



Analisis Penggunaan *Switch Layer 3* Untuk Keandalan Perangkat Telekomunikasi Gardu Induk

Stefanus Kristian Andreanto^{1*}, Yulita Arni Priastiwi^{1,2}, Anik Sarminingsih^{1,3}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

³Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: stefanus@plne.co.id

(Received: February 3, 2025; Accepted: April 23, 2025)

Abstract

Analysis of Layer 3 Switch Usage for Substation Telecommunication Device Reliability. The reliability of telecommunication devices in substations is a crucial factor in maintaining the continuity of electrical system operations. In this context, the use of layer 3 switches is an effective solution to improve network quality and optimize telecommunication system performance. This study aims to analyze the application of layer 3 switches in improving the reliability of telecommunication devices in substations, which include aspects of device selection, network configuration, and routing capabilities and data traffic management. This study uses a case study method on several substations with layer 3 switch implementations, where evaluations of performance, network stability, and detection and recovery from disturbances are carried out. The results of the analysis show that layer 3 switches can improve communication efficiency between devices, reduce downtime and increase fault tolerance in substation telecommunication networks. Thus, the application of this technology has proven effective in supporting the reliability and performance of telecommunication devices in the electrical industry environment.

Keywords: layer 3 switch, reliability, telecommunication devices, substation, network, routing

Abstrak

Keandalan perangkat telekomunikasi pada gardu induk merupakan faktor krusial dalam menjaga kontinuitas operasi sistem kelistrikan. Dalam konteks ini, penggunaan *switch layer 3* menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan kualitas jaringan dan mengoptimalkan performa sistem telekomunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *switch layer 3* dalam meningkatkan keandalan perangkat telekomunikasi di gardu induk, yang meliputi aspek pemilihan perangkat, konfigurasi jaringan, serta kemampuan *routing* dan manajemen trafik data. Penelitian ini menggunakan metode studi kasus pada beberapa gardu induk dengan implementasi *switch layer 3*, di mana dilakukan evaluasi terhadap kinerja, kestabilan jaringan, serta deteksi dan pemulihan dari gangguan. Hasil analisis menunjukkan bahwa *switch layer 3* dapat meningkatkan efisiensi komunikasi antar perangkat, mengurangi *downtime* dan meningkatkan toleransi terhadap kesalahan pada jaringan telekomunikasi gardu induk. Dengan demikian, penerapan teknologi ini terbukti efektif dalam mendukung keandalan dan kinerja perangkat telekomunikasi di lingkungan industri kelistrikan.

Kata kunci: *switch layer 3, keandalan, perangkat telekomunikasi, gardu induk, jaringan, routing*

How to Cite This Article: Andreanto, S. K., Priastiwi, Y. A., & Sarminingsih, A. Analisis Penggunaan Switch Layer 3 Untuk Keandalan Perangkat Telekomunikasi Gardu Induk. *JPII*, 3(2), 67-72. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.26840>

PENDAHULUAN

Dalam dunia telekomunikasi, keandalan dan kestabilan jaringan sangat penting untuk mendukung operasional sistem yang kompleks, seperti sistem yang berada pada gardu induk. Gardu induk yang merupakan bagian dari infrastruktur kelistrikan membutuhkan jaringan komunikasi yang andal dan efisien untuk memastikan distribusi energi yang stabil. Salah satu solusi yang banyak dipertimbangkan adalah penggunaan perangkat *switch layer 3* dalam jaringan telekomunikasi gardu induk.

Switch layer 3 adalah perangkat jaringan yang menggabungkan fungsi *switch* (pada *layer 2*) dengan kemampuan *routing* (pada *layer 3*) dalam model OSI (*Open Systems Interconnection*). Meskipun *switch* pada umumnya beroperasi pada *layer 2* (*Data Link Layer*), yang bertugas mengalihkan data berdasarkan alamat MAC (*Media Access Control*) *switch layer 3* dapat melakukan *routing* paket data antar jaringan yang berbeda, berdasarkan alamat IP (*Internet Protocol*).

Switch layer 3 dirancang untuk menggabungkan fungsi *switching* tradisional dan *routing* (penyambungan jaringan) dalam satu perangkat. *Switch* ini ideal untuk jaringan berskala besar, menawarkan pemrosesan data berkecepatan tinggi, kemampuan *routing* dan skalabilitas untuk memenuhi kebutuhan lingkungan TI (Teknologi Informasi) yang modern dan kompleks (Cisco Systems, 2022) sehingga dapat menjadi pilihan tepat dalam mengoptimalkan jaringan komunikasi di lingkungan yang memerlukan kestabilan tinggi, seperti pada gardu induk. *Switch* ini memungkinkan pengelolaan trafik data secara lebih efisien, sekaligus memberikan kemampuan untuk menangani *routing* antar *subnet* dengan lebih baik dibandingkan dengan *switch layer 2*. Dengan demikian, analisis mengenai penggunaan *switch layer 3* dalam meningkatkan keandalan sistem telekomunikasi di gardu induk menjadi sangat relevan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji manfaat, tantangan dan potensi implementasi *switch layer 3* dalam meningkatkan keandalan perangkat telekomunikasi pada gardu induk, serta dampaknya terhadap operasional dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan meliputi pendekatan kualitatif dan kuantitatif yang akan menggabungkan kajian literatur, studi kasus, serta eksperimen lapangan. Berikut adalah tahapan metode penelitian yang digunakan:

Studi Litearur

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan kajian literatur terhadap berbagai sumber yang relevan, seperti jurnal, buku, artikel dan dokumen teknis mengenai *switch layer 3*, jaringan telekomunikasi, serta penerapannya pada gardu induk seperti *Application of Routing Communication Between Vlans in A Layer 3 Switch* (Xiaowei & Zhimin, 2019) yang membahas mengenai aplikasi *routing* di antara VLAN (*Virtual Local Area Network*) untuk meningkatkan manfaat ekonomi, memperbaiki kinerja keamanan jaringan dan mengoptimalkan manajemen jaringan.

Switch pada jaringan komputer dapat bekerja pada beberapa *layer* berdasarkan model OSI (*Open Systems Interconnection*). Berikut adalah pembagian *layer* pada *switch* beserta penjelasannya:

1. Perangkat *Layer 1: Hub (Physical Layer)*
 - Definisi: *Hub* adalah perangkat jaringan sederhana yang bekerja pada *Layer 1 (Physical Layer)*.
 - Fungsi:
 - Tidak "cerdas" (*non-intelligent device*) karena hanya meneruskan sinyal listrik ke semua *port* tanpa memeriksa alamat tujuan.
 - Mentransmisikan data ke semua perangkat yang terhubung (*broadcast*).
 - Ciri-ciri:
 - Tidak mengenali alamat MAC atau IP.
 - Tidak mendukung VLAN atau fitur keamanan.
 - Mudah menyebabkan *collision* (tabrakan data) karena semua perangkat berbagi *bandwidth* yang sama.
 - Contoh Penggunaan: Jaringan kecil yang tidak memerlukan performa tinggi (jarang digunakan saat ini).
2. *Switch Layer 2 (Data Link Layer)*
 - Definisi: *Switch Layer 2* bekerja pada *Data Link Layer (Layer 2)* dan menggunakan alamat MAC untuk memutuskan ke mana data harus dikirim.
 - Fungsi:
 - Meneruskan data hanya ke *port* tujuan berdasarkan tabel MAC.

- Mengurangi *collision* dengan menciptakan domain *collision* terpisah untuk setiap *port*.
 - Ciri-ciri:
 - Mendukung VLAN.
 - Tidak mendukung *routing* antar subnet (*routing* IP).
 - Digunakan untuk konektivitas perangkat dalam jaringan lokal (LAN).
 - Contoh Penggunaan: Jaringan kantor kecil hingga menengah.
3. *Switch Layer 3 (Network Layer)*
- Definisi: *Switch Layer 3* bekerja pada *Network Layer (Layer 3)* dan mendukung *routing* antar VLAN/subnet menggunakan alamat IP.
 - Fungsi:
 - Melakukan *switching* data berdasarkan MAC (*Layer 2*) dan *routing* berdasarkan IP (*Layer 3*).
 - Mendukung protokol *routing* seperti OSPF, EIGRP, atau RIP.
 - Ciri-ciri:
 - Menggabungkan fungsi *switch* dan *router*.
 - Lebih mahal dan kompleks dibandingkan *Layer 2 switch*.
 - Digunakan dalam jaringan besar atau *enterprise*.
 - Contoh Penggunaan: *Routing* antar VLAN di lingkungan *data center* atau perusahaan.

Fitur	Layer 1 (Hub)	Layer 2 Switch	Layer 3 Switch
OSI Layer	Physical Layer (Layer 1)	Data Link Layer (Layer 2)	Network Layer (Layer 3)
Alamat yang Digunakan	Tidak ada	MAC Address	IP Address, MAC Address
Broadcast Domain	Satu domain	Satu domain per VLAN	Satu domain per subnet
Collision Domain	Satu domain	Satu domain per port	Satu domain per port
Fungsi Routing	Tidak ada	Tidak ada	Mendukung routing
Kinerja Jaringan	Lambat (karena collision)	Lebih cepat	Paling cepat (routing + switching)

Gambar 1. Perbandingan antara *layer*

Studi literatur ini bertujuan untuk memahami konsep dasar, prinsip kerja, serta manfaat dan tantangan yang dihadapi dalam menggunakan *switch layer 3* dalam sistem telekomunikasi gardu induk.

Identifikasi Masalah dan Penentuan Variabel Penelitian

Berdasarkan hasil studi literatur, dilakukan identifikasi masalah utama yang dihadapi oleh perangkat telekomunikasi pada gardu induk, seperti gangguan komunikasi, latensi tinggi dan keandalan jaringan yang

kurang optimal. Variabel yang akan dianalisis antara lain adalah:

1. Keandalan Jaringan:
Pengaruh penggunaan *switch layer 3* terhadap peningkatan keandalan komunikasi.
2. Efisiensi Pengelolaan Trafik:
Analisis kemampuan *switch layer 3* dalam mengelola trafik data antar subnet.
3. Keamanan Jaringan:
Dampak penggunaan *switch layer 3* terhadap keamanan data dalam jaringan telekomunikasi gardu induk.

Studi Kasus Pada Gardu Induk

Penelitian ini akan melibatkan studi kasus pada beberapa gardu induk yang telah mengimplementasikan perangkat *switch layer 3* dalam sistem telekomunikasi mereka. Data mengenai performa jaringan, tingkat keandalan dan *incident report* (misalnya gangguan atau *downtime*) akan dikumpulkan dan dianalisis untuk mengevaluasi seberapa efektif penggunaan *switch layer 3* dalam meningkatkan keandalan sistem komunikasi.

Implementasi Lapangan dan Pengujian

Untuk mendapatkan data kuantitatif, dilakukan pengujian lapangan dengan memantau performa *switch layer 3* dalam jaringan telekomunikasi di gardu induk. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan *switch layer 3* dalam hal:

- Latensi dan kecepatan transmisi data.
- Tingkat ketersediaan jaringan (*uptime*) dan gangguan komunikasi.
- Kemampuan *switch layer 3* dalam menangani *routing* antar subnet dan mitigasi kegagalan jaringan.

Pengujian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap dengan berbagai konfigurasi untuk memperoleh data yang valid dan representatif.

Analisa Data

Data yang diperoleh dari studi kasus dan eksperimen lapangan akan dianalisis menggunakan metode analisis kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif digunakan untuk mengukur perbandingan kinerja jaringan sebelum dan sesudah penggunaan *switch layer 3*, sementara analisis kualitatif digunakan untuk memahami dampak teknis dan operasional dari penerapan teknologi ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengecekan Jalur Komunikasi

Pada penerapan *switch layer 3* pada jaringan telekomunikasi, pertama yang dibutuhkan adalah mengetahui jalur *fiber optic* eksisting antar gardu induk. Pada jaringan eksisting dilakukan pengukuran redaman pada *fiber optic* untuk mengetahui bagus atau tidaknya

jalur yang nantinya akan digunakan untuk menghubungkan *switch layer 3*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran redaman *fiber optic*

Pada pengukuran redaman pada *fiber optic* tersebut diperoleh 7,2 dB. Untuk sistem komunikasi *fiber optic* yang ideal, kerugian total di sepanjang serat optik biasanya dibatasi untuk tidak lebih dari 10 dB untuk menjaga kualitas sinyal yang diterima pada ujung penerima.

Pemasangan Perangkat Pada Jaringan

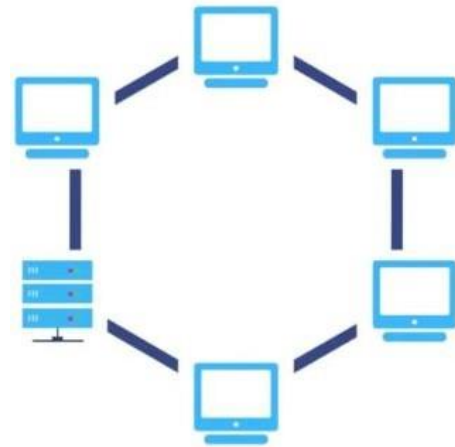
Setelah melakukan pengukuran pada jalur *fiber optic*, maka dilakukan pemasangan *switch layer 3* seperti pada Gambar 3 pada jaringan komunikasi gardu induk.



Gambar 3. Switch layer 3

Pemasangan perangkat *switch* antar gardu induk menggunakan topologi *ring*. Topologi *ring* adalah salah satu jenis topologi jaringan di mana setiap perangkat atau *node* dalam jaringan dihubungkan dengan perangkat lain dalam suatu lingkaran (*ring*) tertutup. Dalam topologi ini, data bergerak dalam satu arah atau dua arah sepanjang jaringan, melewati setiap *node* secara berurutan sampai mencapai tujuan akhir. Setiap perangkat dalam topologi *ring* memiliki 2 koneksi: satu ke perangkat sebelumnya

dan satu lagi ke perangkat berikutnya seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Topologi *ring*

Pengujian dengan Menggunakan Perangkat Teleproteksi

Integrasi teleproteksi gardu induk ke dalam jaringan yang menggunakan *switch layer 3* merupakan langkah penting dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem proteksi pada gardu induk. Sistem proteksi ini bertugas untuk mendeteksi dan mencegah kerusakan pada peralatan kelistrikan dengan memutuskan hubungan jika terjadi gangguan seperti pada Gambar 5, sedangkan *switch layer 3* berperan sebagai perangkat pengelola lalu lintas data yang dapat melakukan *routing* antar *subnet* dan meningkatkan performa jaringan. Integrasi ini akan memastikan komunikasi yang lebih stabil dan aman, serta mempercepat respon terhadap masalah yang muncul.

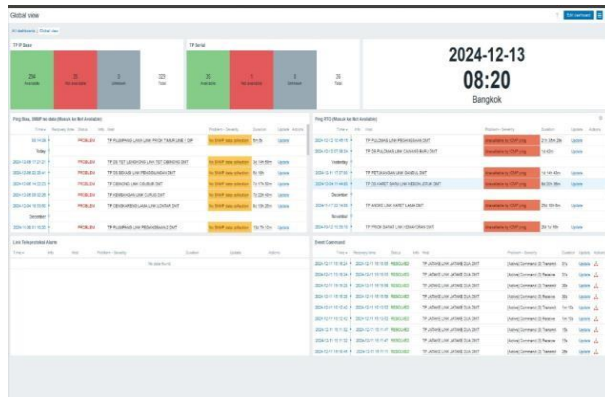


Gambar 5. Teleproteksi

Untuk memastikan komunikasi yang terisolasi dan aman antara perangkat teleproteksi, perlu dikonfigurasi VLAN pada *Switch layer 3* (Xiaowei & Zhimin, 2019). Setiap jenis trafik dapat dipisahkan dalam VLAN yang berbeda.

Setelah konfigurasi selesai, penting untuk melakukan pengujian terhadap jaringan untuk

memastikan bahwa semua perangkat proteksi dapat berkomunikasi dengan baik dan pengalihan trafik dapat dilakukan dengan benar dalam situasi kegagalan. Pemantauan jaringan secara *real-time* dengan menggunakan SNMP (*Simple Network Management Protocol*) atau sistem *monitoring* lainnya juga diperlukan untuk mendeteksi dan menangani masalah yang terjadi seperti Gambar 6.



Gambar 6. Monitoring teleproteksi

Pembahasan

Penerapan *switch layer 3* pada perangkat telekomunikasi di gardu induk memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan keandalan sistem komunikasi. *Switch* ini tidak hanya berfungsi untuk menghubungkan perangkat di dalam jaringan, tetapi juga memiliki kemampuan *routing* yang memungkinkan pemisahan dan pengelolaan trafik data antar *subnet* secara lebih efisien.

Salah satu tantangan utama dalam sistem komunikasi gardu induk adalah keandalan jaringan yang harus terus-menerus terjaga. Gangguan atau *downtime* dalam komunikasi dapat menyebabkan kegagalan operasional yang berdampak pada kestabilan sistem kelistrikan. Dalam penelitian ini, penggunaan *switch layer 3* terbukti efektif dalam mengurangi waktu *downtime* dengan memberikan kemampuan deteksi dan pengalihan jalur (*routing failover*) yang lebih baik jika terjadi kegagalan pada jalur utama.

Peningkatan performa jaringan juga terlihat dalam hal latensi transmisi data. Sebelumnya, dengan menggunakan *switch layer 2*, gardu induk sering menghadapi hambatan dalam pengelolaan trafik, terutama ketika terdapat banyak perangkat yang saling berkomunikasi. Dengan menggunakan *switch layer 3*, kemampuan *routing* memungkinkan data yang dikirimkan untuk diarahkan ke jalur yang paling efisien, sehingga mengurangi latensi dan meningkatkan kecepatan transmisi data. Hal ini sangat penting untuk aplikasi pengawasan dan kontrol yang membutuhkan komunikasi *real-time*.

Dari sisi keamanan, fitur tambahan yang dimiliki *switch layer 3*, seperti pemisahan jaringan berdasarkan IP dan implementasi *routing policies*, memberikan lapisan keamanan tambahan. Pada gardu induk, di mana data sensitif seperti status operasional dan kontrol perangkat dikirimkan secara berkelanjutan, perlindungan terhadap ancaman siber menjadi sangat penting. Keamanan ini dapat mencegah akses yang tidak sah dan mengurangi risiko terjadinya gangguan yang dapat membahayakan keseluruhan sistem.

Keuntungan lainnya adalah kemudahan dalam skalabilitas jaringan. Dalam lingkungan gardu induk yang terus berkembang, perlu ada penambahan perangkat dan jaringan dengan cepat dan efisien. *Switch layer 3* mendukung ekspansi tersebut karena mampu menangani penambahan *subnet* baru tanpa mengganggu kinerja jaringan yang ada. Hal ini sangat menguntungkan dalam perencanaan jangka panjang dan pengembangan sistem telekomunikasi yang lebih kompleks.

KESIMPULAN

Pada pengujian integrasi teleproteksi gardu induk dengan *switch layer 3* adalah solusi yang efisien untuk meningkatkan keandalan, skalabilitas dan keamanan sistem proteksi di gardu induk. Dengan menggunakan *switch layer 3*, komunikasi antar perangkat proteksi dapat dikelola secara efisien, memberikan kecepatan lebih dalam pengambilan keputusan proteksi, serta memastikan redundansi dan toleransi terhadap kegagalan jaringan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *switch layer 3* pada perangkat telekomunikasi di gardu induk dapat secara signifikan meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional jaringan. Kemampuannya dalam pengelolaan trafik, peningkatan keamanan dan skalabilitas jaringan membuatnya menjadi solusi yang tepat untuk mendukung kebutuhan komunikasi yang stabil dan andal pada gardu induk.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fares, M., & Tabbane, F. (2021). Impact of Switch layer 3 on Security and Performance of Industrial Communication Networks. *Journal of Industrial Networks*.
- Baker, C. (2018). *Switching and Routing in Networking: A Practical Guide to Layer 2 and Layer 3 Devices*.
- Cisco Systems, Inc. (2022). *Cisco Switch layer 3 Overview*.
- Hughes, A., & King, R. (2019). *Telecommunication Networks and Systems: Principles and Applications*.
- Nawawi, M., & Sulaiman, M. (2022). *Evaluating Network Performance in Substation Communication Systems Using Switch layer 3es*. *IEEE Transactions on Power Systems*.

- Situmorang, P., & Nasution, S. (2020). Pengaruh Implementasi Teknologi Switch layer 3 terhadap Keandalan Sistem Jaringan Telekomunikasi di Gardu Induk. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*.
- Tan, M., & Su, W. (2020). Design and Application of Switch layer 3es in Modern Networking. *Journal of Networking and Telecommunications*.
- Xiaowei, J., & Zhimin, L. (2019, July). Application of Routing Communication Between VLANs in A Layer 3 Switch. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 569, No. 3, p. 032030). IOP Publishing.
- Zhang, Q., & Liu, Y. (2021) Optimizing Network Reliability with Switch layer 3ing in Critical Infrastructure Networks. *International Journal of Communication Sისტems*.