



PERANCANGAN JARINGAN ZERO LINK FAILURE PADA LAYER 2

Samuel Aras Michael¹, Boy Yuliadi²

^{1,2} Universitas Dian Nusantara, (Jakarta, 11470)

* Email Korespondensi: 411211123@mahasiswa.undira.ac.id, boy.yuliadi@undira.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Tgl. 13/09/2025
Diperbaiki Tgl. 25/12/2025
Disetujui Tgl. 28/12/2025
Tersedia daring Tgl. 01/05/2026



e-ISSN 2961-9009
p-ISSN 2963-1289

DOI:


<https://doi.org/10.64626/jukomtek.v5i1.480>

Abstract: High network availability is a primary requirement in modern enterprise environments, but disruptions due to link failures often hamper smooth operations. This study aims to design a Layer 2 network with Spanning Tree Protocol (STP) and EtherChannel technology to realize the concept of zero link failure, namely a network that is able to maintain connectivity automatically when a link failure occurs. The research method used is an experimental approach with Cisco Packet Tracer as a testing medium and network traffic analysis using Wireshark. The research process follows the PPDIIO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize) stages which begin with an analysis of network requirements at PT. XYZ, topology design, and STP and EtherChannel configuration simulations to increase redundancy and bandwidth capacity. The simulation results show that this network design is able to maintain connectivity even if a failure occurs on one of the physical paths with a recovery time of less than 5 seconds, as well as significantly increasing network stability and throughput. The implementation of STP prevents looping, while EtherChannel combines multiple physical links into a single logical link that is resilient to failure. Although limited to simulation, this research provides practical solution recommendations for improving the reliability of Layer 2 networks at an enterprise scale. Further testing on real-world devices is highly recommended for validation and development of future implementations..

Keywords:

Zero Link Failure, Layer 2, Spanning Tree Protocol, EtherChannel, Network Redundancy.

Abstrak: Ketersediaan jaringan yang tinggi merupakan kebutuhan utama dalam lingkungan perusahaan modern, namun gangguan akibat kegagalan link sering kali menghambat kelancaran operasional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan Layer 2 dengan teknologi Spanning Tree Protocol (STP) dan EtherChannel guna mewujudkan konsep zero link failure, yaitu jaringan yang mampu mempertahankan konektivitas secara otomatis ketika terjadi kegagalan link. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental dengan Cisco Packet Tracer sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan Wireshark. Proses penelitian mengikuti tahapan PPDIIO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize) yang dimulai dengan analisis kebutuhan jaringan di PT. XYZ, perancangan topologi, hingga simulasi konfigurasi STP dan EtherChannel untuk meningkatkan redundansi dan kapasitas bandwidth. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan jaringan ini mampu menjaga konektivitas meskipun terjadi

	<p>kegagalan pada salah satu jalur fisik dengan waktu pemulihan kurang dari 5 detik, serta meningkatkan kestabilan dan throughput jaringan secara signifikan. Implementasi STP mencegah terjadinya looping, sementara EtherChannel menggabungkan beberapa link fisik menjadi satu link logis yang tahan terhadap kegagalan. Walaupun terbatas pada simulasi, penelitian ini memberikan rekomendasi solusi praktis untuk meningkatkan keandalan jaringan Layer 2 pada skala enterprise. Pengujian lebih lanjut pada perangkat nyata sangat disarankan untuk validasi dan pengembangan implementasi berikutnya.</p> <p>Kata Kunci: Zero Link Failure, Layer 2, Spanning Tree Protocol, EtherChannel, Redundansi Jaringan</p>
	<p>©2022. Diterbitkan oleh Jurnal Komputer dan Teknologi (JUKOMTEK). Artikel ini memiliki akses terbuka di bawah lisensi CC BY (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)</p>

PENDAHULUAN

Infrastruktur jaringan komputer memegang peranan yang sangat vital dalam menunjang aktivitas operasional perusahaan, terutama pada perusahaan dengan skala enterprise yang sangat bergantung pada konektivitas data cepat dan tanpa gangguan. Keandalan dan kestabilan jaringan menjadi aspek utama yang menentukan kelancaran proses bisnis (Nurfaishal & Akbar, 2024). Namun, permasalahan yang sering muncul adalah gangguan koneksi akibat kegagalan satu atau beberapa link jaringan yang dapat menyebabkan penurunan performa atau bahkan downtime operasional yang merugikan (Octavian, 2024).

PT. XYZ, sebagai perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan distribusi barang kesehatan, menghadapi masalah serupa, di mana jaringan komputer pada tingkat Layer 2 sering mengalami kendala terkait kegagalan link yang berdampak pada terputusnya komunikasi antar perangkat jaringan. Gangguan ini berpotensi menyebabkan keterlambatan proses produksi dan distribusi yang merugikan perusahaan secara finansial dan operasional (Syahrani & Yuliadi, 2023).

Dalam menghadapi tantangan ini, solusi jaringan yang dapat memberikan redundansi yang tinggi sangat diperlukan untuk memastikan kontinuitas operasional yang stabil. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan Spanning Tree Protocol (STP) dan EtherChannel. Teknologi STP berfungsi untuk mengelola jalur redundan pada jaringan Layer 2, yang dapat mencegah terjadinya looping dan mengurangi potensi gangguan yang disebabkan oleh jalur redundan yang tidak terkendali (Nurfaishal & Akbar, 2024). Sementara itu, EtherChannel digunakan untuk menggabungkan beberapa jalur fisik menjadi satu jalur logis, yang dapat meningkatkan

kapasitas bandwidth sekaligus menyediakan jalur cadangan aktif yang secara otomatis dapat diaktifkan saat salah satu link mengalami gangguan (Octavian, 2024).

Penerapan teknologi STP dan EtherChannel telah terbukti efektif dalam meningkatkan keandalan dan ketersediaan jaringan, khususnya di lingkungan perusahaan yang membutuhkan uptime tinggi dan performa jaringan yang stabil (Mustofa & Ramayanti, 2020). Namun, penerapan kedua teknologi ini masih sering dilakukan secara terbatas, dan belum sepenuhnya dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan operasional di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan jaringan Layer 2 yang mengintegrasikan teknologi Spanning Tree Protocol (STP) dan EtherChannel guna mewujudkan konsep zero link failure. Dengan menggunakan simulasi melalui Cisco Packet Tracer sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan Wireshark, penelitian ini bertujuan untuk menemukan konfigurasi yang optimal yang dapat mempertahankan konektivitas secara otomatis meskipun terjadi kegagalan pada salah satu link jaringan, serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan jalur jaringan yang ada (El Rajab, Yang, & Shami, 2024).

Simulasi ini dipilih sebagai solusi praktis, mengingat keterbatasan waktu dan biaya yang ada untuk melakukan pengujian secara langsung pada perangkat keras fisik. Hasil dari simulasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat tentang keandalan dan performa jaringan yang dirancang, serta menjadi rekomendasi bagi perusahaan seperti PT. XYZ dalam mengimplementasikan solusi jaringan Layer 2 yang adaptif dan tangguh (Hieu & Kitsuwana, 2024).

LANDASAN TEORI

Octavian (2024) melakukan penelitian mengenai penerapan EtherChannel untuk menggabungkan beberapa link fisik menjadi satu link logis dalam jaringan Layer 2. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan EtherChannel mampu meningkatkan kapasitas bandwidth secara signifikan serta menyediakan jalur redundansi yang efektif. Selain itu, EtherChannel juga dapat meningkatkan keandalan jaringan dengan cara memperkecil risiko terjadinya bottleneck atau gangguan akibat kegagalan link.

Penelitian Nurfaishal & Akbar (2024) membahas tentang penerapan Spanning Tree Protocol (STP) untuk mengelola jalur redundan dalam jaringan Layer 2. STP berfungsi untuk mencegah terjadinya looping dan broadcast storm, yang dapat menyebabkan gangguan signifikan pada jaringan. Dalam penelitian mereka, STP terbukti efektif dalam mempercepat waktu pemulihan koneksi dan menjaga kestabilan jaringan, yang sangat penting dalam menjaga performa

jaringan yang andal di lingkungan enterprise.

Studi lain yang dilakukan oleh Octavian (2024) mengenai perancangan jaringan redundansi menggunakan EtherChannel dan HSRP dengan InterVLAN Routing di PLN UID Jakarta Raya membuktikan bahwa integrasi EtherChannel dapat meningkatkan keandalan jaringan dan kapasitas bandwidth. Penelitian ini sangat relevan dengan topik yang dibahas dalam tugas akhir ini, di mana penerapan EtherChannel dan Spanning Tree Protocol diharapkan dapat mencapai tujuan yang sama, yaitu menjaga jaringan tetap stabil meskipun terjadi kegagalan link.

Menurut El Rajab et al. (2024) dalam penelitian mereka yang berjudul Zero-touch networks: Towards next-generation network automation, konsep otomatisasi jaringan dengan zero-touch network automation memberikan pandangan tentang pengelolaan redundansi dan pemulihan otomatis yang relevan dalam konteks zero link failure. Pendekatan ini mengurangi intervensi manual dalam pengelolaan jaringan dan lebih fokus pada otomatisasi dalam menjaga konektivitas yang stabil tanpa gangguan.

Selain itu, Syahrani & Yuliadi (2023) mengkaji penerapan metode NTH untuk load balancing dan failover pada perangkat Mikrotik, yang meskipun tidak langsung menggunakan STP dan EtherChannel, memberikan wawasan tambahan tentang distribusi trafik dan kestabilan jaringan, yang juga dapat diaplikasikan dalam pengelolaan redundansi jaringan di Layer 2.

Integrasi STP dan EtherChannel dalam Jaringan Layer 2

Penggunaan Spanning Tree Protocol dalam jaringan Layer 2 memiliki peran yang sangat penting untuk mencegah terjadinya looping pada jalur redundan. Dengan STP, jaringan akan dapat memilih jalur terbaik dan secara otomatis menonaktifkan jalur lainnya yang dapat menyebabkan masalah broadcast storm dan looping. STP bekerja dengan cara mengubah status port, seperti Root Port dan Designated Port, untuk memastikan bahwa hanya satu jalur yang aktif pada waktu tertentu, sehingga mencegah terjadinya gangguan pada jaringan.

Di sisi lain, EtherChannel bekerja dengan cara menggabungkan beberapa port fisik menjadi satu jalur logis yang lebih efisien dan lebih tahan terhadap gangguan. EtherChannel memberikan kapasitas bandwidth yang lebih besar dan juga meningkatkan redundansi jaringan. Jika satu jalur fisik mengalami gangguan, EtherChannel akan mengalihkan trafik secara otomatis ke jalur fisik lainnya tanpa menurunkan kualitas atau kestabilan jaringan.

Gabungan antara Spanning Tree Protocol dan EtherChannel memberikan solusi yang sangat efektif untuk menciptakan jaringan Layer 2 yang zero link failure, di mana kedua teknologi tersebut bekerja secara sinergis untuk memastikan kestabilan, keandalan, dan pengurangan downtime dalam operasional jaringan.

Konsep Zero Link Failure dalam Jaringan Layer 2

Konsep zero link failure merupakan konsep yang mengutamakan kelangsungan operasional jaringan meskipun terjadi kegagalan pada salah satu jalur fisik. Dalam konteks jaringan Layer 2, penerapan Spanning Tree Protocol dan EtherChannel memungkinkan jaringan untuk secara otomatis mengalihkan trafik ke jalur lain jika terjadi gangguan pada jalur utama. Hal ini tidak hanya meningkatkan redundansi jaringan, tetapi juga memastikan bahwa jaringan tetap stabil dan tidak terjadi downtime yang merugikan operasional perusahaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Octavian (2024) menunjukkan bahwa penggunaan EtherChannel dan STP dalam perancangan jaringan dapat meningkatkan ketahanan terhadap gangguan dan memastikan bahwa jaringan dapat berfungsi dengan baik meskipun terjadi kegagalan link. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa EtherChannel mampu mengoptimalkan penggunaan bandwidth dan meningkatkan kapasitas jaringan secara signifikan.

Dengan menggunakan konsep zero link failure, perusahaan dapat memastikan bahwa jaringan mereka selalu tersedia dan dapat mendukung kegiatan operasional tanpa gangguan berarti, meskipun terjadi kegagalan pada beberapa komponen jaringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengikuti tahapan **PPDIOO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize)**, yang merupakan pendekatan sistematis untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengoptimalkan jaringan komputer. Metode ini dikembangkan oleh Cisco sebagai salah satu *best practice* dalam perencanaan dan manajemen jaringan berskala enterprise (Octavian, 2024). Gambar berikut menunjukkan tahapan **PPDIOO** yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Metode PPDIOO

Berikut adalah penjelasan singkat mengenai setiap tahapan dalam **PPDIOO**:

Prepare (Persiapan)

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan masalah jaringan yang ada, terutama terkait dengan kegagalan link dan kebutuhan redundansi di PT. XYZ. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan studi dokumentasi kondisi jaringan yang ada, sejalan dengan metodologi yang sering digunakan dalam penelitian infrastruktur jaringan (Mustofa & Ramayanti, 2020).

Plan (Perencanaan)

Pada tahap ini, dilakukan perancangan konseptual solusi jaringan. Perencanaan mencakup pemilihan perangkat, teknologi yang digunakan, serta desain topologi yang mendukung redundansi dan *zero link failure*. Rencana pengujian menggunakan Cisco Packet Tracer sebagai media simulasi serta Wireshark sebagai alat analisis lalu lintas jaringan (Syahrani & Yuliadi, 2023).

Design (Perancangan)

Pada tahap ini, dilakukan perancangan topologi jaringan Layer 2 dengan fokus pada konfigurasi **EtherChannel** untuk menggabungkan beberapa jalur fisik dan penerapan **STP** untuk mengelola jalur redundan. Konsep ini mengacu pada penelitian Octavian (2024) dan Nurfaishal & Akbar (2024), yang membuktikan bahwa kombinasi EtherChannel dan STP dapat meningkatkan keandalan serta mengurangi risiko downtime jaringan.

Implement (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan dengan mengonfigurasi perangkat dalam Cisco Packet Tracer dan melakukan analisis lalu lintas menggunakan Wireshark. Simulasi berbasis perangkat lunak banyak digunakan dalam penelitian terdahulu sebagai pendekatan efisien sebelum implementasi pada perangkat fisik (El Rajab, Yang, & Shami, 2024).

Operate (Operasi)

Pada tahap pengoperasian, dilakukan pemantauan dan pengamatan terhadap kinerja jaringan. Simulasi digunakan untuk mengamati bagaimana jaringan berfungsi saat terjadi kegagalan link dan bagaimana STP serta EtherChannel mengelola jalur redundan secara otomatis (Nurfaishal & Akbar, 2024).

Optimize (Optimasi)

Tahap terakhir melibatkan analisis hasil simulasi untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki. Optimalisasi bertujuan meningkatkan efisiensi bandwidth dan mengurangi risiko downtime, sesuai dengan konsep *self-healing network* yang ditekankan pada penelitian zero-

touch automation (El Rajab, Yang, & Shami, 2024).

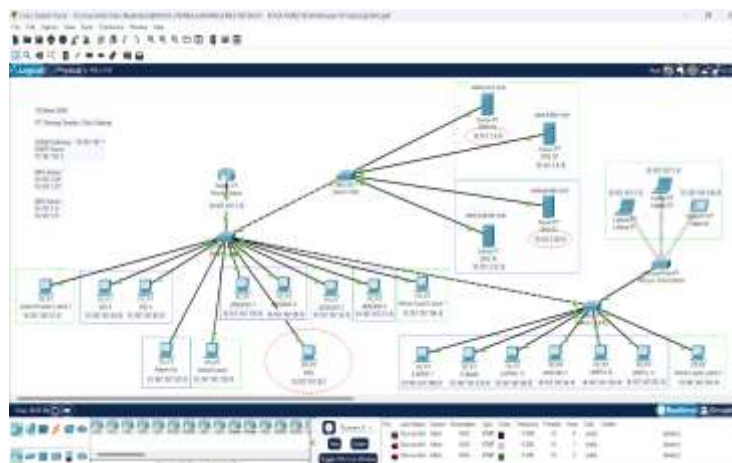
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan Layer 2 yang mampu menjaga konektivitas secara otomatis meskipun terjadi kegagalan pada salah satu link fisik, dengan penerapan **Spanning Tree Protocol (STP)** dan **EtherChannel** untuk mencapai konsep **zero link failure**. Seluruh pengujian dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak **Cisco Packet Tracer** dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan **Wireshark**, dengan PT. XYZ sebagai studi kasus untuk implementasi desain jaringan.

Deskripsi Kasus dan Kondisi Awal

PT. XYZ menghadapi masalah terkait dengan ketergantungan tinggi pada konektivitas jaringan yang stabil, namun sering mengalami gangguan akibat kegagalan pada beberapa link jaringan Layer 2. Untuk itu, diperlukan solusi jaringan yang mengintegrasikan **STP** dan **EtherChannel** untuk meningkatkan ketersediaan dan keandalan jaringan.

Topologi Jaringan



Gambar 2. Kondisi Topologi Jaringan Saat Ini

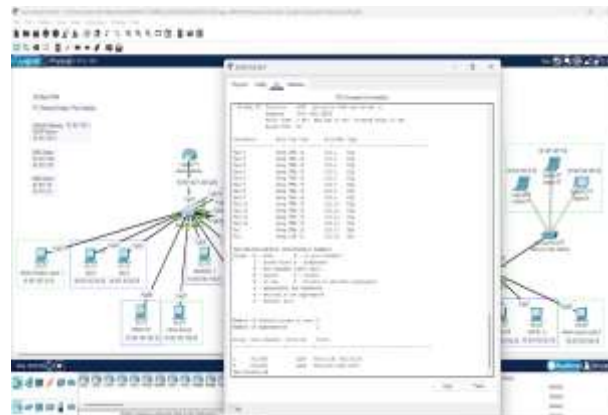
Gambar ini menggambarkan kondisi jaringan PT. XYZ yang saat ini masih mengandalkan konfigurasi Layer 2 tradisional tanpa penerapan **EtherChannel** dan pengelolaan jalur redundan yang optimal. Jaringan ini rentan terhadap kegagalan link, yang seringkali mengganggu kestabilan konektivitas antar perangkat.



Gambar 3. *Topologi Jaringan Usulan*

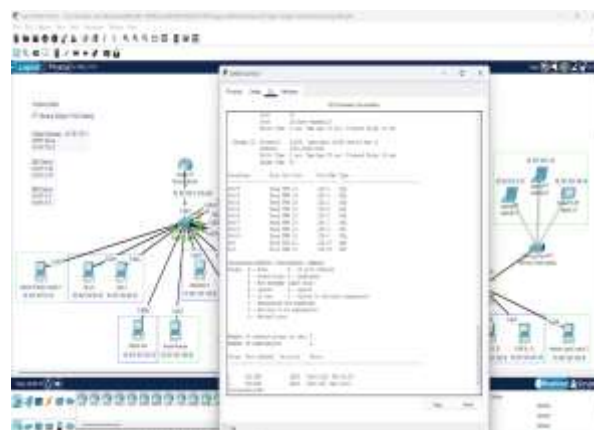
Topologi jaringan usulan ini mengintegrasikan **STP** dan **EtherChannel** untuk menciptakan redundansi yang lebih baik dan meningkatkan kapasitas bandwidth. Dalam topologi ini, beberapa link fisik digabungkan menjadi satu jalur logis menggunakan **EtherChannel**, sementara **STP** mengelola jalur redundan untuk mencegah terjadinya **looping** dan memastikan kestabilan jaringan.

Penjelasan Topologi Jaringan Usulan untuk Setiap Switch



Gambar 4. *Topologi Jaringan Usulan Untuk Switch Lantai 1*

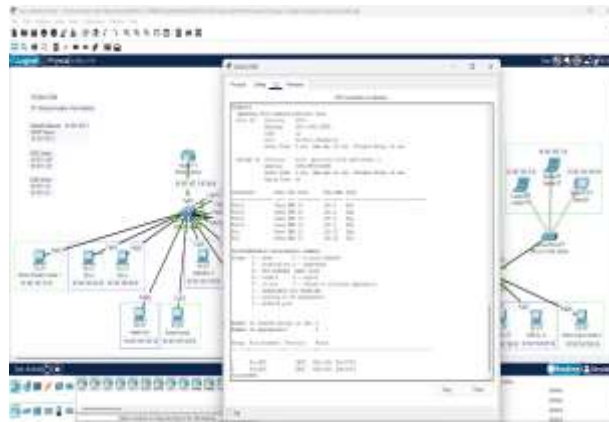
Pada switch **Lantai 1**, **STP** dikonfigurasi untuk menjadikannya sebagai **root bridge**, yang mengatur jalur **STP** di seluruh jaringan. Semua interface dari **Fa0/1** hingga **Fa0/12** memiliki peran **Designated** dan status **Forwarding** dengan biaya jalur 19, yang menunjukkan bahwa jalur ini telah dioptimalkan untuk mentransfer data tanpa gangguan. Selain itu, **EtherChannel** menggabungkan beberapa port fisik (**Fa0/13 - Fa0/15**) menjadi satu jalur logis untuk meningkatkan redundansi dan throughput.



Gambar 5. *Topologi Jaringan Usulan Untuk Switch Lantai 2*

Switch **Lantai 2** memiliki **Root Port** (Po3) pada **Port-channel 3** dan **Alternate Port** (Po2) yang diblokir untuk menjaga redundansi jalur dan menghindari **looping**. **Po3** memiliki status

Learning, yang berarti switch ini sedang mempelajari **MAC address** pada jalur tersebut. Beberapa interface lainnya, seperti **Fa0/2** hingga **Fa0/8**, memiliki status **Forwarding**, yang memastikan data dapat diteruskan tanpa hambatan.



Gambar 6. Topologi Jaringan Usulan Untuk Switch DNS

Pada switch **DNS**, **Root Port** (Po1) dipilih sebagai jalur terbaik untuk mencapai **root bridge** (Switch Lantai 1). Jalur lain, **Po2**, berada dalam status **Blocking** untuk menghindari **looping** di jaringan. **EtherChannel** menggabungkan **Fa0/1** dan **Fa0/7** menjadi satu jalur logis yang aktif, meningkatkan kapasitas dan redundansi jalur, sementara **Po2** menggabungkan **Fa0/6** dan **Fa0/8**, memastikan redundansi dan throughput yang optimal.

Hasil Evaluasi Kinerja Jaringan



Gambar 7. Sebelum Implementasi STP dan EtherChannel pada Layer 2



Gambar 8. Sesudah Implementasi STP dan EtherChannel pada Layer 2

Simulasi dilakukan dalam dua skenario: **sebelum implementasi (Before.pcapng)** dan **sesudah implementasi (After.pcapng)**.

Tabel berikut menyajikan perbandingan hasil numerik dari masing-masing kondisi:

Tabel 1. Perbandingan Hasil Numerik

Parameter	Sebelum (Before)	Sesudah (After)
Durasi Simulasi	1.791 detik	1.799 detik
Jumlah Paket	3.513 paket	13.957 paket
Average Packet/sec	2 pps	7,8 pps
Ukuran Paket Rata-rata	155 byte	305 byte
Total Data Ditangkap	543.932 byte	4.262.973 byte
Throughput	2.429 bit/s	18.000 bit/s
Packet Loss	0%	0%
Delay Pemulihan Koneksi	>10 detik (manual)	<5 detik (otomatis)

Simulasi dilakukan dalam dua skenario: sebelum implementasi STP dan EtherChannel, serta setelah implementasi. Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan throughput hingga lebih dari 7 kali lipat, serta jumlah paket meningkat 4 kali lipat setelah implementasi. Delay pemulihan juga menurun drastis dari sebelumnya lebih dari 10 detik (tanpa failover otomatis) menjadi kurang dari 5 detik (dengan failover otomatis).

Hasil ini sejalan dengan penelitian Octavian (2024) yang menyatakan bahwa integrasi EtherChannel mampu meningkatkan kapasitas bandwidth sekaligus memberikan jalur redundansi aktif. Selain itu, temuan ini juga konsisten dengan Nurfaishal & Akbar (2024) yang menegaskan peran STP dalam mencegah looping serta mempercepat pemulihan jalur komunikasi.

Pembahasan

Penerapan **Spanning Tree Protocol (STP)** memastikan bahwa jalur cadangan tersedia namun tidak aktif sampai dibutuhkan, sehingga mencegah looping dan broadcast storm (Nurfaishal & Akbar, 2024). Sementara itu, **EtherChannel** memungkinkan beberapa link fisik digabungkan menjadi satu jalur logis, yang tidak hanya meningkatkan bandwidth tetapi juga menyediakan *failover* otomatis jika satu link terputus (Octavian, 2024).

Tidak terdeteksinya packet loss pada kedua skenario menandakan bahwa jaringan berfungsi secara stabil. Namun peningkatan trafik dan throughput setelah implementasi mengindikasikan bahwa EtherChannel meningkatkan efisiensi pengiriman data, sesuai dengan temuan Mustofa & Ramayanti (2020) terkait metode *load balancing* yang juga bertujuan meningkatkan utilisasi jalur komunikasi.

Delay pemulihan yang cepat (<5 detik) menunjukkan efektivitas desain zero link failure, dan hal ini mendekati konsep *swift recovery* pada jaringan yang juga ditemukan dalam penelitian Hieu & Kitsuwon (2024) di konteks Software-Defined Networks. Dengan demikian, hasil simulasi mendukung bahwa kombinasi STP dan EtherChannel memberikan solusi praktis dan efisien bagi perusahaan untuk menjaga keandalan jaringan.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah merancang dan mensimulasikan jaringan Layer 2 yang mengintegrasikan teknologi **Spanning Tree Protocol (STP)** dan **EtherChannel** untuk mencapai konsep **zero link failure**. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan menggunakan **Cisco Packet Tracer** sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan **Wireshark**, dapat disimpulkan bahwa jaringan yang diusulkan mampu mempertahankan konektivitas secara otomatis meskipun terjadi kegagalan pada salah satu jalur fisik. Waktu pemulihan koneksi tercatat kurang dari 5 detik, yang menunjukkan bahwa redundansi jaringan berjalan dengan baik. **EtherChannel** berhasil menggabungkan beberapa link fisik menjadi satu link logis yang lebih efisien dalam meningkatkan kapasitas bandwidth dan menyediakan jalur cadangan aktif. Sementara itu, **Spanning Tree Protocol** efektif mencegah terjadinya **looping** pada jalur redundan dan menjaga kestabilan jaringan, terutama dalam mencegah **broadcast storm** yang dapat mengganggu performa jaringan. Secara keseluruhan, kombinasi **STP** dan **EtherChannel** membuktikan bahwa penerapan keduanya pada jaringan **Layer 2** dapat meningkatkan keandalan dan ketersediaan jaringan, serta mengurangi risiko downtime akibat kegagalan link. Dengan demikian, desain jaringan ini memenuhi tujuan utama untuk menciptakan **zero link failure** pada jaringan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

El Rajab, M., Yang, L., & Shami, A. (2024). Zero-touch networks: Towards next-generation network automation. *Computer Networks*, 243, 110294.

<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2024.110294>

Gilang, R. et al. (2025) 'SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN REKOMENDASI PEMILIHAN SEPEDA MOTOR LISTRIK PT INNOLAB SAINS

- INTERNATIONAL DENGAN METODE SAW (SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING)', 1(1), pp. 17–31.
- Hieu, T. T., & Kitsuan, N. (2024). Swift recovery: An innovative routing approach for multi-failure protection in software-defined networks. *IEEE Access*, 12, 45678–45690. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3487211>
- Jangjou, M., & Sohrabi, M. K. (2022). A comprehensive survey on security challenges in different network layers in cloud computing. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(6), 3587–3608. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09708-9>
- Kurnia, O. (2025) 'Perancangan Peralatan Listrik Dengan Voice Control Menggunakan Switch Relay Dan Arduino Design of Electrical Equipment with Voice Control Using Relay Switches and Arduino', 5(1), pp. 13–19. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.32938/jitu.v5i1.9194>
- Mustofa, A., & Ramayanti, D. (2020). Implementasi load balancing dan failover to device Mikrotik router menggunakan metode NTH (Studi kasus: PT. GO-JEK Indonesia). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 7(1), 139–144. <https://doi.org/10.25126/jtik.2020701638>
- Nurfaishal, M. D., & Akbar, Y. (2024). Analisis efektivitas keamanan jaringan Layer 2: Port security, VLAN hopping, DHCP snooping. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(3), 3278–3290. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.975>
- Octavian, A. (2024). Perancangan jaringan redundancy menggunakan konsep EtherChannel dan HSRP dengan InterVLAN routing pada PLN UID Jakarta Raya. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2), 101–110. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4193>
- Syahrani, A. H., & Yuliadi, B. (2023). Load balancing on Mikrotik at Karang Jaya Health Center using NTH method. *PIKSEL: Penelitian Ilmu Komputer Sistem Embedded and Logic*, 11(2), 267–282. <https://doi.org/10.33558/piksel.v11i2.7107>
- Yuliadi, B., & Nugroho, A. (2016). Rancangan disaster recovery pada instansi pendidikan studi kasus Universitas Mercu Buana. *Jurnal Teknik Informatika*, 9(1). <https://doi.org/10.15408/jti.v9i1.5575>
- Asri, S. D., Ramayanti, D., Putra, A. D., & Utami, Y. T. (2022). Deteksi roda kendaraan dengan Circle Hough Transform (CHT) dan Support Vector Machine (SVM). *Jurnal Teknoinfo*, 16(2), 427-434. <https://doi.org/10.33365/jti>
- Yuliadi, B., & Nugroho, A. (2019). Integration between management capability and relationship capability to boost supply chain project performance. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(2), 241–252. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i2.3003>