JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BIAYA PADA *PROSES EQUAL-COST MULTIPATH* DAN *ASYMMETRIC PATH* PADA *ROUTING OSPF*

Rama Muhardi[1*], Ilham Faisal[2], Divi Handoko[3]

1,2,3) Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Indonesia

*Coresponding Email: **ramamuhardi@gmail.com**

Abstrak

Open Shortest Path First (OSPF) merupakan salah satu protokol routing dinamis yang paling umum digunakan dalam jaringan komputer. Salah satu fitur penting dalam OSPF adalah Equal Cost Multipath (ECMP), yang memungkinkan penggunaan beberapa jalur dengan biaya (cost) yang sama untuk mendistribusikan lalu lintas jaringan secara seimbang. Namun, perubahan cost yang terjadi pada jalur tersebut dapat memengaruhi kinerja routing, terutama ketika terjadi kondisi asymmetric path. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan cost terhadap proses routing pada ECMP dan asymmetric path dalam OSPF. Metodologi yang digunakan meliputi simulasi jaringan menggunakan perangkat lunak simulasi untuk mengukur performa jaringan berdasarkan metrik-metrik seperti throughput, latency, dan packet loss dalam berbagai skenario perubahan cost. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan cost yang tidak seimbang pada jalur ECMP dapat menyebabkan ketidakseimbangan lalu lintas, peningkatan latency, dan penurunan throughput. Selain itu, kondisi asymmetric path juga menunjukkan adanya degradasi kinerja yang signifikan dibandingkan dengan kondisi jalur simetris. Temuan ini memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana parameter cost dalam OSPF memengaruhi kinerja routing, serta memberikan rekomendasi untuk pengelolaan cost yang optimal guna memastikan distribusi lalu lintas yang efisien di jaringan yang menggunakan OSPF.

Kata Kunci: Equal cost, Routing, Asymetric path, Packet loss, Latency.

Abstract

Open Shortest Path First (OSPF) is one of the most widely used dynamic routing protocols in computer networks. A key feature of OSPF is Equal Cost Multipath (ECMP), which allows the use of multiple paths with equal cost to distribute network traffic evenly. However, changes in cost on these paths can affect routing performance, especially under asymmetric path conditions. This study aims to analyze the impact of cost changes on the routing process in ECMP and asymmetric paths within OSPF. The methodology includes network simulations using simulation software to measure network performance based on metrics such as throughput, latency, and packet loss under various cost change scenarios. The results show that unbalanced cost changes in ECMP paths can lead to traffic imbalance, increased latency, and reduced throughput. Additionally, asymmetric path conditions show significant performance degradation compared to symmetric paths. These findings provide deeper insights into how cost parameters in OSPF influence routing performance, as well as recommendations for optimal cost management to ensure efficient traffic distribution in networks utilizing OSPF.

Keywords: Equal cost, Routing, Asymetric path, Packet loss, Latency.

PENDAHULUAN

Routing merupakan salah satu elemen kunci dalam jaringan komputer yang menentukan bagaimana data dikirimkan dari satu titik ke titik lainnya melalui

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

jaringan(Setiawan, 2022). Protokol routing seperti *Open Shortest Path First* (OSPF) digunakan untuk menentukan jalur terbaik atau tercepat untuk mengirimkan data berdasarkan kriteria tertentu, seperti *cost* atau jarak(Aulia et al., 2024).

Dalam konteks OSPF, terdapat dua pendekatan utama dalam penentuan jalur yang mempengaruhi cara lalu lintas jaringan dialokasikan: *equal cost multipath* (ECMP) dan *asymmetric path* (Faliq & others, 2024). ECMP memungkinkan penggunaan lebih dari satu jalur dengan *cost* yang sama untuk mengirimkan lalu lintas secara merata, sementara *asymmetric path* memungkinkan penggunaan jalur dengan *cost* yang berbeda tergantung pada arah tujuan atau karakteristik jaringan(Pratama, 2021).

Perubahan *cost* pada jalur-jalur yang terlibat dalam routing OSPF dapat memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi dan kinerja jaringan. Pengaruh dari perubahan *cost* terhadap proses ECMP dan *asymmetric path* belum sepenuhnya dipahami dengan baik, terutama dalam konteks jaringan yang dinamis dan kompleks(Bernadus et al., 2022). *Equal Cost Multipath* (ECMP): Teknik ini memungkinkan pengiriman lalu lintas jaringan melewati beberapa jalur dengan *cost* yang sama. Dalam konteks OSPF, ini berarti router dapat mengalokasikan lalu lintas secara merata ke berbagai jalur dengan *cost* yang identik(Pakiding et al., 2021). *Asymmetric path*: Kontras dengan ECMP, teknik ini memungkinkan router untuk memilih jalur dengan *cost* yang berbeda tergantung pada arah tujuan atau karakteristik jaringan lainnya(Coccia, 2020). Ini dapat mengarah pada situasi di mana lalu lintas mengalir lebih banyak melalui satu jalur daripada yang lain, yang mungkin lebih efisien tergantung pada kondisi jaringan(Xiao et al., 2020).

Penelitian ini mengeksplorasi bagaimana perubahan *cost* pada OSPF mempengaruhi kinerja kedua teknik tersebut dalam konteks jaringan yang kompleks. Beberapa aspek yang mungkin dianalisis termasuk: *Throughput:* Bagaimana perubahan *cost* memengaruhi total lalu lintas yang dapat ditangani oleh jaringan menggunakan ECMP dan *Asymmetric path*. Latensi: Apakah perubahan *cost* mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk paket data sampai ke tujuan akhir. Kestabilan Jaringan: Dampak perubahan *cost* terhadap stabilitas dan kehandalan jaringan dalam konteks kedua teknik routing ini. Pemilihan Jalur: Bagaimana router memilih jalur dengan perubahan *cost*, dan apakah keputusan ini mempengaruhi distribusi lalu lintas

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

secara merata atau lebih cenderung mengarahkan lalu lintas melalui jalur yang lebih efisien.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap pengaruh perubahan *cost* pada proses ECMP dan *asymmetric path* dalam routing OSPF. Dengan mempertimbangkan berbagai skenario perubahan *cost* yang mungkin terjadi, penelitian ini akan mengidentifikasi bagaimana kedua teknik ini mengelola alokasi lalu lintas, pengaruhnya terhadap throughput, latensi, stabilitas jaringan, serta pengambilan keputusan routing secara umum.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik dalam pemilihan strategi routing yang optimal untuk berbagai jenis jaringan, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan dan peningkatan protokol OSPF untuk mendukung kebutuhan jaringan yang semakin kompleks dan dinamis.

KAJIAN TEORI

Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah kumpulan komputer dan perangkat lainnya yang saling terhubung, sehingga memungkinkan komunikasi dan berbagi sumber daya(Antariksa & Aranta, 2022). Berikut adalah beberapa konsep dasar dalam jaringan komputer:

1. Jenis Jaringan
   - LAN (Local Area Network): Jaringan yang mencakup area geografis kecil, seperti kantor atau rumah.
   - WAN (Wide Area Network): Jaringan yang mencakup area geografis yang luas, seperti negara atau benua.
   - MAN (Metropolitan Area Network): Jaringan yang mencakup area geografis menengah, seperti kota (Diminich et al., 2024).
2. Topologi Jaringan
   - Bus: Semua perangkat terhubung pada satu kabel utama.
   - Ring: Semua perangkat terhubung dalam bentuk cincin.
   - Star: Semua perangkat terhubung ke satu titik pusat atau hub.
   - Mesh: Semua perangkat terhubung satu sama lain (Romadhondaru & Basuki,

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

2022).

3. Protokol Jaringan
   - TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol): Protokol utama yang digunakan di internet untuk mengatur aliran data.
   - HTTP (Hypertext Transfer Protocol): Protokol yang digunakan untuk mengakses halaman web.
   - FTP (File Transfer Protocol): Protokol yang digunakan untuk mentransfer file antara komputer(Fauzan et al., 2022).
4. Perangkat Jaringan
   - Router: Perangkat yang mengatur lalu lintas data antara jaringan.
   - Switch: Perangkat yang menghubungkan perangkat dalam jaringan dan mengarahkan data ke tujuan yang tepat.
   - Hub: Perangkat yang menghubungkan beberapa perangkat dalam jaringan, tetapi tidak seefisien switch (Amin et al., 2020).
5. Keamanan Jaringan
   - Firewall: Sistem keamanan yang mengontrol akses masuk dan keluar jaringan.
   - Antivirus: Perangkat lunak yang melindungi jaringan dari serangan virus.
   - Encryption: Proses mengamankan data sehingga hanya dapat dibaca oleh penerima yang berwenang (Kannan, 2024).

IP Address

IP address, atau alamat IP, adalah angka unik yang diberikan kepada setiap perangkat yang terhubung ke jaringan komputer yang menggunakan Internet Protocol untuk komunikasi(Sasra & Hadi, 2024). Alamat IP berfungsi sebagai pengenal unik untuk setiap perangkat, memungkinkan perangkat tersebut untuk menerima dan mengirim data dalam jaringan(Heryana et al., 2023).

Beberapa jenis IP Address(Sasra & Hadi, 2024):

1. IPv4 (Internet Protocol version 4) : Format: Alamat IPv4 terdiri dari 32 bit dan biasanya ditulis dalam format desimal berpisah titik, misalnya 192.168.0.1. Jumlah: IPv4 menyediakan sekitar 4,3 miliar alamat unik

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

2. IPv6 (Internet Protocol version 6): Format: Alamat IPv6 terdiri dari 128 bit dan ditulis dalam format heksadesimal, misalnya 2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334. Jumlah: IPv6 menyediakan sejumlah besar alamat, yaitu sekitar 340 undecillion (10^36) alamat unik.

Routing OSPF

OSPF (*Open Shortest Path First*) adalah protokol routing yang digunakan dalam jaringan komputer untuk menemukan jalur terbaik bagi paket data untuk mencapai tujuan mereka(Wahyudi et al., 2023). OSPF adalah salah satu dari beberapa protokol routing yang digunakan di dalam jaringan besar seperti internet dan intranet. Berikut adalah beberapa konsep dasar terkait OSPF(Triwerdaya et al., 2020).

Berikut adalah Karakteristik OSPF(Miswar et al., 2023):

1. Protokol Link-State: OSPF adalah protokol routing link-state yang berarti setiap router dalam jaringan mengetahui struktur keseluruhan jaringan dan menggunakan informasi ini untuk membuat keputusan routing.
2. Interior Gateway Protocol (IGP): Digunakan dalam satu organisasi atau sistem otonom (AS) untuk routing internal.
3. Open Standard: OSPF adalah protokol terbuka yang dikembangkan oleh Internet Engineering Task Force (IETF) dan bukan proprietary seperti beberapa protokol lainnya.

Keuntungan OSPF(Nurdiansyah et al., 2020):

1. Konvergensi Cepat: OSPF cepat beradaptasi terhadap perubahan topologi jaringan.
2. Mendukung VLSM (Variable Length Subnet Mask): Fleksibilitas dalam pembagian subnet.
3. Multipath Equal-Cost: Mendukung multiple paths dengan cost yang sama, memungkinkan load balancing.

Cost OSPF

Cost dalam OSPF (*Open Shortest Path First*) adalah metrik yang digunakan untuk menentukan jalur terbaik untuk mengirimkan paket data. Berikut adalah beberapa konsep dasar terkait Cost dalam OSPF(Wahyudi & Firmansyah, 2022). Cost: Adalah nilai numerik yang

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

digunakan oleh OSPF untuk menentukan jalur terpendek dalam jaringan. Cost ini bisa dihitung berdasarkan bandwidth dari link yang digunakan. Formula Cost: OSPF biasanya menggunakan formula berikut untuk menghitung cost dari sebuah link: $$ \text{Cost} = \frac{\text{Referensi Bandwidth}}{\text{Bandwidth Link}} $$ Di mana referensi bandwidth default adalah 100 Mbps. Default Referensi Bandwidth: Biasanya diatur sebesar 100 Mbps. Ini berarti link dengan bandwidth 100 Mbps akan memiliki cost sebesar 1(Parenreng et al., 2024).

Penggunaan cost dalam routing, *Equal Cost Multipath* (ECMP): Jika ada beberapa jalur dengan cost yang sama, OSPF dapat menggunakan semua jalur tersebut untuk melakukan load balancing. Asymmetric Path: Perubahan cost dapat menyebabkan jalur yang asimetris, di mana jalur forward dan backward bisa berbeda(Bernadus et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Perubahan cost dalam jaringan OSPF dapat mempengaruhi distribusi lalu lintas dan kinerja jaringan secara keseluruhan. Penting untuk memahami bagaimana perubahan ini berdampak pada ECMP dan Asymmetric Path untuk mengoptimalkan kinerja jaringan. Pada analisa ini penting untuk mengidentifikasi pengaruh perubahan cost terhadap kinerja jaringan pada implementasi ECMP dalam OSPF. Kemudian perlu untuk mengkaji pengaruh perubahan cost terhadap kinerja jaringan pada implementasi Asymmetric Path dalam OSPF. Kemudian membandingkan kinerja antara ECMP dan Asymmetric Path dalam OSPF berdasarkan perubahan cost.

Analisa yang dilakukan dalam membangun jaringan OSPF ini adalah bagaimana bentuk dan topologi jaringan yang akan dirancang. Topologi tersebut dirancang agar hasil penelitian sesuai dengan tujuan dari penelitian tersebut yakni mengukur sejauh mana pengaruh perubahan cost terhadap jalur yang dipilih oleh protokol routing OSPF dalam meneruskan paket data dalam jaringan. Dalam membangun jaringan tersebut peneliti menggunakan beberapa perangkat kebutuhan seperti hardware dan software untuk membangun simulasi jaringan yang diuji coba. Kebutuhan perangkat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan perangkat lunak jaringan :Perangkat lunak jaringan yang diubutuhkan pada penelitian ini adalah simulator cicso packet trace versi 6 atau versi 7. Sistem

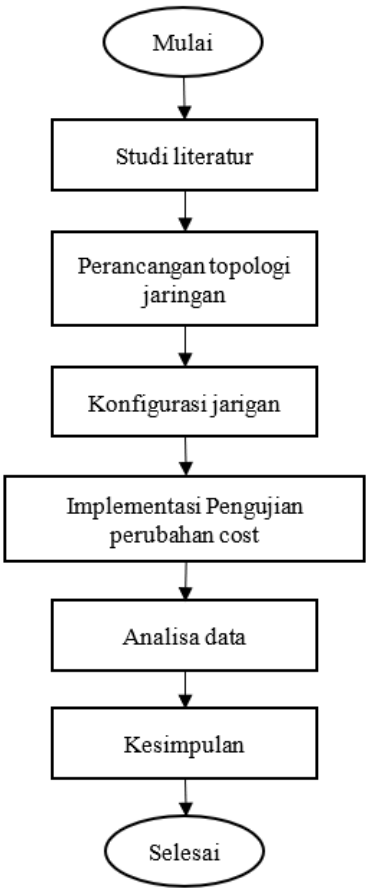
© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

operasi yang digunakan pada komputer minimal windows 7 agar dapat support terhadap simulator jaringan.

2. Kebutuhan perangkat keras jaringan: Perangkat keras jaringan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah perangkat PC/Laptop yang mendukung windows 7 dan versi diatasnya

Dalam melakukan analisa penelitian ini penulis melakukan beberapa tahapan yang tertuang dalam metode penelitian. Metode penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai proses penelitian yang penulis lakukan dari awal sampai selesai. Diharapkan dengan metode penelitian ini penulis dapat memberikan penjelasan kepada pembaca mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Berikut alur penelitian yang penulis lakukan.



Gambar 1. Alur penelitian

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

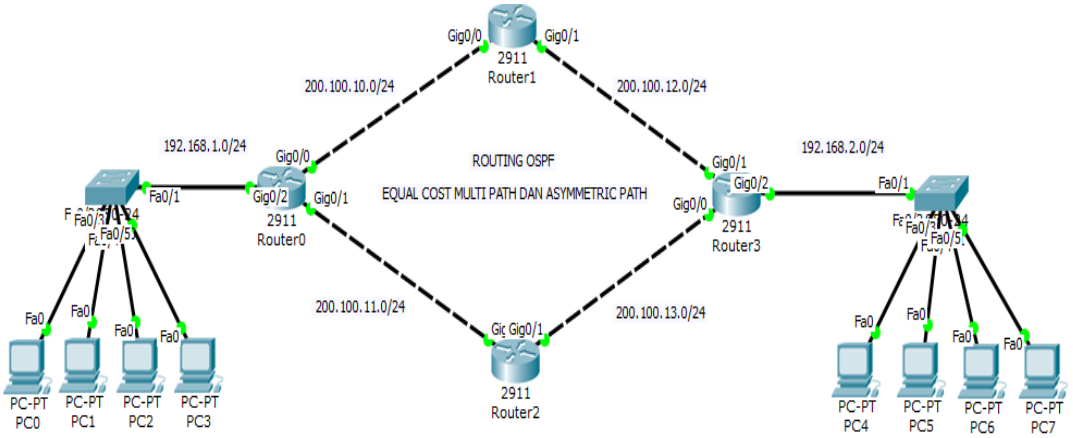
Berikut penjelasan dari alur penelitian tersebut diatas:

1. Studi Literatur yakni memahami dasar teori mengenai OSPF, ECMP, dan Asymmetric Path. Kemudian mengkaji penelitian terdahulu terkait pengaruh perubahan cost dalam routing serta konfigurasi mengenai routing dan kebutuhan lainnya.
2. Perancangan topologi jaringan yakni mendesain topologi jaringan simulasi menggunakan perangkat lunak Cisco Packet Tracer. Kemudian membuat jaringan yang dapat membentuk skenario utama yakni ECMP dan untuk Asymmetric Path.
3. Konfigurasi Jaringan meliputi konfigurasi router dengan protokol OSPF. Kemudian konfigurasi perangkat PC yang terhubung dengan router.
4. Implementasi pengujian perubahan cost pada skenario ECMP dan Asymmetric Path dengan berbagai perubahan cost pada jalur yang berbeda. Melakukan uji coba jaringan dengan perubahan cost yang terukur. Mengumpulkan data kinerja jaringan seperti latency, throughput, packet loss, dan utilization.
5. Analisis Data yakni melakukan analisis data kinerja jaringan untuk kedua skenario. Membandingkan hasil kinerja ECMP dan Asymmetric Path berdasarkan parameter yang telah ditentukan.
6. Kesimpulan dan Rekomendasi Menyimpulkan pengaruh perubahan cost pada ECMP dan Asymmetric Path dalam OSPF. Memberikan rekomendasi berdasarkan hasil analisis.

Selanjutnya akan dilakukan rancangan jaringan sesuai dengan kebutuhan. Setelah melakukan analisa terhadap kebutuhan selanjutnya penulis merancang jaringan dengan bentuk sebagai berikut:

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis



Gambar 2. Skema jaringan

Berikut merupakan penjelasan dan konfigurasi dari skema jaringan diatas:

Tabel 1. Spesifikasi perangkat jaringan

No	Nama Perangkat	Interface	Fungsi
1	Router 0	Gigabitethernet0/0 Gigabitethernet0/1 Gigabitethernet0/2	IP: 200.100.10.1/24 IP: 200.100.11.1/24 IP: 192.168.1.1/24
2	Router 1	Gigabitethernet0/0 Gigabitethernet0/1	IP: 200.100.10.2/24 IP: 200.100.12.1/24
3	Router 2	Gigabitethernet0/0 Gigabitethernet0/1	IP: 200.100.11.2/24 IP: 200.100.13.1/24
4	Router 3	Gigabitethernet0/0 Gigabitethernet0/1 Gigabitethernet0/2	IP: 200.100.12.2/24 IP: 200.100.13.2/24 IP: 192.168.2.1/24
5	PC0 – PC3	Interface	IP: 192.168.2.2/24 SM: 255.255.255.0 GW: 192.168.2.1/24
6	PC4 – PC7	Interface	IP: 192.168.1.2/24 SM: 255.255.255.0 GW: 192.168.1.1/24

Setelah melakukan analisa terhadap perangkat dan IP address untuk setiap perangkat selanjutnya dilakukan konfigurasi untuk setiap router dan PC client.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menguji dua teknik routing OSPF, yaitu Equal Cost Multipath (ECMP) dan Asymmetric Path, untuk mengeksplorasi pengaruh perubahan cost pada berbagai jalur terhadap distribusi lalu lintas dan kualitas layanan (QoS) dalam jaringan kompleks.

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

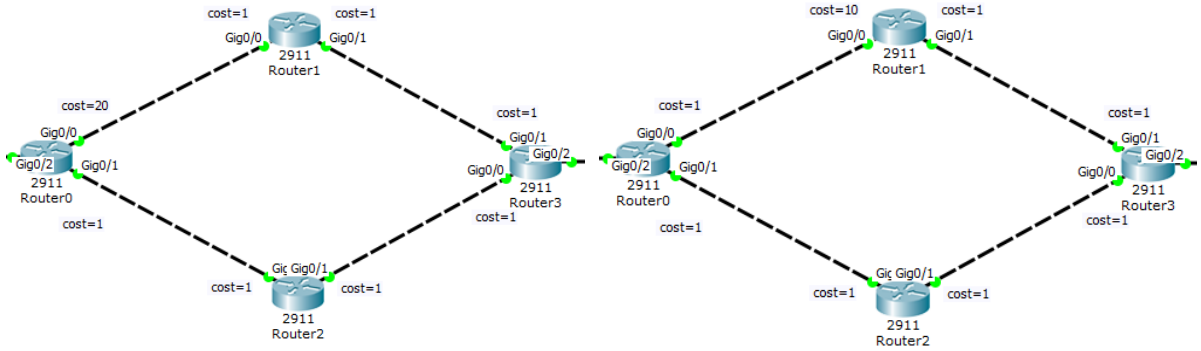
Pengujian dilakukan antara perangkat PC dan router dengan hasil sebagai berikut:

1. PC0 ke Router 0: Rata-rata waktu ping 3 ms.
2. PC0 ke Router 1: Rata-rata waktu ping 0 ms.
3. PC0 ke Router 2: Rata-rata waktu ping 0 ms.
4. PC0 ke Router 3: Rata-rata waktu ping 0 ms.
5. PC4 ke Router 2: Rata-rata waktu ping 0 ms.
6. PC4 ke Router 1: Rata-rata waktu ping 1 ms.
7. PC4 ke Router 0: Rata-rata waktu ping 0 ms.
8. PC4 ke Router 3: Rata-rata waktu ping 2 ms.

Pengujian koneksi routing OSPF untuk setiap router menggunakan perintah traceroute menunjukkan hasil yang baik dengan rata-rata waktu 0 ms pada jaringan IP tertentu..

Implementasi perubahan cost pada interface mengakibatkan perubahan jalur yang digunakan dalam routing:

1. Router 0: Perubahan cost interface gig0/0 dari 1 menjadi 20 mengubah jalur hanya melalui 200.100.11.2.
2. Router 1: Perubahan cost interface gig0/0 dari 1 menjadi 10 mempengaruhi jalur router 3 dalam meneruskan balasan paket data.



a. Merubah cost interface gig0/0 router 0 b. Merubah cost router 1

Gambar 3. Perubahan Cost

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan cost pada interface routing OSPF mempengaruhi distribusi lalu lintas dan jalur yang digunakan dalam jaringan. Teknik ECMP dan Asymmetric Path dapat diimplementasikan untuk mengoptimalkan kinerja jaringan.

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

SIMPULAN

Penelitian ini mengkaji implementasi dan analisis pengaruh perubahan biaya (cost) pada proses Equal Cost Multipath (ECMP) dan asymmetric path dalam routing Open Shortest Path First (OSPF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ECMP efektif dalam menyeimbangkan beban trafik antar jalur dengan biaya yang sama, sehingga meningkatkan kinerja jaringan melalui distribusi trafik yang lebih merata dan mengurangi kemacetan. Namun, perubahan biaya pada OSPF memengaruhi pemilihan jalur dan distribusi trafik, dengan perubahan biaya yang besar dapat menyebabkan fluktuasi dalam pemilihan jalur dan ketidakstabilan sementara dalam jaringan. Penelitian juga menemukan bahwa asymmetric path, di mana jalur dari titik A ke B berbeda dengan jalur kembali, dapat mempengaruhi kinerja dan efektivitas routing, terutama dalam manajemen trafik dan pengendalian beban. Meskipun OSPF mampu menangani asymmetric path, adanya ketidakseimbangan dalam jalur dapat mengakibatkan distribusi trafik yang tidak optimal. Oleh karena itu, meskipun OSPF dan ECMP memberikan fondasi yang kuat untuk manajemen routing, penyesuaian algoritma mungkin diperlukan untuk menangani skenario dengan perubahan biaya yang dinamis dan asymmetric path secara lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, M., Muslim, S., & Wirasti, M. K. (2020). Modul pembelajaran hypercontent pengenalan perangkat jaringan komputer untuk mahasiswa asal daerah 3T di STKIP surya. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, *9*(2), 228–242.

Antariksa, M. D. S., & Aranta, A. (2022). Analisis Jaringan Komputer Local Area Network (LAN) Di Rumah Sakit UNRAM. *Jurnal Begawe Teknologi Informasi (JBegaTI)*, *3*(2).

Aulia, R., Liza, R., & Dafitri, H. (2024). Analisis Routing Loop dalam Open Shortest Path First (OSPF) Routing Menggunakan Teknik Spanning Tree di Jaringan Multi Area. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, *2*(4), 158–168.

Bernadus, I. N., Rahayu, P. W., Ardiada, I. M. D., & others. (2022). Load Balance Design Using Ecmp (Equal Cost Multi Path) Method on Mikrotik Routerboard 750Gr3. *J-Icon: Jurnal Komputer Dan Informatika*, *10*(2), 137–142.

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

Coccia, M. (2020). Asymmetry of the technological cycle of disruptive innovations. *Technology Analysis \& Strategic Management*, *32*(12), 1462–1477.

Diminich, M., Inchingolo, P., Magliacca, F., & Martinolli, N. (2024). Versatile and open tools for LAN, MAN and WAN communications with PACS. *WIT Transactions on Biomedicine and Health*, *1*.

Faliq, M. N., & others. (2024). *Analisis Kinerja Protokol Routing OSPF Menggunakan Controller RYU dan OpenDaylight Pada Jaringan Software Defined Network (SDN)= Performance Analysis of OSPF Routing Protocol Using RYU and OpenDaylight Controllers on Software Defined Networks (SDN)*. Universitas Hasanuddin.

Fauzan, M. R. I. R., Hanafi, U. B., & Irfan, T. (2022). Implementasi TLS Sebagai Metode Keamanan Protokol Jaringan Pada MQTT Berbasis Raspberry PI. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, *13*(01), 167–174.

Heryana, N., Kom, M., Erkamim, M., Kom, S., Kom, M., Afif Zuhri Arfianto, S., Susilo, I. D., Kom, M., Firdhaus Hari, S. A. H., Fitriyadi, F., & others. (2023). *Pengenalan Dasar Jaringan Komputer*. CV Rey Media Grafika.

Kannan, Y. (2024). AI AND MACHINE LEARNING FOR NETWORK SECURITY: APPLICATIONS AND CASE STUDIES. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE \& MACHINE LEARNING (IJAIML)*, *3*(02), 1–13.

Miswar, N., Herman, H., & Riadi, I. (2023). Comparing the Performance of Ospf and Ospf-Mpls Routing Protocol in Forwarding Tcp and Udp Packet. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, *4*(5), 1237–1247.

Nurdiansyah, Y., Pratama, N., Putra, M. I., & Sya'roni, M. A. (2020). Analisis Perbandingan Metode Interior Gateway Protocol RIP Dengan OSPF Pada Jaringan MPLS-VPLS. *INFORMAL: Informatics Journal*, *5*(2), 49–56.

Pakiding, R., Iswahyudi, C., & Ariyana, R. Y. (2021). Simulasi Perbandingan Load Balancing Dengan Metode PCC, ECMP, Dan NTH Menggunakan Gns3. *Jurnal Jarkom*, *9*(1), 29.

Parenreng, J. M., Kaswar, A. B., & others. (2024). Optimasi Kinerja Routing Dinamis Menggunakan Algoritma Open Shortest Path First (OSPF) dalam Topologi Mesh pada Jaringan LAN. *JIMU: Jurnal Ilmiah Multidisipliner*, *2*(04), 1081–1094.

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

JUDIS
Jurnal Multidisiplin Dan Sains
Vol. 1 No. 2 Maret 2025, pp. 173-185
https://jurnal.compartdigital.com/index.php/judis

Pratama, A. (2021). *Penerapan Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) pada Jaringan Semesta Group*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Romadhondaru, R. J., & Basuki, A. (2022). Visualisasi Topologi Jaringan berdasarkan Data Routing Border Gateway Protocol. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *6*(9), 4329–4338.

Sasra, A. P., & Hadi, A. (2024). Perancangan Sistem Informasi Pendataan Ip Address Pada PT. KAI (Persero) Divre II Sumbar Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel. *JEKIN-Jurnal Teknik Informatika*, *4*(2), 49–56.

Setiawan, R. (2022). Analisis Kinerja Routing Rip Dan Eigrp Pada Topologi Ring Dan Mesh Menggunakan Simulator Gns 3. *Jurnal Teknologi Pintar*, *2*(5).

Triwerdaya, A., Nugrahadi, D. T., Masdadi, M. I., Budiman, I., & Arrahimi, A. R. (2020). IMPLEMENTATION OF LOAD BALANCE EQUAL COST MULTI PATH (ECMP) BETWEEN ROUTING PROTOCOL BORDER GATEWAY PROTOCOL (BGP) AND OPEN SHORTEST PATH FIRST (OSPF) USING DUAL CONNECTION. *Journal of Data Science and Software Engineering*, *1*(02), 110–118.

Wahyudi, M., & Firmansyah, F. (2022). Analisis Performa Open Shortest Path First Load Balancing dengan Metode Cost Manipulation. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, *21*(3), 555–566.

Wahyudi, M., Sandi, T. A. A., Bismi, W., Rahardja, U., Pujiastuti, L., & others. (2023). Performance analysis of open shortest path first multiarea using virtual link method. *2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1–5.

Xiao, P., He, J., Ni, F., Zhang, C., Liang, Y., Zhou, W., Gu, J., Xia, J., Kuo, S.-W., & Chen, T. (2020). Exploring interface confined water flow and evaporation enables solar-thermal-electro integration towards clean water and electricity harvest via asymmetric functionalization strategy. *Nano Energy*, *68*, 104385.

© 2025 Segala bentuk plagiarisme dan penyalahgunaan hak kekayaan intelektual yang diterbitkan sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.