

PERANCANGAN JARINGAN *ZERO LINK FAILURE* PADA *LAYER 2*

Samuel Aras Michael¹, Boy Yuliadi^{1,*}

¹Fakultas Teknik dan Informatika, Teknik Informatika, Universitas Dian Nusantara,
411211123@mahasiswa.undira.ac.id, boy.yuliadi@undira.ac.id

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 *PPDIOO (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 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.

Kata kunci: *EtherChannel, Layer 2, Redundansi Jaringan, Spanning Tree Protocol, Zero link failure,*

ABSTRACT

High network availability is a critical requirement in modern enterprise environments, yet link failures frequently disrupt smooth operations. This study aims to Design a Layer 2 network Implementing Spanning Tree Protocol (STP) and EtherChannel technologies to achieve a zero link failure concept, allowing automatic connectivity maintenance during link failures. The research method used is an experimental approach with Cisco Packet Tracer as a medium for testing and analyzing network traffic using Wireshark. The methodology follows the PPDIOO phases (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize), starting from network requirement analysis at PT. XYZ, topology Design, to simulating STP and EtherChannel configurations to enhance redundancy and bandwidth capacity. Simulation results demonstrate that the proposed network Design maintains connectivity despite physical link failure with recovery time under 5 seconds, significantly improving network stability and throughput. STP prevents network loops, while EtherChannel aggregates multiple physical links into a resilient logical link. Although limited to simulation, this study provides practical recommendations to enhance Layer 2 network reliability at the enterprise scale. Further testing on physical devices is encouraged for validation and future Implementation development.

Keywords: *EtherChannel, Layer 2, Network Redundancy, Spanning Tree Protocol, Zero link failure*

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 (Yuliadi & Nugroho, 2019). Keandalan dan kestabilan jaringan menjadi aspek utama yang menentukan kelancaran proses bisnis. 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 (Yuliadi & Nugroho, 2016). 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 berpotensi menyebabkan keterlambatan proses produksi dan distribusi yang merugikan perusahaan secara finansial dan operasional (Asri et al., 2022).

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. 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. 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. 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. 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.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini, akan dibahas beberapa penelitian dan studi literatur terkait teknologi *Spanning Tree Protocol (STP)* dan *EtherChannel*, yang digunakan dalam merancang jaringan *Layer 2* yang dapat menjamin *zero link failure*.

Studi Literatur

Penelitian mengenai penerapan *EtherChannel* (Octavian, 2024) untuk menggabungkan beberapa link fisik menjadi satu link logis dalam jaringan *Layer 2*. Penelitian 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*. Studi 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 penelitian ini, di mana penerapan *EtherChannel* dan *Spanning Tree Protocol* diharapkan dapat mencapai tujuan yang sama, yaitu menjaga jaringan tetap stabil meskipun terjadi kegagalan link.

Penelitian penerapan *Spanning Tree Protocol (STP)* (Nurfaishal & Akbar, 2024) 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*.

Penelitian (El Rajab et al., 2024) 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 (Hieu & Kitsuan, 2024; Jangjou & Sohrabi, 2022). 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 menggunakan pendekatan eksperimental dengan simulasi menggunakan perangkat lunak *Cisco Packet Tracer* sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan *Wireshark*. Pendekatan simulasi dipilih karena keterbatasan waktu dan biaya untuk pengujian pada perangkat fisik, serta untuk memperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai kinerja dan stabilitas jaringan yang dirancang.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan (*applied research*) (Mustofa & Ramayanti, 2020) dengan tujuan untuk merancang dan menguji jaringan *Layer 2* yang mengintegrasikan teknologi *Spanning Tree Protocol (STP)* dan *EtherChannel* untuk mencapai konsep *zero link failure*. Penelitian ini fokus pada desain dan simulasi jaringan yang mampu menjaga konektivitas meskipun terjadi kegagalan pada salah satu jalur fisik. Dengan menggunakan *Cisco Packet Tracer* sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan *Wireshark*, penelitian ini memungkinkan pengujian konfigurasi jaringan secara virtual.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini difokuskan pada PT. XYZ, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan distribusi barang kesehatan yang beroperasi di Kawasan Industri Pulogadung, Jakarta Timur. Perusahaan ini dipilih sebagai studi kasus karena memiliki infrastruktur jaringan *Layer 2* yang kompleks dan sangat bergantung pada kestabilan konektivitas untuk mendukung aktivitas operasional. Penelitian ini dilakukan pada periode Oktober 2024 hingga Januari 2025. Selama periode tersebut, data diperoleh melalui simulasi konfigurasi jaringan yang diterapkan di *Cisco Packet*

Tracer sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan *Wireshark*.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode, yang meliputi:

1. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan staf IT dan teknisi jaringan PT. XYZ untuk menggali informasi mengenai permasalahan yang terjadi pada jaringan *Layer 2* yang ada, kebutuhan redundansi, serta konfigurasi perangkat yang sudah diterapkan. Hasil wawancara ini digunakan sebagai dasar untuk merancang simulasi jaringan yang representatif.

2. Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi mencakup analisis terhadap konfigurasi jaringan yang sudah ada di PT. XYZ, serta laporan mengenai gangguan yang pernah dialami oleh jaringan. Hal ini memberikan gambaran mengenai topologi jaringan saat ini dan kendala yang ada.

3. Observasi Simulasi

Pengumpulan data utama dilakukan melalui simulasi yang menggunakan *Cisco Packet Tracer* sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan *Wireshark*. Simulasi ini bertujuan untuk menguji kinerja jaringan *Layer 2* dengan penerapan STP dan *EtherChannel*, serta mengamati respons jaringan saat terjadi kegagalan link, waktu pemulihan koneksi, dan kestabilan jaringan. Data performa yang diperoleh termasuk *throughput*, *latency*, dan *downtime*.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengikuti tahapan PPDIOO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize*), yang merupakan pendekatan sistematis untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengoptimalkan jaringan komputer. Gambar 1 menunjukkan tahapan PPDIOO yang digunakan dalam penelitian.

1. *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.

2. *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 pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan *Wireshark* disusun dengan detail untuk memastikan simulasi dapat berjalan dengan baik.

3. *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. Desain ini bertujuan untuk menjamin kestabilan dan keandalan jaringan.

4. *Implement (Implementasi)*

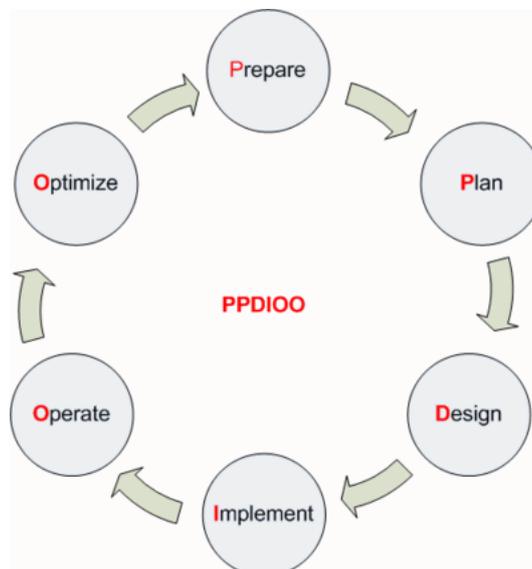
Tahap *Implementasi* dilakukan dengan mengonfigurasi perangkat dalam *Cisco Packet Tracer* sebagai media pengujian dan analisa lalu lintas jaringan menggunakan *Wireshark* untuk menjalankan desain yang telah dibuat. *EtherChannel* dan STP dikonfigurasi untuk diuji performanya dalam mengelola redundansi jaringan dan mencegah loop saat terjadi kegagalan link.

5. *Operate (Operasi)*

Pada tahap pengoperasian, dilakukan pemantauan dan pengamatan terhadap kinerja jaringan. Simulasi dilakukan untuk mengamati bagaimana jaringan berfungsi saat terjadi kegagalan link dan bagaimana STP dan *EtherChannel* mengelola jalur redundan secara otomatis.

6. *Optimize (Optimasi)*

Tahap terakhir melibatkan analisis hasil simulasi untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki. Konfigurasi yang ada akan dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi bandwidth dan mengurangi risiko *downtime*.



Gambar 1. Metode PPDIOO

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian 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.

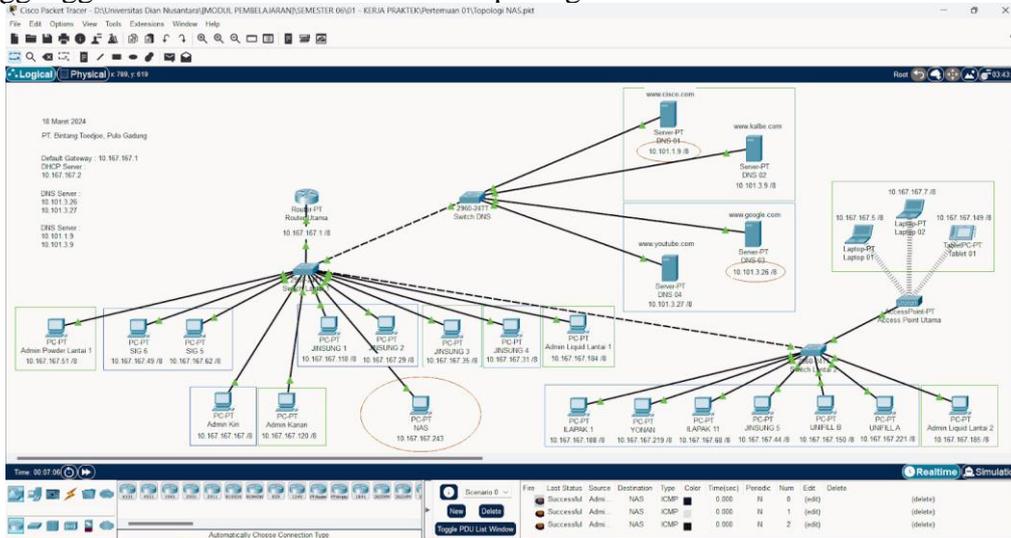
Deskripsi Kasus dan Kondisi Awal

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.

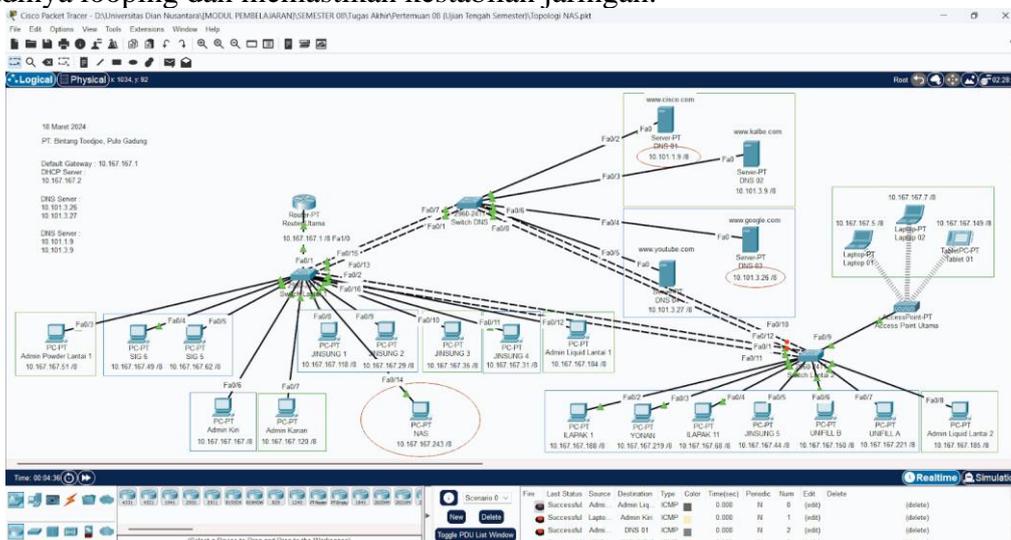
Topologi Jaringan

Gambar 2 kondisi 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 2. Kondisi Topologi Jaringan Saat Ini

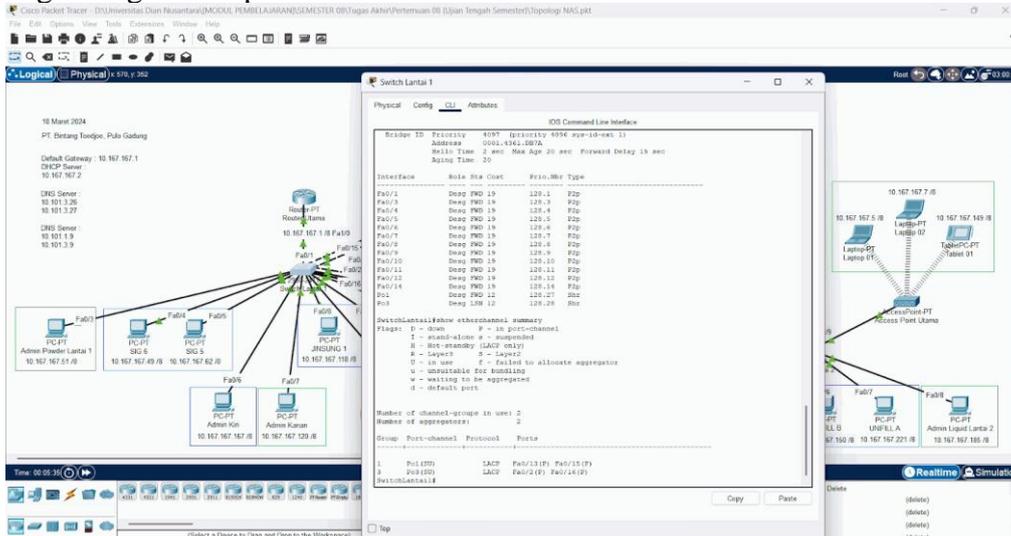
Topologi jaringan usulan Gambar 3 mengintegrasikan STP dan *EtherChannel* untuk menciptakan redundansi yang lebih baik dan meningkatkan kapasitas bandwidth. Dalam topologi ini, beberapa link fisik digabungkan menjadi satu jalur logis menggunakan *EtherChannel*, sementara STP mengelola jalur redundan untuk mencegah terjadinya looping dan memastikan kestabilan jaringan.



Gambar 3. Topologi Jaringan Usulan

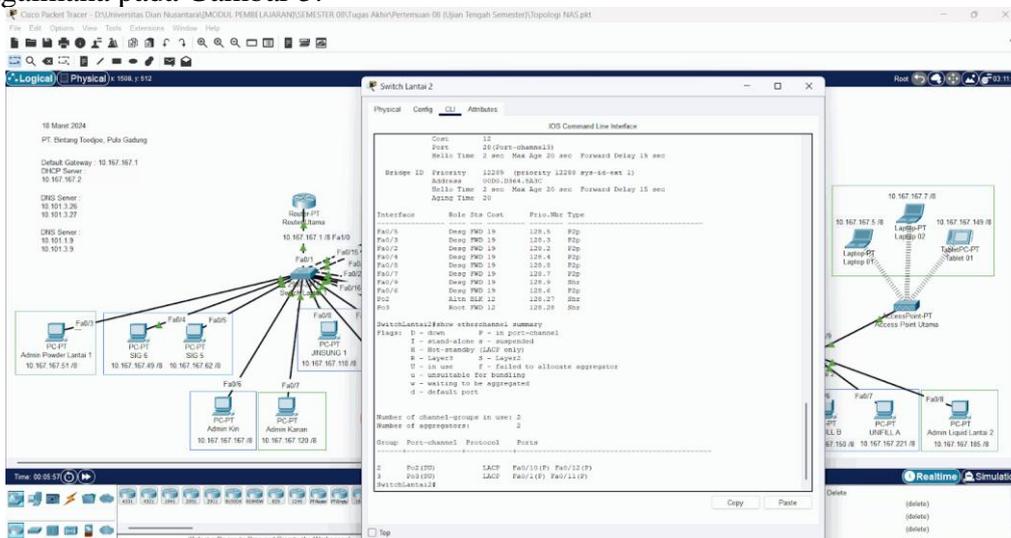
Topologi Jaringan Usulan untuk Setiap Switch

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*. Topologi sebagaimana pada Gambar 4.



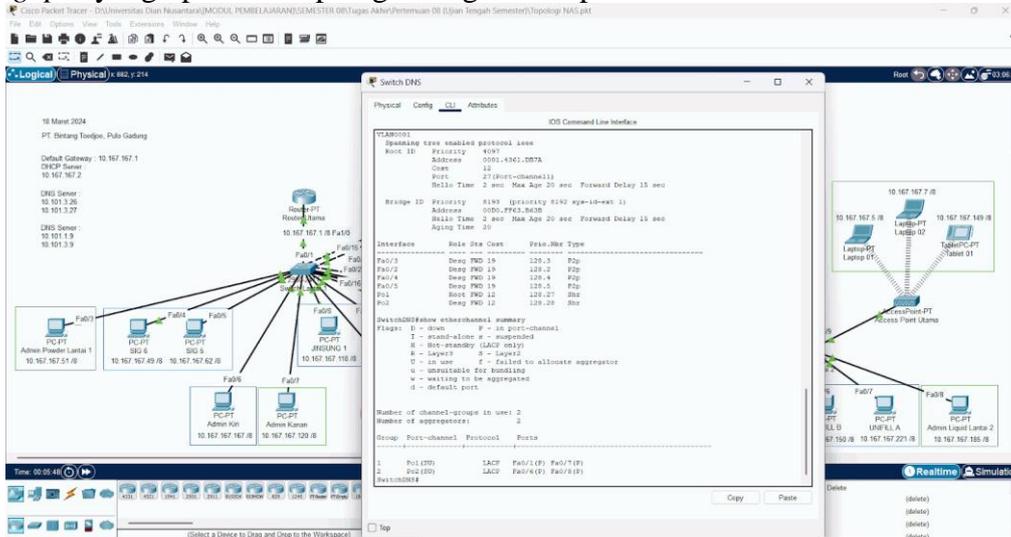
Gambar 4. Topologi Jaringan Usulan Untuk Switch Lantai 1

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. Topologi sebagaimana pada Gambar 5.



Gambar 5. Topologi Jaringan Usulan Untuk Switch Lantai 2

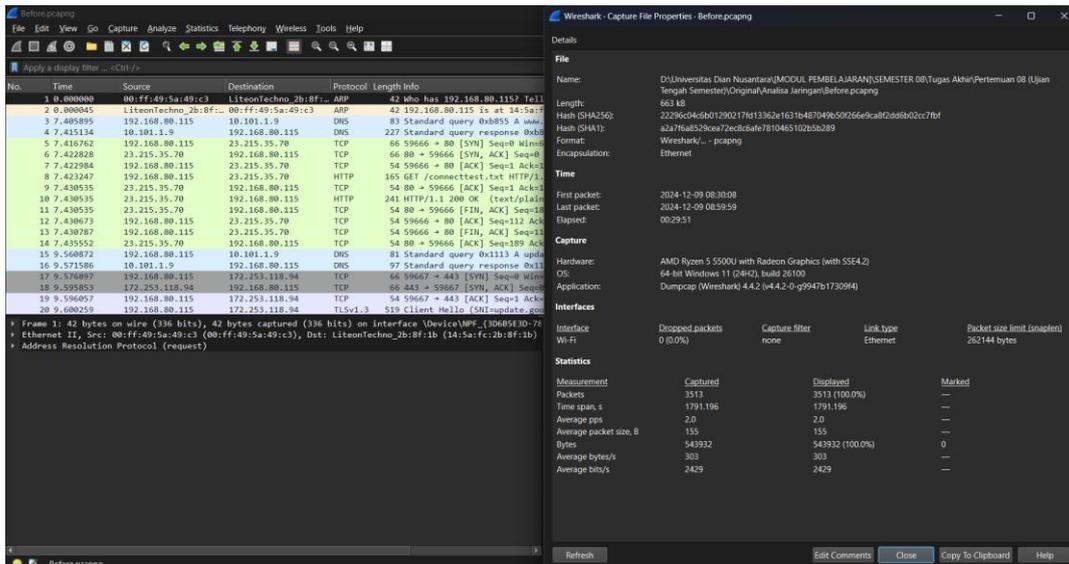
Pada switch DNS, *Root Port* (Po1) dipilih sebagai jalur terbaik untuk mencapai root bridge (Switch Lantai 1). Jalur lain, Po2, berada dalam status *Blocking* untuk menghindari looping di jaringan. *EtherChannel* menggabungkan Fa0/1 dan Fa0/7 menjadi satu jalur logis yang aktif, meningkatkan kapasitas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



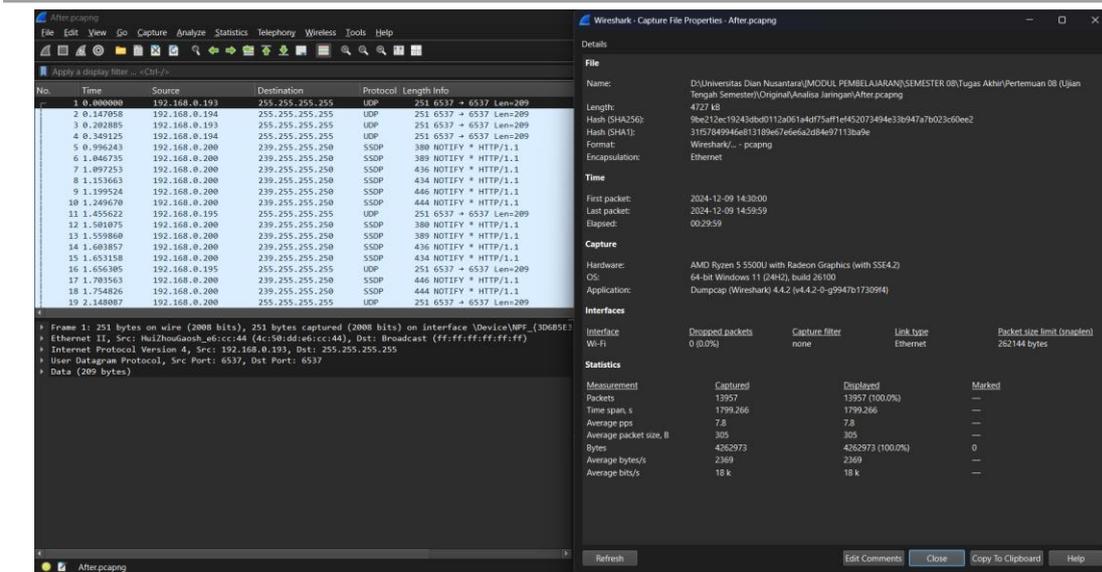
Gambar 6. Topologi Jaringan Usulan Untuk Switch DNS

Hasil Evaluasi Kinerja Jaringan

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



Gambar 7. Sebelum Implementasi STP pada EtherChannel pada Layer 2



Gambar 8. Sesudah Implementasi STP dan EtherChannel pada Layer 2

Tabel 1 menyajikan perbandingan hasil numerik dari masing-masing kondisi. Hasil di atas menunjukkan adanya peningkatan *throughput* hingga lebih dari 7 kali lipat, serta jumlah paket meningkat 4 kali lipat setelah Implementasi STP dan EtherChannel. Delay pemulihan juga menurun drastis dari sebelumnya lebih dari 10 detik (tanpa failover otomatis) menjadi kurang dari 5 detik (dengan failover otomatis).

Tabel 1. Perbandingan Kondisi

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
<i>Throughput</i>	2.429 bit/s	18.000 bit/s
Packet Loss	0%	0%
Delay Pemulihan Koneksi	>10 detik (manual)	<5 detik (otomatis)

Pembahasan

Penerapan STP memastikan bahwa jalur cadangan tersedia namun tidak aktif sampai dibutuhkan, sehingga mencegah *looping* dan *broadcast storm*. 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. 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. Pemulihan jalur yang cepat (<5 detik) membuktikan keefektifan redundansi dan otomasi dalam desain jaringan baru. Kombinasi STP dan *EtherChannel* pada topologi jaringan yang diusulkan memberikan redundansi yang kuat, pengurangan delay pemulihan, dan peningkatan *throughput* signifikan. Ini membuktikan bahwa

desain jaringan yang dirancang mampu mewujudkan konsep *zero link failure* yang sangat dibutuhkan dalam operasional PT. XYZ.

PENUTUP

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.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut. Pengujian pada Perangkat Fisik, meskipun hasil simulasi menunjukkan kinerja yang baik, pengujian lebih lanjut pada perangkat fisik sangat disarankan untuk memvalidasi hasil simulasi dan memperoleh data performa yang lebih akurat serta kondisi nyata di lapangan. Pengujian fisik dapat memastikan bahwa konfigurasi STP dan *EtherChannel* berfungsi optimal sesuai dengan kondisi yang lebih kompleks di dunia nyata. Penerapan *Quality of Service (QoS)*, untuk mengoptimalkan performa aplikasi real-time, seperti *VoIP* atau video conferencing, disarankan untuk mengimplementasikan *Quality of Service (QoS)*. *QoS* dapat mengelola trafik dengan prioritas tinggi dan memastikan kestabilan komunikasi dalam jaringan yang semakin berkembang. Integrasi dengan teknologi *Layer 3*, penelitian terbatas pada konfigurasi *Layer 2*. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup integrasi dengan teknologi *Layer 3*, seperti routing dinamis dan protokol manajemen jaringan tingkat lanjut, untuk mendukung skalabilitas dan kompleksitas jaringan yang lebih besar, serta meningkatkan efisiensi manajemen jaringan secara keseluruhan. Pemeliharaan berkala dan monitoring jaringan, pemeliharaan dan pemantauan secara rutin terhadap kondisi *EtherChannel* dan STP sangat penting untuk memastikan jaringan tetap berfungsi dengan baik tanpa adanya gangguan. Sistem monitoring yang lebih canggih dan otomatis akan membantu mendeteksi masalah lebih dini dan mengoptimalkan kinerja jaringan secara keseluruhan. Dengan saran-saran tersebut, diharapkan implementasi solusi jaringan yang lebih tangguh dan efisien dapat dicapai di masa depan, serta memberikan kontribusi yang signifikan bagi dunia praktisi dan peneliti di bidang Network Engineering.

REFERENSI

- 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>
- 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>
- Hieu, T. T., & Kitsuwon, N. (2024). Swift Recovery: An Innovative Routing Approach for Multi-Failure Protection in Software-Defined Networks. *IEEE Access*, 12, 158685–158702. <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>
- 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*, 7(1), 139–144. <https://doi.org/10.25126/jtiik.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>
- 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>