan akan cepat dilakukan *update*.

(4) Utilisasi *bandwidth* yang rendah.

(5) Mendukung multi rute.

(6) Mendukung *classless addressing* yang mempunyai karakteristik *variable length subnet masking* (*VLSM*).

(7) *Process ID* pada semua *router* tidak harus sama.

- (8) Informasi rute berisi topologi lengkap artinya tidak hanya tetangga terdekat yang terkoneksi langsung tetapi seluruh topologi protokol *routing OSPF*.
- (9) Tidak mengirimkan periodik *update* yang dapat mengkonsumsi *bandwidth*.
- (10) Konvergensi yang cepat.
- (11) *LSP* spesifik di *flood* hanya ketika terjadi perubahan topologi.
- (12) *OSPF* meminimalisasi rute dan menurunkan ukuran *routing table* dengan pembagian *area*.
- (13) Multi *area* dapat meminimalisasi kekurangan protokol *routing OSPF*.

b. Kekurangan *OSPF*, yaitu:

- (1) Memerlukan memori tambahan untuk *link state database*.
- (2) Memerlukan pemrosesan *CPU* yang lebih untuk mengkalkulasi algoritma *SPF*.
- (3) Memerlukan *bandwidth* lebih untuk *flooding LSP*.

3. Kelebihan dan kekurangan Protokol *Hybrid (EIGRP)* (Islam dan Ashique, 2010, p.10).

a. Kelebihan *EIGRP*, yaitu:

- (1) Mudah untuk dikonfigurasi.
- (2) Penentuan rute secara bebas.
- (3) Menyimpan backup rute guna menemukan jaringan

tujuan.

- (4) Waktu konvergensi yang rendah dan reduksi utilisasi *bandwidth*.
- (5) Mendukung *VLSM*.
- (6) Mendukung otentikasi *routing update*.

b. Kekurangan *EIGRP*, yaitu:

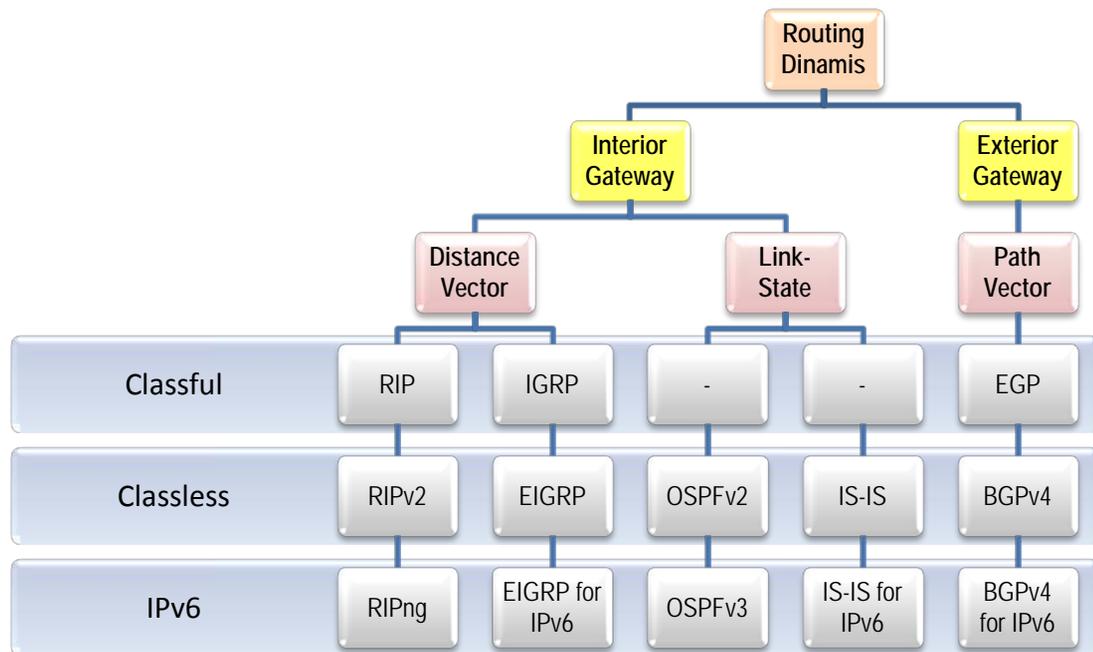
- (1) Protokol *routing* hak paten (*proprietary*) *cisco*.
- (2) *Router* selain *vendor cisco* tidak dapat melakukan utilisasi *EIGRP*.

Uraian kekurangan dan kelebihan masing-masing protokol *routing*, didukung juga dengan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, serta hasil-hasil penelitian yang telah ada sebelumnya, maka pemilihan protokol yang digunakan pada penelitian ini yaitu, protokol *routing OSPF*. Adapun pertimbangan lainnya dalam pemilihan protokol *OSPF* mengenai studi topologi jaringan di jurusan teknik elektro, politeknik negeri manado bahwa kondisi saat ini diperlukan proses konvergensi yang cepat berhubung *router* sangat berpotensi sering re-inisialisasi bahkan *restart* karena kandidat pengguna jaringan yang banyak sedangkan *bandwidth* terbatas.

2. Link-State Routing Protocols

Link-state routing protocols biasa juga disebut *shortest path first protocols* yang dikembangkan berdasarkan algoritma *Edgar Dijkstra's*, yaitu *shortest path first (SPF) algorithm*.

Link-state routing protocols merupakan bagian dari *Interior Gateway Protocols (IGP)* jenis *classless addressing*. Klasifikasi *routing protocols* dapat dilihat pada gambar berikut.

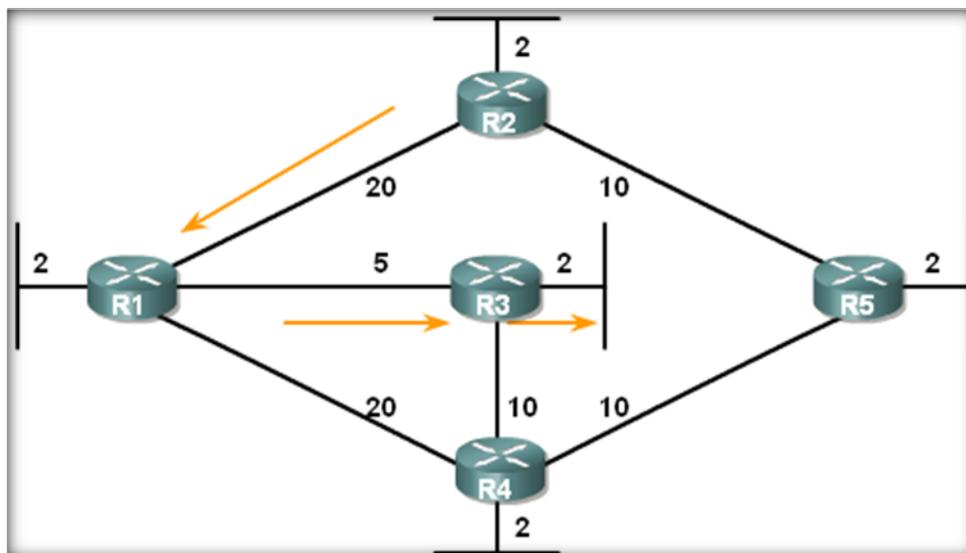


Gambar 1. Klasifikasi protokol *routing* (Cisco Systems, Inc., 2007)

Pada *link-state protocols*, *Link* adalah sebuah *interface* pada *router* yang telah dikonfigurasi dengan *IP Address* dan *Subnet Mask* serta dalam keadaan *Up* sebelum *link-state protocols* mempelajari tentang *link* tersebut. Informasi tentang keadaan (*state*) daripada *links* disebut *Link-state* yang meliputi informasi: *IP address* dan *subnet mask*; jenis jaringan, misal. *ethernet* atau *serial point-to-point link*; *cost* dari pada *link*; *Router* tetangga pada *link* tersebut (Cisco Systems, Inc., 2007, p.10.1.4.2).

a. Algoritma Routing SPF

Pada protokol *routing*, *Algoritma Dijkstra's* biasanya disebut juga algoritma *shortest path first (SPF)*. Algoritma ini menjumlahkan *cost* setiap *path* sepanjang jalur dari *source network* ke *destination network*. Algoritma inilah yang menjadi maksud dari setiap *routing* algoritma yang dikembangkan.



Gambar 2. Algoritma routing SPF (Cisco Systems, Inc., 2007)

Setiap jalur pada Gambar 2 diberi nilai *cost* secara *arbitrary*, jalur terpendek dari R2 LAN untuk menjangkau R3 LAN dapat ditempuh berdasarkan penjumlahan terendah nilai *cost* dari setiap segmen jaringan. Rute terpendek R2 LAN ke R3 LAN, yaitu R2 ke R1 berjumlah 20, R1 ke R3 berjumlah 5, R3 ke R3 LAN berjumlah 2. Sehingga R2 LAN ke R3 LAN berjumlah 27.

Nilai *cost* 27 tidak berlaku untuk *router* lain yang ingin menjangkau R3

LAN. Setiap *router* dapat menentukan besarnya *cost* ke setiap tujuan dalam sebuah topologi jaringan *OSPF*. Dengan kata lain, setiap *router* mengkalkulasikan algoritma *SPF* dan menentukan nilai *cost* dari perspektifnya.

b. *Link-state Routing Process*

Untuk mencapai *state convergence*, semua *router* dalam suatu topologi harus memenuhi proses *link-state routing* berikut (Cisco Systems, Inc., 2007, p.10.1.3.1).

1. Setiap *router* belajar tentang koneksi jaringan ada pada dirinya sendiri.
2. Setiap *router* bertanggung jawab untuk menyampaikan *hello packet* ke tetangganya yang terhubung langsung dengannya.
3. Setiap *router* membangun *Link State Packet (LSP)* yang berisi *state* setiap *link* yang terhubung langsung dengannya.
4. Setiap *router* melakukan *flood LSP* ke semua tetangganya yang kemudian disimpan pada *database* penerima.
5. Setiap *router* menggunakan *database* untuk membangun topologi peta lengkap dan menghitung jalur terbaik ke setiap jaringan tujuan.

Secara umum rangkaian proses dari *link-state routing* mempunyai tahapan-tahapan, yaitu:

1. Setiap *router* belajar tentang *link* miliknya, dengan cara mendeteksi

interface pada saat dalam *state Up*.

2. Setiap *router* bertanggung-jawab untuk bertemu dengan tetangganya melalui *link* miliknya, hal ini dilakukan dengan melakukan pertukaran *hello packet* dengan *link router* tetangga.
3. Setiap *router* membangun *LSP* yang berisi *state* dari setiap *link* miliknya, hal ini dilakukan dengan merekam semua informasi menyangkut setiap tetangganya berupa *neighbor ID*, *link type*, dan *bandwidth*.
4. Setiap *router* melakukan *flooding LSP* ke seluruh tetangganya. Selanjutnya *router* tetangga melakukan *flooding* ke tetangga yang lain sampai seluruh *router* dalam sebuah *area* menerima *LSP* tersebut dan menyimpan pada *database* lokal masing-masing *router*.
5. Setiap *router* menggunakan *database* untuk membangun peta lengkap topologi dan menghitung rute terbaik menuju setiap jaringan tujuan. Untuk membangun peta topologi dan penentuan rute terbaik ke setiap jaringan tujuan digunakan algoritma *SPF*.

Ikhtisar *link-state routing protocols* bahwa setiap *router* menentukan status *link-states router* bersangkutan dan melakukan *flooding informasi* tersebut ke *router* lainnya pada *area* yang sama. Selanjutnya setiap *router* membangun *link-state database (LSDB)* yang berisi informasi *link-state router* lainnya sehingga setiap *router* mempunyai *LSDB* identik. Berdasarkan informasi *LSDB*, *router* menjalankan algoritma *SPF* yang akan menciptakan

SPF tree dengan *router* tersebut sebagai *root tree*. Saat *SPF Tree* telah lengkap, maka *router* dapat menentukan sendiri rute terbaik menuju jaringan yang ada pada *tree* tersebut. Informasi rute terbaik kemudian disimpan dalam *routing table router*.

Link-state routing protocols membangun peta lokal topologi jaringan yang memperbolehkan *router* untuk menentukan rute terbaik ke jaringan yang ada. *LSP* yang baru akan dikirim apabila terjadi perubahan topologi. Ketika terjadi penambahan, pengurangan, atau modifikasi *link*, *router* akan melakukan *flooding LSP* baru ke *router* lainnya. Saat *router* menerima *LSP* baru, *router* tersebut akan melakukan *update LSDB*, menjalankan kembali (*rerun*) algoritma *SPF*, menciptakan *SPF tree* baru, dan melakukan *update routing table*.

3. OSPF Routing

Open Shortest Path First (OSPF) merupakan *link-state routing protocol* yang dikembangkan mulai tahun 1987 oleh *IETF OSPF Working Group*.

Pada tahun 1989, spesifikasi *OSPFv1* dipublikasi melalui *RFC 1131*. *OSPFv1* merupakan *protocol routing* dengan status *experimental* dan tidak pernah di *deploy*.

Tahun 1991, *OSPFv2* diperkenalkan oleh *John T. Moy* pada *RFC 1247*, yang menawarkan peningkatan teknis dibandingkan dengan *RFC 1131*. Selanjutnya tahun 1998 spesifikasi *OSPFv2* diperbaharui dan didokumentasikan dalam *RFC 2328* yang digunakan sampai saat ini sebagai

standard OSPF skema pengalamatan *IPv4*.

Tahun 1999 *OSPFv3 for IPv6* dipublikasikan dalam dokumen *RFC 2740* yang juga digunakan sampai saat ini sebagai *standard OSPF* skema pengalamatan *IPv6*.

a. **OSPF Packet Type**

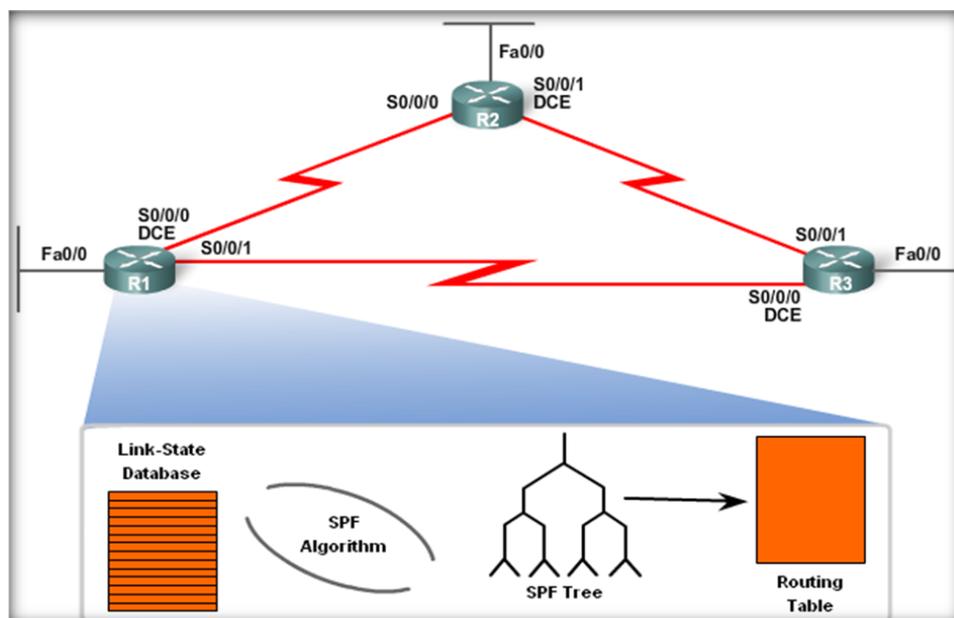
OSPF link-state packets (LSPs) terdiri 5 jenis layanan *packet* yang masing-masing mempunyai tujuan dalam proses *OSPF Routing* (Cisco Systems, Inc., 2007, p.11.1.3.1), yaitu:

1. *Hello packet*, menemukan tetangga dan membangun kedekatan antaranya.
2. *Database Description (DBD packet)*, melakukan pengecekan sinkronisasi *database* antar *router*.
3. *Link-State Request (LSR Packet)*, meminta rekaman *link-state* tertentu dari *router* ke *router*.
4. *Link-State Update (LSU Packet)*, mengirimkan permintaan khusus rekaman *link-state*.
5. *Link-State Acknowledgement (LSAck Packet)*, menjawab jenis *packet* lainnya.

b. **Algoritma OSPF**

Setiap *OSPF router* memelihara *link-state database* yang berisi *LSAs*

yang diterima dari semua *router* lainnya. Ketika *router* menerima semua *LSAs* dan membangun *local link-state database*, *OSPF* menggunakan algoritma *Dijkstra's SPF* untuk menciptakan sebuah *SPF Tree*. Kemudian *SPF Tree* inilah yang digunakan untuk mengisi *routing table* dengan rute terbaik ke setiap jaringan.



Gambar 3. *OSPF* dengan algoritma *Dijkstra SPF* (Cisco Systems, Inc., 2007)

c. *OSPF Router ID*

OSPF router ID digunakan sebagai identifikasi unik setiap *router* dalam *area OSPF routing*. Beberapa *router* (misal. *Cisco*) mengambil *router ID* berdasarkan 3 kriteria yang bersifat *precedence*.

Penentuan *router ID* mengikuti urutan berikut: (Cisco System, Inc., 2005).

1. Menggunakan alamat *IP* yang terkonfigurasi dengan perintah *OSPF router-id*.
2. Jika *router-id* tidak dikonfigurasi, maka *router* akan memilih alamat *IP* tertinggi dari *loopback interfaces* apa saja.
3. Jika tidak ada *loopback interfaces* yang dikonfigurasi, maka *router* akan memilih alamat *IP* aktif tertinggi dari *interfaces* fisik yang ada.

d. **OSPF Metric**

OSPF metric biasanya disebut *cost*, RFC 2328 mendefinisikan "A cost is associated with the output side of each router interface. This cost is configurable by the system administrator. The lower the cost, the more likely the interface is to be used to forward data traffic." (Moy, 1998).

Meskipun demikian RFC 2328 tidak secara spesifik menentukan berapa nilai *cost* sebenarnya. Perhitungan *cost OSPF* dapat dilihat pada formula berikut (Thomas, 2003, p.256).

$$Cost = \frac{reference\ bandwidth}{interface\ bandwidth} \quad (1)$$

Reference bandwidth mempunyai nilai *default* 10^8 , dan *interface bandwidth* bervariasi tergantung jenis *interface* yang digunakan. Semakin tinggi *bandwidth (link speed)* mengindikasikan semakin kecil *cost link*.

Berdasarkan rumus (1) dapat dihitung *OSPF Cost* untuk berbagai jenis *link* dan *speed* seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Nilai *OSPF cost* pada jenis kabel dan kecepatan (Thomas, 2003)

Jenis Kabel	Kecepatan (dibagi 10^8)	Nilai <i>OSPF Cost</i>
Serial	56.000	1785
DS0	64.000	1562
T1	1.544.000	65
E1	2.048.000	48
Token Ring	4.000.000	25
Ethernet	10.000.000	10
Token Ring	16.000.000	6
T3	44.736.000	3
Fast Ethernet	100.000.000	1
Gigabit Ethernet	1.000.000.000	1
OC-3	155.520.000	1
OC-12	622.080.000	1

Minimum *cost* pada *OSPF* bernilai 1, *OSPF* tidak dapat membedakan *high speed link*. Sebagai solusi untuk mengatasi *speed* diatas 10^8 ($>100Mbps$) dengan mengubah nilai *reference bandwidth* yang digunakan *OSPF* dalam perhitungan melalui perintah **auto-cost reference-bandwidth ref-bw** (Thomas, 2003, p.259).

Default nilai *ref-bw* adalah 100 dalam satuan *Mbps* atau 10^8 dengan demikian nilai *reference bandwidth* dapat di-*adjust* sesuai kebutuhan untuk memenuhi karakteristik *high-speed link*. Penting untuk diingat bahwa, jika dilakukan *adjust* terhadap *reference bandwidth* pada *high-speed link* maka harus juga dilakukan *adjust* terhadap semua *link type* termasuk *speed link* $<100 Mbps$ yang ada pada *area OSPF* tersebut.

Selain perintah di atas untuk *adjust cost* dapat juga dilakukan dengan cara mengisikan langsung *nilai cost* yang diinginkan dengan perintah ***ip ospf cost value*** (Thomas, 2003, p.259).

e. *Link-State Advertisements (LSAs)*

Link-state routers melakukan *flood LSP* ketika inialisasi atau ketika terjadi perubahan topologi (Cisco Systems, Inc., 2007, p.11.0.1.4).

Pada jaringan *multiaccess*, *flooding* dapat berlebihan jika *router* dalam jaringan *multiaccess* mengirimkan *flood* ke *router* lainnya, hal ini akan memicu *router* lainnya menjawab *LSAs* tersebut ke seluruh *router* pada jaringan *OSPF*.

Solusi untuk pengelolaan jumlah *router* yang berdekatan dan *flooding LSAs* pada jaringan *multiaccess* adalah *Designated Router (DR)*. *OSPF* akan memilih *DR* sebagai titik distribusi untuk pengiriman dan penerimaan *LSAs*, *Backup Designated Router (BDR)* juga dipilih untuk menjaga apabila *DR* gagal. Selanjutnya setiap *flooding LSAs* oleh *router* akan dikirimkan hanya ke *DR* dan *BDR* saja untuk ditindak lanjuti oleh *DR* dengan mengirimkan kembali *LSA* ke seluruh *router* pada jaringan *multiaccess*. Dengan demikian setiap *flooding LSA* akan dikirimkan hanya ke *DR* dan *BDR*, *DR* mengirimkan jawaban ke *router* pengirim sekaligus mengirimkan *LSA Router* pengirim ke seluruh *router* lainnya. Jika *DR* gagal menjalankan fungsinya maka *BDR* menjadi *DR* untuk melaksanakan tugasnya dan akan dipilih juga *BDR* baru.

4. *Network Simulator*

Pada penelitian dibidang jaringan, sangatlah mahal untuk menyebarkan hasil pengujian lengkap yang didalamnya terdiri atas peralatan komputer jaringan, *router* dan *data link* untuk proses validasi dan verifikasi beberapa protokol jaringan atau algoritma jaringan khusus. Dalam situasi ini *network simulator* dapat menghemat biaya dan waktu untuk menyelesaikan tugas tersebut.

Network Simulator digunakan oleh masyarakat dari berbagai kalangan, seperti peneliti akademik, pengembang industri, dan *quality assurance (QA)* untuk desain, simulasi, verifikasi, dan analisa performansi dari protokol jaringan yang berbeda. secara umum *network simulator* meliputi *area* yang luas dari teknologi jaringan dan protokol, juga dapat membantu *users* untuk membangun jaringan yang kompleks dengan rancangan topologi jaringan yang berbeda menggunakan beragam jenis *nodes*.

Network simulator mencoba melakukan pemodelan *network* yang nyata. Ide prinsipilnya jika sebuah sistem dapat dimodelkan maka fitur dari model tersebut dapat diubah dan hasil terkait dapat dianalisa (Pan dan Jain, 2008).

Pada penelitian bidang jaringan komputer dan komunikasi, simulasi bisa diartikan teknik yang berguna apabila perilaku jaringan dapat dimodelkan, setelah didapatkan data maka perilaku dari protokol dan jaringan dapat diamati dan dianalisa sebagai bagian dari rangkaian uji coba *offline*. Sedangkan emulasi artinya jaringan yang dalam perencanaan telah

disimulasikan untuk dinilai kinerjanya atau memprediksi kemungkinan dampak dari perubahan atau optimasi.

Saat ini ada beberapa *network* simulator yang dirilis oleh pengembang perangkat lunak dengan menawarkan berbagai fitur yang berbeda. bagaimanapun juga tidak semua *network* simulator tools akan dibahas, hanya tools terkait dengan penelitian ini yang akan dideskripsikan dengan singkat.

a. *Opnet Modeler*

Opnet adalah merek dagang komersial terdaftar dan nama produk dari *OPNET Technologies, Inc.* Untuk memenuhi kebutuhan pemodelan dan simulasi jaringan, *Opnet* menyediakan produk *Opnet Modeler*®.

Opnet mempunyai 3 fungsi utama, yaitu *modelling*, *simulating*, dan *analysis*. *Modelling* menyediakan lingkungan grafis untuk menciptakan semua bentuk model protokol. *Simulating* memanfaatkan 3 teknologi simulasi yang berbeda dan dapat digunakan untuk mempelajari pengalamatan *area* yang luas. *Analysis* dapat dilakukan berdasarkan data dan hasil simulasi kemudian ditampilkan dengan mudah dalam bentuk *user friendly graphs, charts, statistics*, dan bahkan *generate* animasi.

Opnet mengklaim bahwa layanan pemodelan dan simulasinya mempunyai kemampuan: (OPNET Technologies, Inc., 2013).

1. Pemodelan dan simulasi konstruksi jaringan.
2. Pemodelan peralatan, protokol dan gelombang.

3. Simulasi efek komunikasi.
4. Pemodelan efek maya untuk *computer network operations (CNO)*.
5. Simulasi dengan sistem nyata (*hardware, software, application*).
6. Analisis sistem transportasi komunikasi (optik, *wireless*, dan satelit).
7. Pemodelan lapisan *application (OSI Layer 7* atau *TCP/IP Layer 4)*.
8. 3D visualisasi jaringan simulasi.
9. Menggabungkan simulasi dengan *HLA, DIS* dan *co-simulation*.
10. Desain sistem *command, control, communications, computer (C4)*.
11. Perencanaan sistem dan optimalisasi *Mobile ad hoc (MANET)*.
12. Pengujian *prototype* dan studi skalabilitas.
13. *Independent verification dan validation (IV&V) Model*.

Opnet editor terdiri atas 3 model yang bersifat *precedence*, yaitu:

1. *Network Models*.
 - a. Representasi *data network*.
 - b. *Run* simulasi jaringan.
2. *Node Models*.
 - a. Model peralatan jaringan.
3. *Process Models*.
 - a. Representasi protokol komunikasi, *CPUs*, dan sistem antrian.

Network Models dibentuk dari individual *node* sedangkan *nodes* dibentuk oleh *modules*. Perilaku dari pada *modules* didefinisikan melalui *Process models*.

B. *Road Map* Penelitian

Hasil penelitian dari *road map* yang berkaitan dengan konvergensi protokol *OSPF routing*, yaitu:

1. Tahun 2013

a. Jurnal *CTTS*, Vol. 2, Issue 1.

Peneliti : *Hasan, Shafiul; Khan, Md. Nazmul Islam; Islam, Mohammad Nazrul; Ashique, Ahsan Ullah Md.*

Judul : *Performance Evaluation of Dynamic Routing Protocols on Video Streaming Applications.*

Penelitian ini melakukan analisa perbandingan *EIGRP* dan *OSPF* pada aplikasi *real-time video streaming* dengan melakukan evaluasi berdasarkan kuantitatif metrik. Penelitian menghasilkan performansi *EIGRP* lebih baik pada aplikasi *real-time video streaming* (Hasan dkk., 2013).

b. Publikasi Konferensi *IISTE*, Vol. 2, No. 3.

Peneliti : *Singh, Himanshu.*

Judul : *Effects of OSPF Timers Configurations on Network Convergence in New Generation Routers.*

Penelitian ini melakukan investigasi efek konfigurasi parameter pada *router* generasi baru yang menyediakan *bandwidth* dan toleransi kongesti yang lebih besar. Penelitian ini menghasilkan perbedaan konfigurasi dan

efeknya terhadap deteksi kegagalan cepat, *false alarm*, kongesti jaringan, dan pemulihan kegagalan (Singh, 2013).

c. Publikasi Konferensi *ISA, ASTL Vol. 2, pp. 48-51.*

Peneliti : *Zhao, Dan; Hu, Xiaofeng; Wu, Chunqing.*

Judul : *On Understanding OSPF Convergence Dynamics in Presence of Multiple Failure.*

Penelitian ini melakukan studi analisis perilaku konvergensi *OSPF* dengan adanya kegagalan yang banyak mengakibatkan interaksi antara deteksi kegagalan dan penjadwalan kalkulasi *routing* dapat membangkitkan komplikasi dinamis selama proses konvergensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa banyak kegagalan *link* atau *node* memiliki peluang lebih besar untuk menunda konvergensi (Zhao dkk., 2013).

2. Tahun 2012

a. Jurnal *IEEE, Vol. 14, Issue 2, pp. 443-463.*

Peneliti : *Goyal, M.; Soperi, M.; Baccelli, E.; Choudhury, G.; Shaikh, A.; Hosseini, H.; Trivedi, K.*

Judul : *Improving Convergence Speed and Scalability in OSPF: A Survey.*

Penelitian ini melakukan survey kecepatan konvergensi dan skalabilitas integrasi *MANETs* dan jaringan konvensional pada *OSPF routing*. Hasil penelitian berupa *survey* lengkap

terhadap peningkatan kecepatan konvergensi *OSPF* dan perluasan *OSPF* integrasi *mobile ad-hoc network* dengan jaringan konvensional (Goyal dkk., 2012).

- b. Jurnal *IJREAS*, Vol. 2, issue 2, pp. 633-640.

Peneliti : *Dubey, Archana; Makloha, Sushma; Sarwar, Saoud.*

Judul : *Implementation, Analysis & Comparison of Routing Protocol (RIP & OSPF) Using Network Simulator Education Version Opnet.*

Penelitian ini melakukan studi perbandingan hasil efisiensi, *throughput*, *delay*, dan *failure* dengan melakukan improvisasi terhadap parameter tersebut (Dubey dkk., 2012).

3. Tahun 2011

- a. Jurnal *IJCA (0975-8887)*, Vol. 26, No. 3.

Peneliti : *Yehia, Mohamad A.; Aziz, Mohammed S.; Elsayed, Hussein A.*

Judul : *Analysis of IGP Routing Protocols for Real Time Applications: A Comparative Study.*

Penelitian ini melakukan studi perbandingan performansi *RIP*, *OSPF*, dan *EIGRP* serta melakukan studi terhadap efek pembagian *OSPF area* pada *QoS VOIP*. Penelitian ini menghasilkan analisis performansi *RIP*, *OSPF*, dan *EIGRP* dengan parameter durasi konvergensi, *traffic sent*, *end to*

end delay dan variasi *delay*, *utilization*, dan *packet loss* (Yehia dkk., 2011).

4. Tahun 2010

- a. Publikasi konferensi *IEEE, High Performance Switching and Routing (HPSR)*, pp. 100-106.

Peneliti : Robertson, Glenn; Bedenbaugh, James;
Nelakuditi, Srihari.

Judul : *Fast convergence with fast reroute in IP networks*.

Penelitian ini melakukan pengamatan terhadap rute paket saat terjadi kegagalan *link*. Penelitian ini menghasilkan usulan pendekatan alternatif *fast convergence with fast reroute (FCFR)* dengan mengevaluasi performansinya dan hasil perbandingan menunjukkan bahwa *overhead* per paket jauh lebih sedikit (Robertson dkk., 2010).

5. Tahun 2007

- a. Jurnal *IJCSA IEEE, Vol 4, No. 1*, pp. 53-68.

Peneliti : Eramo, Vincenzo; Listanti, Marco; Cianfrani, Antonio.

Judul : *OSPF Performance and Optimization of Open Source Routing Software*.

Penelitian ini membangun *test-bed* dan melakukan pengukuran waktu *switching* pada *router* berbasis *PC* dan

aplikasi *routing open source*. Hasil yang diperoleh menunjukkan jika *software open source routing* dioptimalkan, *router* berbasis *PC* melakukan *switching* yang lebih baik dari *router* komersial *cisco 2801* (Eramo dkk., 2007).

- b. Publikasi konferensi *IEEE, Broadband communications, network and systems*, pp. 863-872.

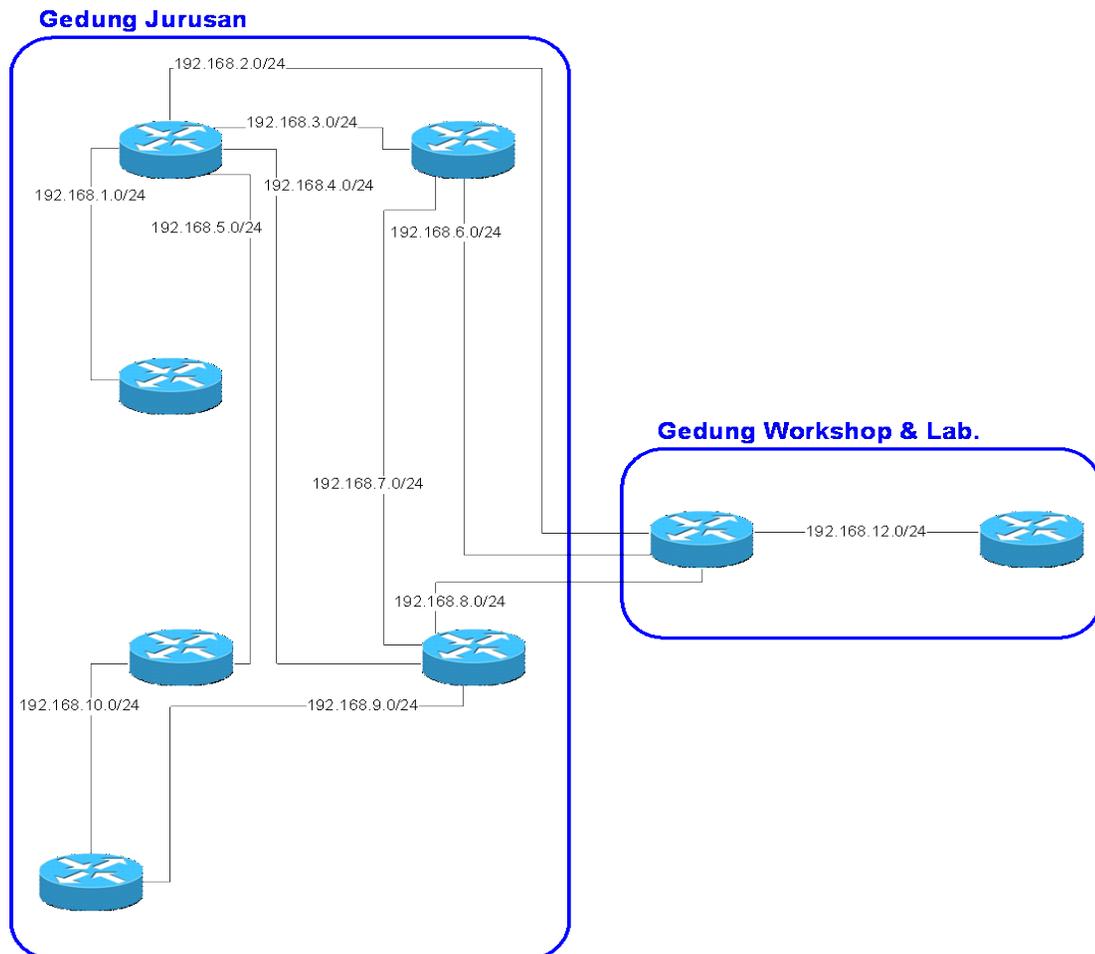
Peneliti : *Goyal, M.; Xie, W.; Soperi, M.; Hosseini, S.H.; Vairavan, K.*

Judul : *Scheduling routing table calculations to achieve fast convergence in OSPF protocol.*

Penelitian ini melakukan pengujian permasalahan penjadwalan *routing table update* pada protokol *link-state* dengan menganalisis skema dasar *hold time* dan menawarkan pendekatan alternatif yang disebut korelasi *LSA* kemudian membandingkannya dengan skema *hold time* (Goyal dkk., 2007).

C. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual menjelaskan tentang proses konvergensi protokol *OSPF routing* berdasarkan model *prototyping*. Studi topologi jaringan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Kerangka konseptual studi topologi jaringan

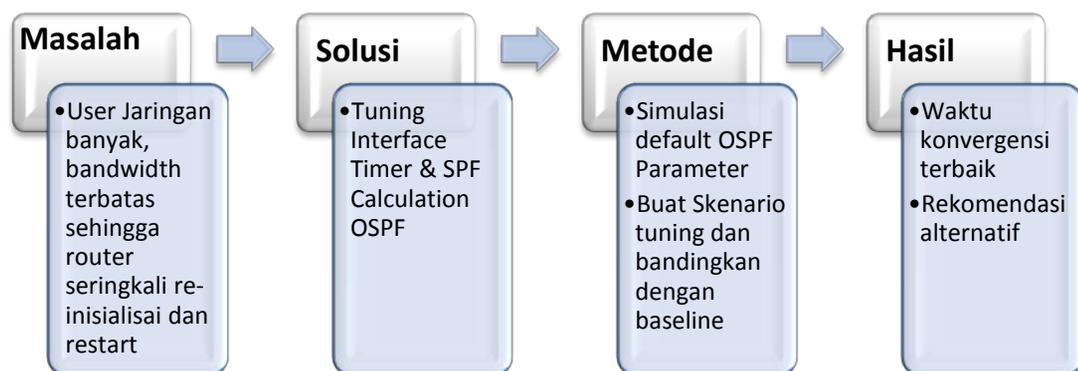
Gambar 4 merupakan *layout* implisit gedung Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado dan topologi fisik implementasi protokol *OSPF routing*.

Kerangka konseptual untuk menyelesaikan penelitian ini dengan membuat *baseline* skenario yang merupakan *default OSPF* sesuai studi topologi dan melakukan pengujian dengan membuat beberapa kombinasi skenario untuk membandingkan hasil waktu konvergensi protokol *OSPF routing*.

D. Hipotesis

Pengujian sistem menggunakan metode *blackbox* pada protokol *OSPF routing* yang didukung dengan beberapa skenario yang disimulasikan secara simultan terurut akan mendapatkan akurasi waktu konvergensi yang lebih baik.

E. Alur Penelitian



Gambar 5. Alur penelitian