

Analisis Performa Redundancy Link Menggunakan Metode Spanning Tree Protocol Dan Per VLAN Spanning Tree

Firmansyah¹, Tommi Alfian Armawan Sandi², Rian Septian Anwar³, Ahmad Fauzi⁴

^{1,2,3}Universitas Bina Sarana Informatika
e-mail: ¹Firmansyah.fmy@bsi.ac.id, ²tommi.taf@bsi.ac.id, ³rian.ptn@bsi.ac.id

⁴Universitas Nusa Mandiri
e-mail: ⁴ahmad.azy@nusamandiri.ac.id

Diterima	Direvisi	Disetujui
19-03-2023	07-05-2023	31-05-2023

Abstrak - Redundansi jaringan sangat penting untuk dapat memastikan ketersediaan internet dalam jaringan komputer. Spanning Tree Protocol (STP) dan Per VLAN Spanning Tree (PVST) adalah dua buah metode yang dapat memberikan redundansi pada infrastruktur jaringan komputer. Pada penelitian ini menjadikan perbandingan kinerja antara kedua metode tersebut dalam menyediakan link redundansi dalam infrastruktur jaringan komputer. Perbandingan tersebut didasarkan pada waktu konvergensi, penyeimbangan yang pada beban lalu lintas yang dibebankan pada jaringan internal, dan kinerja jaringan secara keseluruhan pada umumnya. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan metode PVST dapat memberikan waktu konvergensi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode STP, metode PVST juga menyediakan penyeimbangan muatan lalu lintas yang lebih baik, memastikan bahwa lalu lintas jaringan didistribusikan secara merata di seluruh tautan yang redundan. Namun, Metode PVST memerlukan lebih banyak upaya konfigurasi dan pengelolaan karena kebutuhan untuk mengonfigurasi Metode STP untuk setiap VLAN. Di sisi lain, Metode STP lebih mudah dikonfigurasi dan dikelola, tetapi dapat mengakibatkan waktu konvergensi yang lebih lambat dan penyeimbangan muatan traffic yang tidak merata.

Kata Kunci: Spanning Ttree Protocol, Per VLAN Spanning Tree, VLAN

Abstrak - Network redundancy is very important to be able to ensure internet availability in computer networks. Spanning Tree Protocol (STP) and Per VLAN Spanning Tree (PVST) are two methods that can provide redundancy in computer network infrastructure. This research makes a performance comparison between the two methods in providing redundant links in computer network infrastructure. The comparison is based on convergence time, balancing the traffic load imposed on the internal network, and overall network performance in general. The results show that while the PVST method can provide faster convergence times compared to the STP method, the PVST method also provides better traffic load balancing, ensuring that network traffic is distributed evenly across redundant links. However, the PVST Method requires more configuration and management efforts due to the need to configure the STP Method for each VLAN. On the other hand, the STP Method is easier to configure and manage, but can result in slower convergence times and uneven traffic load balancing.

Keywords: Spanning Tree Protocol, Per VLAN Spanning Tree, VLAN

PENDAHULUAN

Artikel Kualitas kinerja layanan jaringan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kinerja trafik layanan. Perencanaan infrastruktur jaringan komputer yang efisien sangat penting untuk membangun layanan jaringan yang baik (Dewi & Firmansyah, 2019), Penggunaan teknologi jaringan komputer sangat penting untuk meningkatkan kinerja jaringan dalam proses transfer data, (Rahmanzi et al., 2021). Namun, permasalahan muncul seiring dengan meningkatnya kebutuhan pengguna, terutama terkait keamanan dan tidak adanya jalur redundansi antar

switch, (Sopian et al., 2022). Masalah termasuk sering berpindah-pindah dan kurangnya jalur cadangan yang dapat menyebabkan jaringan internet lambat atau mati (Taufan et al., 2022).

Spanning Tree Protocol (STP) dapat diimplementasikan untuk mencegah perulangan jaringan dan menyediakan jalur cadangan otomatis dan redundansi tautan jika salah satu jalur gagal (Djumhadi & Roring, 2020). Keamanan dapat ditingkatkan dengan melakukan segmentasi perangkat switch dengan bantuan STP, Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), Mesh Tree Protocol (MTP), dan Multiple Spanning-Tree (MST) (Willis,

2019) (Rudroju, 2020) (Indrianingsih et al., 2021) untuk mengantisipasi gangguan pada BPDU yang terbentuk dan berakar (Fitri Boy, 2020). Masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metode STP untuk menghentikan perulangan (Triarso & Misinem, 2021) (Syihabuddin & Jenih, 2021). Sistem VTP dapat mengurangi lalu lintas yang berlebihan dalam pengiriman paket data dan membantu perangkat ketika salah satu jalur gagal (Saputra & Suryawan, 2017). STP memungkinkan desain jaringan memiliki tautan yang berlebihan untuk membuat jalur cadangan otomatis. (Ferdiansyah, 2017) (Damanik et al., 2017) (Djumhadi & Roring, 2020) (Renwarin & Radiyah, 2021).

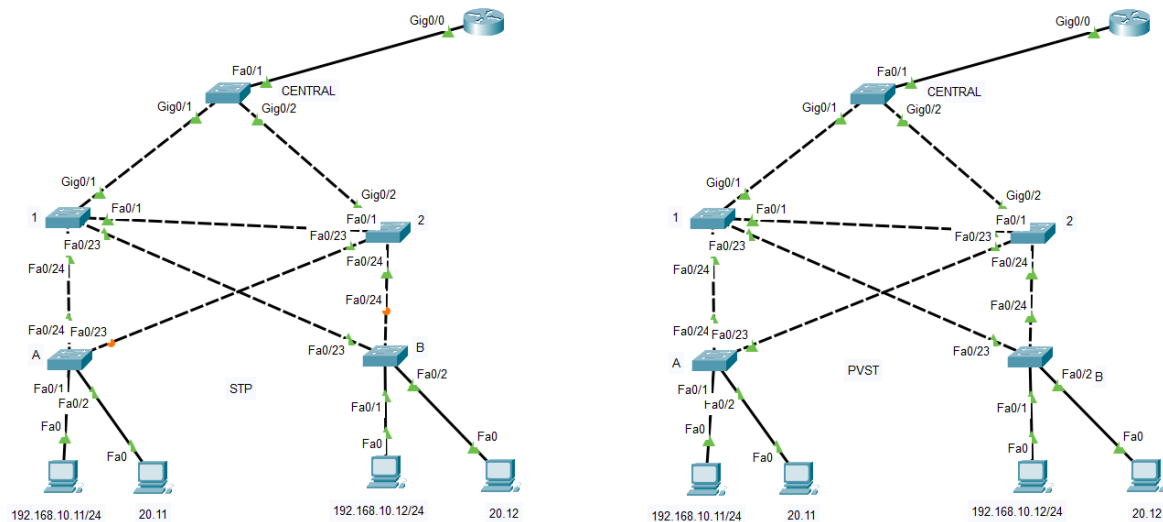
Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pembuatan jalur alternatif (redundan) dan penggunaan STP dapat mengatasi masalah distribusi VLAN (Peniarsih, 2015). Selain itu, STP menghentikan jaringan loop pada lapisan jaringan 2 (bridge atau switch) dengan terus memantau jaringan untuk menemukan semua link dan memastikan tidak ada loop yang terjadi dengan menonaktifkan semua link yang berlebihan. (Subli et al., 2020) RPVST+ Load Balancing juga telah diterapkan dalam penelitian dan menunjukkan bahwa switch yang memprioritaskan VLAN akan memprioritaskan VLAN utama dan menerima akses ke VLAN sekunder jika perangkat gagal (Firmansyah et al.,

2018) (Mochamad Wahyudi, M. M., Kom & Firmansyah, 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental data dengan menggunakan catatan Observasi pada Jaringan Lokal area Network Simulation dengan menggunakan packet Tracer versi 8.0 dengan tujuan mengembangkan teori dari kondisi dilapangan. Dengan metode STP dan PVST yang disimulasikan pada *software Cisco Packet Tracer version 8.0* untuk membuat simulasi jaringan berjalan yang dijalankan secara virtualisasi namun tidak merubah dan mengurangi seperti fitur aslinya. Peneliti ini menggunakan 5 buah *device switch* sebagai perbandingan metode STP dengan metode PVST. Penelitian ini bersifat instrumental dan mengumpulkan semua data dengan menghasilkan data secara deskriptif dan menampilkan hasil *redundancy link* pada jaringan STP dan PVST ketika mengalami *link failure*.

Terlihat pada gambar 1 merupakan skema jaringan yang digunakan pada penelitian Analisis Perbandingan Performa *Redundancy Link* Menggunakan Metode *Spanning Tree Protocol* Dan *Per VLAN Spanning Tree*. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil *redundancy link* saat terjadinya *link failure* diantara metode STP dan metode PVST.



Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Gambar 1. Skema Jaringan

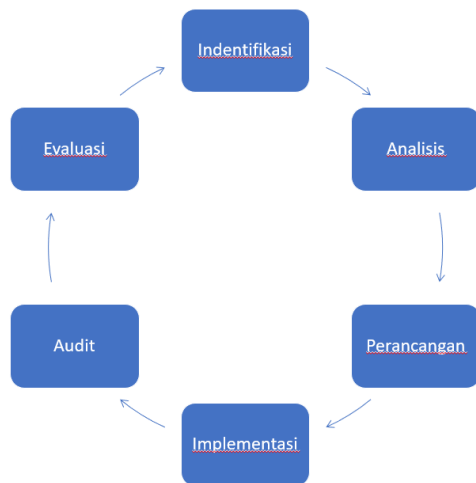
Pengujian dilakukan dengan melakukan uji konektivitas perbandingan diantara teknologi STP dengan PVST dengan beberapa pengujian diantaranya pengujian dengan VLAN ID yang sama, pengujian dengan VLAN ID yang berbeda dan saat terjadinya *link failure* untuk mendapatkan hasil *redundancy* terhadap layanan jaringan.

Dijelaskan pada gambar 2, merupakan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian menggunakan metode *The Security Policy*

Development Life Cycle (SPDLC), yang memiliki enam tahapan, yaitu tahapan Identifikasi, digunakan

untuk melakukan pengidentifikasian terhadap permasalahan awal didalam keamanan jaringan komputer dengan melakukan perbandingan pada penelitian sebelumnya. Tahapan Analisis, pada tahapan ini peneliti melakukan percobaan dari data yang didapatkan pada tahapan identifikasi untuk mengetahui resiko dan ancaman didalam keamanan jaringan sebelum dan sesudah pengimplementasian

STP dan PVST. Tahapan Perancangan, tahapan ini penulis melakukan perancangan jaringan STP dan PVST untuk mendapat skenario dan topologi jaringan yang akan digunakan didalam penelitian. Tahapan Implementasi, pada tahapan ini penulis melakukan konfigurasi STP dan PVST, serta melakukan tahapan uji konektifitas terhadap layanan jaringan yang didapatkan dari hasil tahapan perancangan. Tahapan Audit digunakan untuk melakukan pemeriksaan terhadap layanan jaringan yang telah diimplementasikan dengan mempertimbangkan sebelum dan setelah pengimplementasian STP dan PVST dengan mempertimbangkan *redundancy* saat terjadinya *link failure* serta *hop count* yang didapatkan. Tahapan Evaluasi, tahapan ini dilakukan untuk mengevaluasi terhadap layanan jaringan yang telah diterapkan untuk mendapatkan hasil dari kualitas jaringan sesuai dengan tujuan awal penelitian.



Sumber : Hasil Penelitian (2023)
Gambar 2. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario pengujian Analisis Perbandingan Performa *Redundancy Link* Menggunakan Metode *Spanning Tree Protocol Dan Per VLAN Spanning Tree* dilakukan dengan cara melakukan uji konektifitas jaringan VLAN didalam layanan STP dan PVST untuk mengetahui *quality of service* yang didapatkan. Untuk mengimplementasikan layanan jaaringan menggunakan metode STP dan PVST peneliti menggunakan spesifikasi IP Address, terlihat pada table I.

Tabel 1
Spesifikasi Ip Address

Device	Interface	IP Address
R1	G0/0	-
	G0/0.10	192.168.10.1/24
	G0/0.20	192.168.20.1/24
PC1	NIC	192.168.10.11/24

PC2	NIC	192.168.20.11/24
PC3	NIC	192.168.10.12/24
PC4	NIC	192.168.20.12/24

Terdapat 1 (satu) buah perangkat router yang diimplementasikan sebagai gateway dengan menggunakan teknologi encapsulation dot.1Q guna mendukung teknologi VLAN Trunking didalam layanan STP dan PVST. Terlihat pada tabel II merupakan spesifikasi insfrastruktur jaringan yang digunakan oleh peneliti didalam penelitian Analisis Perbandingan Performa *Redundancy Link* Menggunakan Metode *Spanning Tree Protocol Dan Per VLAN Spanning Tree*.

Tabel 2
Spesifikasi Insfrastruktur Jaringan

Device	Interface	VLAN
Router	G0/0.10	VLAN 10
	G0/0.20	VLAN 20
SW-Central	Fa0/1	Trunk
	G0/1	Trunk
	G0/2	Trunk
SW-1	G0/1	Trunk
	Fa0/1	Trunk
	Fa0/23	Trunk
	Fa0/24	Trunk
SW-2	G0/2	Trunk
	Fa0/1	Trunk
	Fa0/23	Trunk
	Fa0/24	Trunk
SW-A	Fa0/1	VLAN 10
	Fa0/2	VLAN 20
	Fa0/23	Trunk
	Fa0/24	Trunk
SW-B	Fa0/1	VLAN 10
	Fa0/2	VLAN 10
	Fa0/23	VLAN 20
	Fa0/24	Trunk
PC1	NIC	VLAN 10
PC2	NIC	VLAN 20
PC3	NIC	VLAN 10
PC4	NIC	VLAN 20

Dijelaskan pada tabel II, SW-A dan SW-B memiliki 2 (dua) buah VLAN Database. VLAN tersebut akan dilakukan uji konektifitas terhadap layanan STP dan PVST untuk mendapatkan hasil *redundancy* saat terjadinya *link failure* didalam layanan jaringan.

A. Implementasi STP

Untuk mengimplementasikan jaringan menggunakan metode STP diperlukan mengetahui MAC Address dari setiap perangkat switch yang digunakan, hal ini jika pengimplementasian dilakukan secara default maka MAC Address terkecil secara otomatis akan menjadi root bridge. Selain menggunakan MAC Address, pemilihan switch sebagai root bridge dapat pula dilakukan menggunakan priority dengan kelipatan dari 4096, yaitu: 0, 4096, 8192, 12288, 16384, 20480, 24576,

28672, 32768, 36864,40960, 45056, 49152, 53248, 57344, 61440.

VLAN0010

Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32778
Address 0001.63B8.D4C5
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Bridge ID Priority 32778 (priority 32768 sys-id-ext 10)
Address 0001.63B8.D4C5
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 20

VLAN0020

Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32788
Address 0001.63B8.D4C5
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Bridge ID Priority 32788 (priority 32768 sys-id-ext 20)
Address 0001.63B8.D4C5
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 20

Jika didalam perangkat switch terdapat tulisan “*This bridge is the root*” menandakan bahwa perangkat switch tersebut merupakan dari root bridge didalam jaringan. Terlihat pada tabel III merupakan hasil pengimplementasian STP didalam SW-1 yang berstatus dengan *root bridge*. Fa0/1, Fa0/23, Fa0/24 dan G0/1 mendapatkan status sebagai *forward*.

Tabel 3
VLAN Spanning Tree SW-1

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
Fa0/24	Desg	FWD	19	128.24	P2p
Gi0/1	Desg	FWD	4	128.25	P2p
Fa0/23	Desg	FWD	19	128.23	P2p

B. Implementasi PVST

Pengimplementasian PVST bertujuan untuk menentukan priority berdasarkan VLAN ID yang akan memiliki prioritas lalu lintas didalam layanan jaringan. Dengan menggunakan PVST layanan jaringan akan terbagi berdasarkan VLAN priority. Pengimplementasian PVST dilakukan didalam SW-1 dan SW-2. SW-1 dengan prioritas terhadap VLAN 10 dengan menggunakan nilai priotitas yang lebih kecil dibandingkan dengan VLAN 20, yaitu priority 4096.
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id

spanning-tree vlan 10 priority 4096

spanning-tree vlan 20 priority 28672

Sedangkan didalam SW-2 VLAN 20. menggunakan *priority* yang lebih kecil dibandingkan dengan *priority* yang digunakan pada VLAN 10, yaitu 4096 pada VLAN 20 dan 28672 pada *priority* VLAN 10.

spanning-tree mode pvst

spanning-tree extend system-id

spanning-tree vlan 20 priority 4096

spanning-tree vlan 10 priority 28672

Pengimplementasian PVST mampu melakukan *redundancy* jika SW-1 mengalami *link failure* maka akses VLAN 10 secara otomatis dialihkan menuju SW-2 serta jika SW-2 mengalami *link failure* maka akses VLAN 20 akan dialihkan pula menuju SW-1 secara otomatis.

C. Uji Konektifitas Skenario 1 – STP Dalam Keadaan Normal

Skenario didalam uji konektifitas yang pertama ialah melakukan test terhadap layanan STP didalam jaringan, pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengiriman paket menggunakan protocol ICMP terhadap VLAN ID yang sama untuk mengetahui hop dari *source* menuju *destination*. Terlihat pada tabel IV merupakan hasil dari uji konektifitas didalam jaringan STP dalam keadaan normal. PC 1 berada didalam VLAN 10 melakukan pengiriman paket menuju PC-3 dengan melalui SW-A menuju SW-1 sebagai root bridge dan diteruskan menuju SW-B hingga menuju Client tujuan. Pengujian selanjutnya dilakukan terhadap client yang berada didalam VLAN ID 20, PC 2 melakukan pengiriman paket menuju PC-4 dengan menggunakan hop SW-A menuju switch root bridge SW-1 dan diteruskan menuju SW-B hingga client PC-4.

Tabel 4
Uji Konektifitas Skenario 1 – STP Dalam Keadaan Normal

Source	Hop			Destination
PC1	SW-A	SW-1	SW-B	PC-3
PC2	SW-A	SW-1	SW-B	PC-4

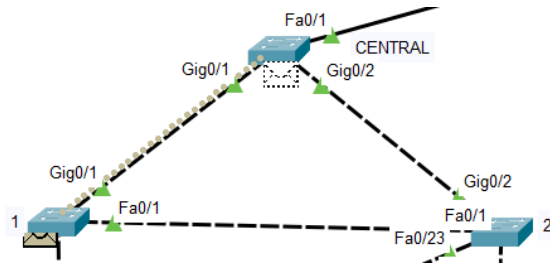
D. Uji Konektifitas Skenario 2 – STP Dalam Keadaan *Link Failure Root Bridge*

Skenario pengujian ke 2 ialah melakukan uji konektifitas disaat *root bridge* mengalami *link failure* pada SW-1 interface Fa0/23. Jika didalam jaringan STP yang berjalan dengan normal PC1 dan PC2 ketika melakukan pengiriman paket akan melalui SW-A menuju SW-1 dan menuju SW-B. Terlihat pada tabel V dan gambar 3, jika terjadi *link failure* terhadap *root bridge* maka akses akan dialihkan secara otomatis menuju Switch Cental dikarenakan switch central memiliki cost yang lebih kecil dibandingkan dengan SW-2 dengan nilai cost 4 berbanding 19 menuju SW-2 dan diteruskan pada SW-B.

Tabel 5

Uji Konektifitas Skenario 2 – STP Dalam Keadaan *Link Failure* Root Bridge

Source	Hop				Dst	
PC1	SW-A	SW-1	CENTRAL	SW-2	SW-B	PC-3
PC2	SW-A	SW-1	CENTRAL	SW-2	SW-B	PC-4



Sumber : Hasil Penelitian (2023)

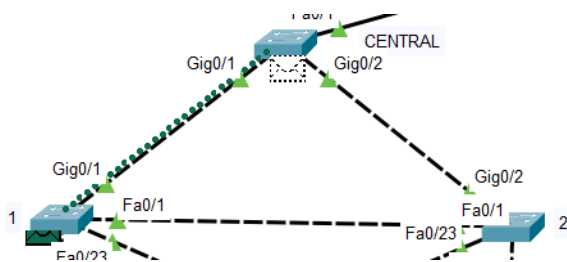
Gambar 3. Link Failure STP Root Bridge

E. Uji Konektifitas Skenario 3 – PVST Dalam Keadaan Normal

Pengujian jaringan PVST dilakukan dengan 2 cara, disaat jaringan dalam keadaan normal dan saat terjadinya link failure, untuk mendapatkan hasil terjadinya redundancy didalam layanan PVST. Skenario pengujian PVST yang pertama kali dilakukan ialah didalam keadaan normal, dimana seluruh client melakukan pengiriman paket. Terlihat pada tabel VI dan gambar 4 merupakan hasil uji konektifitas didalam jaringan PVST. PC1 melakukan pengiriman paket menuju PC3 dan Router. PC2 melakukan pengiriman paket menuju PC4 dan router.

Tabel 6
Uji Konektifitas Skenario 3 – PVST Dalam Keadaan Normal

Source	Hop		Destination
PC1	SW-A	1	SW-B
PC2	SW-A	1	SW-B
PC1	SW-A	1	CENTRAL
PC2	SW-A	2	CENTRAL
PC3	SW-B	1	CENTRAL
PC4	SW-B	2	CENTRAL



Sumber : Hasil Penelitian (2023)

Gambar 4. Uji Konektifitas PVST Dalam Keadaan Normal

PC-1 yang terhubung kedalam VLAN ID 10 saat melakukan pengiriman paket menuju router melalui

SW-A dan menuju SW-1 sebagai switch priority VLAN 10 dan meneruskan menuju switch central ke router. Sedangkan PC2 yang terhubung kedalam VLAN ID 20 saat melakukan pengiriman paket layanan menuju SW-A menuju SW-2 sebagai switch priority dari VLAN 20 dan diteruskan menuju switch central menuju router.

F. Uji Konektifitas Skenario 3 – PVST Dalam Keadaan *Link Failure* VLAN Priority 10

Skenario pengujian selanjutnya ialah disaat SW-1 sebagai *priority* dari VLAN 10 mengalami *link failure*. Terlihat pada tabel VII, jika sebelumnya didalam layanan PVST PC1 melakukan pengiriman paket menuju router melalui SW-1 kini saat terjadinya *link failure*, maka akses akan di *redundancy* secara otomatis menuju SW-2 dan diteruskan menuju switch central ke arah router.

Tabel 7
Uji Konektifitas Skenario 3 – PVST Dalam Keadaan *Link Failure* VLAN Priority 10

Source	Hop				Dst	
PC1	SW-A	SW-2	CENTRAL	SW-1	SW-B	PC-3
PC2	SW-A	SW-2	SW-B			PC-4
PC1	SW-A	SW-2	CENTRAL			ROUTER
PC2	SW-A	SW-2	CENTRAL			ROUTER
PC3	SW-B	SW-2	CENTRAL			ROUTER
PC4	SW-B	SW-2	CENTRAL			ROUTER

KESIMPULAN

Pengimplementasian STP dan PVST diharapkan mampu melakukan pemecahan broadcast dan collision terhadap layanan data dikarenakan STP mampu memilih jalur tunggal yang akan dilewati saat pengiriman paket data dan melakukan redundancy berdasarkan root bridge-nya. Sedangkan PVST mampu menerapkan konsep keamanan jaringan berdasarkan VLAN ID dengan nilai prioritasnya sehingga layanan data terbagi dengan sama rata diantara switch berdasarkan priority masing-masing VLAN.

REFERENSI

Damanik, B., SINUSOIDA, M. H.-, & 2020, undefined. (2017). Simulasi Perancangan Spanning Tree Protocol Dengan Topologi Ring Pada Multi-Akses Virtual Local Area Network. *Ejournal.Istn.Ac.Id*, 8(2), 138.

Dewi, S., & Firmansyah, F. (2019). Quality of Service Gateway Load Balancing Protocol Message Digest algorithm 5 Authentication For Network Quality Enhancement. *Journal of Telematics and Informatics*, 7(1), 45–50. <http://section.iaesonline.com/index.php/JTI/art>

- icle/view/709
- Djumhadi, D., & Roring, R. S. (2020). Perancangan Dan Implementasi Jaringan Failover Menggunakan Protokol Spanning Tree Pada Pt. Pln Up3B Kalimantan Timur. In *Jurnal Ilmiah Matrik* (Vol. 22, Issue 3). <https://doi.org/10.33557/jurnalmatrik.v22i3.1120>
- Ferdiansyah, D. (2017). Perancangan Jaringan Vlan (Virtual Local Area Network) Kementerian Komunikasi Dan Informatika RI Jakarta. *Simnasiptek 2017, 1*, 1–6.
- Firmansyah, Pratama, E. K., & Dewi, S. (2018). Implementasi Dan Analisa Kinerja Jaringan Cisco RPVST + Load Balancing. *Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa, IV(1)*, 15–20.
- Fitri Boy, A. (2020). Implementasi Data Mining Dalam Memprediksi Harga Crude Palm Oil (CPO) Pasar Domestik Menggunakan Algoritma Regresi Linier Berganda (Studi Kasus Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Utara). *Journal of Science and Social Research, 4307(2)*, 78–85.
- Indrianingsih, Y., Wintolo, H., & Saputri, E. Y. (2021). Spanning Tree Protocol (STP) Based Computer Network Performance Analysis on BPDU Config Attacks and Take Over Root Bridge Using the Linear Regression Method. *Jurnal Online Informatika, 6(2)*, 155. <https://doi.org/10.15575/join.v6i2.703>
- Mochamad Wahyudi, M. M., Kom, M., & Firmansyah. (2021). *15 BEST PRACTICE SKILL CISCO ROUTING AND SWITCHING*. Bintang Pustaka Madani.
- Peniarsih. (2015). Rancangan Sistem Jaringan Stp (Spanning Tree Protocol). *JSI (Jurnal Sistem Informasi)*, 2.
- Rahmanzi, M. Z., Fitri, I., & Aningsih, A. (2021). Kinerja Load Balancing pada Teknologi Etherchannel Menggunakan Metode VLAN Trunking Protocol (VTP). *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan, 5(3)*, 9–15. <https://doi.org/10.37438/jimp.v5i3.236>
- Renwarin, V. M. J., & Radiah, U. (2021). Implementasi Spanning Tree Protocol (STP) Pada Perancangan Virtual Local Area Network (VLAN) Pada PT Regalindo Sakti Jakarta. *Jurnal JI-Tech, 17(1)*, 6–11.
- Rudroju, S. (2020). *Root Failure Analysis in Meshed Tree Networks*. Rochester Institute of Technology.
- Saputra, W., & Suryawan, F. (2017). Implementasi VLAN dan Spanning Tree Protocol Menggunakan GNS 3 dan Pengujian Sistem Keamanannya. *Khazanah Informatika : Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika, 3(2)*, 64–72. <https://doi.org/10.23917/khif.v3i2.5311>
- Sopian, A., Khoiriyah, K., Dwi, I., Gonti, P., Studi, P., Informasi, S., Teknologi, F., Studi, P., Informatika, T., & Teknologi, F. (2022). Perancangan jaringan virtual lan menggunakan metode protokol peer-vlan spanning tree. *Jurnal Elektro & Informatika*.
- Subli, M., -, H., & Wahyudi, E. (2020). Penerapan Spanning Tree Protocol Untuk Mencegah Terjadinya Looping Pada Frame Ethernet. *Explore, 10(1)*, 7. <https://doi.org/10.35200/explore.v10i1.358>
- Syihabuddin, M., & Jenih, J. (2021). Implementasi Redundant Switch Menggunakan CISCO Catalyst Di PT. Citra Solusi Pratama. *Jurnal Teknologi Informasi, 7(2)*, 77–85. <https://doi.org/10.52643/jti.v7i2.1900>
- Taufan, M., Zaen, A., & Tanton, A. (2022). *Topologi Redundansi Link Untuk Keamanan Serta Mitigasi Ketersediaan Jaringan Komputer Menggunakan Rapid Spanning Tree Protocol. 4(1)*, 88–100. <https://doi.org/10.47065/josyc.v4i1.2336>
- Triarso, H. A., & Misinem. (2021). Rancangan Sistem Jaringan Spanning Tree Protocol (STP) Berbasis VLAN Menggunakan Packet Tracer di PT . Telkom Rivai. *Seminar Hasil Penelitian Vokasi (SEMHAVOK), 3(1)*, 147–154.
- Willis, P. (2019). *A Performance Analysis of the Meshed Tree Protocol and the A Performance Analysis of the Meshed Tree Protocol and the Rapid Spanning Tree Protocol Rapid Spanning Tree Protocol*. RIT – Main Campus.