

ANALISIS TOPOLOGI JARINGAN SPANNING TREE PADA LINGKUP SISTEM KALIMANTAN TIMUR DAN UTARA PLN UNIT PELAYANAN PENGATUR BEBAN (UP2B) KALTIMTARA

Christopher Firgiawan Mora¹, Djumhadi², Muhammad Fahmi Abdillah³

^{1,2,3} Teknologi Informasi, Universitas Mulia, Indonesia

Corresponding Author: hazunokai@gmail.com

Received: 19 Desember 2023 Revised: 21 Agustus 2026 Accepted: 21 Agustus 2026 Published: 21 Agustus 2026

Abstrak: Kestabilan jaringan komunikasi data merupakan faktor krusial bagi PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Pengatur Beban (UP2B) Kalimantan Timur dan Utara dalam mengawasi kelancaran distribusi listrik secara real-time. Namun, infrastruktur jaringan berskala besar rentan terhadap gangguan seperti looping dan putusnya koneksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan topologi jaringan Spanning Tree dalam meningkatkan keandalan sistem komunikasi data di lingkup kelistrikan UP2B Kaltimra. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif analitis melalui pengamatan langsung pada topologi yang mencakup 29 switch di setiap gardu induk, serta evaluasi manajemen log pada switch utama. Pengumpulan data juga didukung oleh pemantauan lalu lintas komunikasi menggunakan perangkat lunak Paessler PRTG Network Monitor. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi Spanning Tree Protocol (STP) mampu melakukan otomatisasi pemilihan jalur komunikasi terbaik dan menyediakan jalur cadangan (redundancy) untuk meminimalisasi downtime. Meskipun implementasi ini telah mempermudah proses identifikasi gangguan, masih ditemukan tantangan berupa anomali looping akibat kurangnya koordinasi konfigurasi pada switch di lokasi terpencil. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perpaduan antara topologi Spanning Tree dan aplikasi PRTG sangat berkontribusi dalam menunjang produktivitas teknisi dan stabilitas operasional PLN, sekaligus memberikan rekomendasi bagi peningkatan keamanan jaringan distribusi data energi di masa depan.

Kata Kunci: Jaringan; Spanning Tree; Monitoring

1. Pendahuluan

PT PLN (Persero) sebagai badan usaha milik negara penyedia energi listrik memiliki tanggung jawab besar dalam menjaga stabilitas dan efisiensi jaringan listrik nasional. Dalam operasionalnya, distribusi listrik yang andal tidak hanya bergantung pada infrastruktur fisik kelistrikan, tetapi juga sangat ditunjang oleh keandalan infrastruktur teknologi informasi[1] . Entitas seperti PLN Unit Pelayanan Pengatur Beban (UP2B) Kalimantan Timur dan Utara (Kaltimra) memegang peranan vital dalam mengatur, mengawasi, dan menyeimbangkan beban listrik di wilayah tersebut.

Untuk menjalankan fungsi pemantauan distribusi listrik secara optimal, PLN UP2B mengelola jaringan data regional yang masif. Komunikasi data antar gardu induk harus berjalan secara real-time dan terus-menerus tanpa adanya jeda. Gangguan sekecil apa pun pada jaringan data dapat mengakibatkan keterlambatan informasi mengenai kondisi kelistrikan, yang pada akhirnya dapat mengancam stabilitas pasokan listrik ke masyarakat.

Kompleksitas jaringan yang menghubungkan puluhan switch di berbagai gardu induk menghadirkan tantangan teknis yang signifikan. Salah satu ancaman terbesar dalam jaringan [2] skala luas adalah terjadinya fenomena broadcast storm atau looping data yang dapat melumpuhkan seluruh sistem komunikasi [3], [4]. Selain itu, putusnya jalur kabel fisik akibat faktor eksternal di lapangan menuntut adanya mekanisme pemulihan jalur komunikasi secara cepat dan otomatis.

Menjawab tantangan tersebut, diperlukan penerapan protokol jaringan yang mampu melakukan deteksi dan pemilihan jalur alternatif secara mandiri. Spanning Tree Protocol (STP) [5] merupakan teknologi yang dirancang untuk mencegah terjadinya looping sekaligus memberikan jalur cadangan (redundancy) pada jaringan lokal [6], [7]. Dalam konteks PLN UP2B Kaltimra, implementasi topologi Spanning Tree diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional serta memudahkan teknisi dalam mengidentifikasi dan menyelesaikan gangguan komunikasi data [8].

Selain penerapan protokol jaringan yang tepat, pemantauan perangkat keras secara proaktif juga menjadi keharusan. Berbagai penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa pemantauan lalu lintas jaringan sangat krusial dalam lingkungan industri. Oleh karena itu, penggunaan sistem pemantauan terpusat seperti Paessler PRTG Network Monitor digunakan untuk memberikan visibilitas penuh terhadap status dan lalu lintas komunikasi setiap perangkat keras yang tersebar di berbagai daerah.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini secara khusus difokuskan pada analisis topologi jaringan Spanning Tree pada sistem PLN UP2B Kalimantan Timur dan Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang efektivitas cara kerja topologi yang sedang berjalan, mengevaluasi keandalannya, serta memetakan kendala-kendala teknis yang masih terjadi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan rekomendasi berharga bagi peningkatan kinerja sistem jaringan data pada sektor infrastruktur kritis [9].

2. Metode

2.1. Desain dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLN Persero UPT Kaltimra yang beralamat di Jalan Soekarno Hatta KM. 15, No 1, Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan yang dilaksanakan dari tanggal 10 Juli 2023 sampai dengan 6 Oktober 2023. Penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian deskriptif yaitu Teknik Wawancara, Pengamatan Langsung.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Guna mendapatkan data yang valid, penelitian ini menerapkan teknik pengumpulan data komprehensif yang terdiri dari:

1. Observasi Langsung: Melakukan pengamatan secara langsung terhadap perangkat keras jaringan di ruang *server* UP2B serta memantau antarmuka (*dashboard*) pemantauan sistem yang sedang berjalan.
2. Wawancara Terstruktur: Melakukan diskusi dan tanya jawab mendalam dengan teknisi jaringan (*network engineer*) di PT PLN terkait riwayat konfigurasi, arsitektur dasar, dan frekuensi gangguan (*downtime*) jaringan.
3. Studi Dokumentasi: Mengumpulkan data sekunder berupa *log* sistem dari perangkat *switch* utama, konfigurasi *pathcost* pada rute *Spanning Tree*, dan topologi logis yang telah dipetakan sebelumnya.

2.3. Instrumen dan Lingkup Jaringan

Ruang lingkup analisis dalam studi ini dibatasi pada area jaringan yang telah mengimplementasikan sistem *Spanning Tree*, yakni pada kluster Samarinda-Balikpapan. Instrumen fisik yang dievaluasi melibatkan 29 unit *switch* yang terdistribusi di berbagai gardu induk PT PLN, serta *router* dan *switch* utama yang dikelola terpusat di kantor UP2B. Selain perangkat keras, evaluasi lalu lintas jaringan didukung oleh instrumen perangkat lunak pemantauan, yaitu *Paessler PRTG Network Monitor*.

2.4. Teknik Analisis Data

Data yang telah terkumpul dianalisis secara kualitatif dengan mengevaluasi parameter operasional *Spanning Tree Protocol* (STP)[5], [10]. Analisis difokuskan pada tiga aspek utama:

1. Mekanisme pemilihan jalur rute alternatif saat terjadi kegagalan (*link failure*).
2. Evaluasi mitigasi fenomena *looping* data pada perangkat yang letaknya di luar jangkauan pengawasan fisik.
3. Tingkat efektivitas penggunaan fitur visualisasi jaringan pada aplikasi PRTG, seperti pemetaan perangkat (*device mapping*) dan peringatan kondisi (*status alerting*).

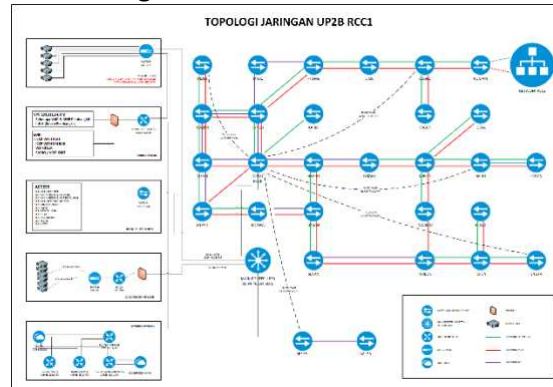
Hasil analisis ini kemudian dikorelasikan untuk menilai tingkat keandalan sistem jaringan secara keseluruhan[11].

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menguraikan hasil evaluasi komprehensif terhadap infrastruktur jaringan yang beroperasi di PT PLN (Persero) UPT Kaltimra, meliputi arsitektur topologi, mekanisme fungsional *Spanning Tree Protocol* (STP), integrasi sistem pemantauan, serta analisis kinerja jaringan[12].

3.1. Arsitektur dan Topologi Jaringan Spanning Tree

Gambar 1 mengilustrasikan desain topologi jaringan yang saat ini diterapkan pada PLN UP2B Kaltimra. Berdasarkan hasil observasi, implementasi sistem Spanning Tree belum diaktifkan secara menyeluruh di semua area operasi, melainkan difokuskan pengembangannya pada kluster Samarinda-Balikpapan. Penerapan secara parsial ini merupakan langkah penyesuaian strategis seiring dengan perluasan jangkauan infrastruktur secara bertahap. Secara arsitektural fisik, jaringan ini ditopang oleh 29 unit switch yang terdistribusi di setiap gardu induk, dengan perangkat router[13] serta switch utama dipusatkan di dalam ruang server kantor UP2B.



Gambar 1. Topologi Jaringan Spanning Tree

3.2. Mekanisme Operasional Spanning Tree

Spanning Tree Protocol (STP)[14] beroperasi sebagai mekanisme utama yang mengatur arah transmisi data berdasarkan parameter pathcost yang telah dikalkulasi. Secara fungsional, protokol ini secara konstan memonitor status interkoneksi; apabila mendeteksi adanya jalur komunikasi yang terputus (link failure), sistem akan secara otomatis mengalihkan lalu lintas data ke jalur alternatif terbaik. Kinerja transisi dan operasional protokol ini diverifikasi serta diamati secara empiris melalui aktivitas yang tercatat pada log switch utama.

3.3. Penggunaan Aplikasi Pemantauan

Guna mengelola infrastruktur yang berskala luas, PLN UP2B mengintegrasikan aplikasi *Paessler PRTG Network Monitor*. Perangkat lunak ini memfasilitasi pengawasan terpusat terhadap puluhan perangkat keras jaringan yang tersebar di berbagai wilayah regional. PRTG menyediakan fitur analitik visual yang komprehensif, meliputi ikhtisar kondisi jaringan secara keseluruhan, detail status setiap perangkat keras, pemantauan lalu lintas data secara *real-time*, serta pemetaan topologi jaringan secara visual[15]. Gambar 2 menampilkan antarmuka pemetaan jaringan pada dasbor PRTG, yang memberikan kemudahan bagi administrator dalam mengawasi stabilitas operasional harian.



Gambar 2. Tampilan Antarmuka Pemetaan Jaringan pada PRTG

3.4. Analisa Jaringan Spanning Tree

Evaluasi terhadap infrastruktur jaringan difokuskan pada dampak implementasi Spanning Tree terhadap operasional komunikasi data, yang mencakup aspek keunggulan teknis serta kendala di lapangan.

1. Keunggulan Implementasi

Implementasi Spanning Tree memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi komunikasi data melalui otomatisasi pemilihan jalur terbaik, menggantikan metode perutean statis atau manual. Stabilitas komunikasi data dijaga melalui penyediaan tiga jalur kabel cadangan (redundancy)[16], [17] untuk memastikan kontinuitas penyaluran data. Selain itu, proses pemeliharaan dan perbaikan (troubleshooting) infrastruktur menjadi lebih terstruktur dengan adanya integrasi aplikasi PRTG. Sistem pemantauan ini memfasilitasi pelacakan perangkat secara akurat dan memberikan peringatan dini (status alerting) terkait kondisi jaringan, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan dengan lebih tepat sasaran.

2. Tantangan dan Kendala Operasional

Tantangan utama dalam implementasi arsitektur ini adalah potensi terjadinya anomali looping pada jaringan. Fenomena ini umumnya dipicu oleh kurangnya koordinasi terkait komunikasi konfigurasi antar unit, yang mengakibatkan kesalahan penggunaan atau pengaturan pada port jaringan. Kendala ini sering kali ditemukan pada perangkat switch yang berlokasi di area luar kota dan berada di luar jangkauan pengawasan fisik secara langsung. Kondisi tersebut dapat membebani kapasitas jaringan (bandwidth) dan mendisrupsi kelancaran operasional komunikasi data secara keseluruhan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap operasional jaringan komunikasi data di PT PLN (Persero) UPT Kaltimra, implementasi topologi Spanning Tree pada kluster Samarinda-Balikpapan terbukti krusial dalam menjaga stabilitas transmisi data kelistrikan. Spanning Tree Protocol (STP) bekerja secara efektif dalam mendeteksi anomali jalur yang terputus dan secara otomatis mengalihkan lalu lintas data ke jalur cadangan (redundancy), sehingga potensi downtime dapat diminimalisasi.

Keandalan jaringan ini semakin diperkuat dengan integrasi sistem pemantauan terpusat menggunakan Paessler PRTG Network Monitor. Fitur pemetaan visual dan peringatan dini pada perangkat lunak tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi kerja teknis dalam mengidentifikasi titik gangguan dan mengoptimalkan langkah pemeliharaan. Meskipun demikian, masih ditemukan tantangan teknis berupa risiko looping data yang dipicu oleh kurangnya koordinasi konfigurasi antar unit, khususnya pada pengoperasian perangkat switch di area terpencil. Secara keseluruhan, perpaduan arsitektur Spanning Tree dan sistem pemantauan proaktif ini sangat berkontribusi dalam meningkatkan keandalan operasional perusahaan, di mana infrastruktur komunikasi data yang stabil menjadi fondasi utama bagi kelancaran distribusi listrik kepada masyarakat.

Referensi

- [1] S. Valian Yoga Pudya Ardhana Yusuf Wahyu Setiya Putra Riska Dwi Handayani Djumhadi M. Dermawan Mulyodiputro Ahmad Fauzi Anggi Ariesta Kusuma Agus Wijayanto Fatkhurrochman Danang Tejo Kumoro Dwi Astuti Wahyu Priyoatmoko Hafidudin Dodi Setiawan, *Konsep Dasar Teknologi Informasi*. Mega Press Nusantara, 2024. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=siceEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA40&dq=%5BBUKU%5D+Konsep+Dasar+Teknologi+Informasi+megapress&ots=MZ_mfOY0XN&sig=x1whZMMSAIrwkd-L1DSNMGf47zk&redir_esc=y#v=onepage&q=%5BBUKU%5D Konsep Dasar Teknologi Informasi megapress
- [2] A. Ikhwan Wicaksono *et al.*, "Komparasi Analisa Kinerja Mesh Interface dan Bridge Interface pada Wireless WDS Mesh Network," MEI, 2020.
- [3] M. Fahmi Abdillah, A. Wijayanto, and W. H. Pamungkas, "Virtual Local Area Network for Optimizing Network Performance using Simplified Form of Action Research," Aug. 2025. [Online]. Available: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- [4] A. Wijayanto, W. Nur Alimyaningtyas, dan Rana Zabrina, and F. Ilmu Komputer, "Penerapan Hybrid Cloud dan External Radius Server untuk Optimalisasi Manajemen Jaringan," *Jurnal of Business and Audit Information System*, vol. 7, no. 2, pp. 13–22, Sep. 2024, doi: 10.30813/jbase.v7i1.6059.
- [5] Djumhadi and Styx Riovan, "Perancangan dan Implementasi Jaringan Failover Spanning Tree," *Jurnal Ilmiah MATRIK*, Dec. 2020.
- [6] F. Firmansyah, T. Alfian Armawan Sandi, A. Fauzi, and R. Septian Anwar, "Analisis Performa Redundancy Link Menggunakan Metode Spanning Tree Protocol Dan Per VLAN Spanning Tree," *Jurnal Infortech*, vol. 5, no. 1, pp. 47–52, Jun. 2023, doi: 10.31294/infortech.v5i1.15629.
- [7] M. T. A. Zaen and A. Tanton, "Topologi Redundansi Link Untuk Keamanan Serta Mitigasi Ketersediaan Jaringan Komputer Menggunakan Rapid Spanning Tree Protocol," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 1, pp. 88–100, Dec. 2022, doi: 10.47065/josyc.v4i1.2336.
- [8] W. Hera Pamungkas and E. Prayitno, "PERANCANGAN JARINGAN REDUNDANCY LINK MENGGUNAKAN KONSEP HSRP DAN ETHERCHANNEL (Studi Kasus PT. Telkom Area Palangkaraya)," vol. 2, no. 1, 2018.

- [9] M. Talaat, A. S. Alsayyari, A. Alblawi, and A. Y. Hatata, "Hybrid-cloud-based data processing for power system monitoring in smart grids," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 55, p. 102049, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2020.102049.
- [10] D. F. Abd, R. A. Rashid, D. A. Othman, and H. M. Abdulqader, "Performance Evaluation using Spanning Tree Protocol, Rapid Spanning Tree Protocol, Per-VLAN Spanning Tree, and Multiple Spanning Tree," *UHD Journal of Science and Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 20–30, Jan. 2024, doi: 10.21928/uhdjst.v8n1y2024.pp20-30.
- [11] D. F. Abd, R. A. Rashid, D. A. Othman, and H. M. Abdulqader, "Performance Evaluation using Spanning Tree Protocol, Rapid Spanning Tree Protocol, Per-VLAN Spanning Tree, and Multiple Spanning Tree," *UHD Journal of Science and Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 20–30, Jan. 2024, doi: 10.21928/uhdjst.v8n1y2024.pp20-30.
- [12] J. Chen, X. Zheng, L. Zhang, L. Peng, and X. Liu, "MSTP Protocol Simulation Experiment Based on ENSP," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1486, no. 7, p. 072029, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1486/7/072029.
- [13] D. Djumhadi, Y. Servanda, W. N. A, and N. Muliansyah, "VLAN SEBAGAI MEDIA KEAMANAN SEDERHANA UNTUK MENGISOLASI JARINGAN DI SMKN6 BALIKPAPAN MENGGUNAKAN MIKROTIK ROUTER," *SINERGI : Jurnal Riset Ilmiah*, vol. 1, no. 2, pp. 80–89, Feb. 2024, doi: 10.62335/gp17xr33.
- [14] F. Iqromuddin, N. Dian Nathasia, and I. Fitri, "Peningkatan Konektifitas Service VPLS Redundant Path Dengan Rapid Spanning Tree Protocol," *Journal of Information Technology and Computer Science (JOINTECS) 65 JOINTECS*, vol. 2, no. 2, 2017.
- [15] M. Badrul, "IMPLEMENTASI AUTOMATIC FAILOVER MENGGUNAKAN ROUTER MIKROTIK UNTUK OPTIMALISASI JARINGAN," *Jurnal PROSISKO*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [16] F. Shahriar, S. Newaz, S. Zahidur Rashid, M. Azazur Rahman, and M. Foyazur Rahman, "Designing a reliable and redundant network for multiple VLANs with Spanning Tree Protocol (STP) and Fast Hop Redundancy Protocol (FHRP)."
- [17] E. K. Silalahi, Y. C. Sitanggang, E. Suryaningsih, and D. Kiswanto, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PROTOKOL HSRP DAN VRRP DALAM MENINGKATKAN REDUNDANSI GATEWAY PADA JARINGAN VIRTUAL," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6474.

Conflict of Interest Statement: The author(s) declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright: © Journal of Applied Information Technology Solution. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Journal of Applied Information Technology Solution (JAITS) is an open access and peer-reviewed journal published by Information Technology Department, Universitas Mulia, Indonesia.

