

QoS Jaringan PPPoE Berbasis Standar TIPHON dan Korelasi RSSI: Studi Kasus SMAN 1 Ciawi

Najmi Royani Maulida¹, Renra Juliana², Helmy Dzulfikar³

^{1,2,3}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

e-mail: ¹247007111077@student.unsil.ac.id, ²247007111071@student.unsil.ac.id, ³helmydz@unsil.ac.id

Diajukan: 12 Mei 2026; Direvisi: 18 Mei 2026; Diterima: 20 Mei 2026

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi kinerja jaringan komputer pada Laboratorium Komputer SMA Negeri 1 Ciawi menggunakan pendekatan Quality of Service (QoS) berbasis standar TIPHON. Pengukuran dilakukan pada lima lokasi mencakup empat laboratorium komputer dengan skema Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE) dan satu ruang guru dengan skema hotspot. Parameter yang diukur meliputi throughput, delay, packet loss, dan jitter. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi data Received Signal Strength Indicator (RSSI) dengan analisis QoS serta perbandingan langsung kedua skema pada kondisi ISP yang identik. Hasil penelitian menunjukkan kualitas jaringan secara umum berkategori baik hingga sangat baik dengan nilai QoS antara 81,25–100%. Throughput menjadi parameter pembatas utama, khususnya pada Laboratorium Komputer 1 yang hanya mencapai 17,64% dari kapasitas 100 Mbps. Ditemukan anomali korelasi negatif antara RSSI dan performa QoS: Laboratorium Komputer 4 dengan sinyal terlemah (−63 dBm) justru mencatatkan performa terbaik (QoS 100%, throughput 78,46 Mbps), sementara Laboratorium Komputer 3 dengan sinyal terkuat (−49 dBm) mencatatkan jitter tertinggi (89,67 ms).

Kata kunci: Quality of Service, TIPHON, PPPoE, RSSI, jaringan sekolah.

Abstract

This study evaluated the performance of a computer network at the laboratories of SMA Negeri 1 Ciawi using the Quality of Service (QoS) approach based on the TIPHON standard. Measurements were carried out at five locations comprising four computer laboratories using PPPoE connections and one teacher's room using a hotspot scheme. The parameters measured included throughput, delay, packet loss, and jitter. The novelty of this research lies in the integration of Received Signal Strength Indicator (RSSI) data with QoS analysis and the direct comparison of both connection schemes under identical ISP conditions. Results indicated overall network quality was categorized as good to excellent, with QoS values ranging from 81.25% to 100%. Throughput was the primary limiting parameter, particularly at Computer Laboratory 1, which achieved only 17.64% of its 100 Mbps capacity. A negative correlation anomaly was found between RSSI and QoS performance: Computer Laboratory 4 with the weakest signal (−63 dBm) recorded the best performance (100% QoS, 78.46 Mbps throughput), while Computer Laboratory 3 with the strongest signal (−49 dBm) recorded the highest jitter (89.67 ms). Gap analysis confirmed significant service inequality across locations with identical PPPoE schemes, indicating device condition as the dominant factor over signal strength.

Keywords: Quality of Service, TIPHON, PPPoE, RSSI, school network.

1. Pendahuluan

Transformasi digital di sektor pendidikan mendorong meningkatnya ketergantungan terhadap infrastruktur jaringan komputer sebagai tulang punggung berbagai aktivitas akademik berbasis daring [1]. Jaringan yang andal menjadi syarat mutlak bagi kelancaran pembelajaran digital, pengelolaan data sekolah, serta pelaksanaan ujian berbasis komputer [2]. Namun, kualitas layanan jaringan di lingkungan sekolah kerap mengalami degradasi seiring meningkatnya jumlah pengguna dan kompleksitas trafik data [3]. Kondisi ini mendorong perlunya evaluasi kinerja jaringan secara sistematis menggunakan pendekatan Quality of Service (QoS). Penelitian di bidang QoS jaringan sekolah telah banyak dilakukan. Sebagian besar mengukur parameter throughput, delay, packet loss, dan jitter menggunakan standar TIPHON [4]–[7], sementara yang lain berfokus pada implementasi optimasi bandwidth menggunakan metode Per Connection Queue (PCQ) atau Hierarchical Token Bucket (HTB) [8], [9]. Penelitian mengenai Point-to-

Point Protocol over Ethernet (PPPoE) pun telah ada, namun lebih menitikberatkan aspek keamanan dan implementasi teknis [10], [11], bukan dampaknya terhadap efisiensi pemanfaatan *bandwidth* dalam skenario nyata di sekolah [12], [13]. Penelitian-penelitian tersebut juga umumnya tidak melakukan *gap analysis* sistematis yang mengkuantifikasi kesenjangan antara kondisi aktual dan target standar, serta tidak mengintegrasikan faktor fisik sinyal sebagai variabel analisis [14]-[16]. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan tiga kontribusi utama. Pertama, integrasi data *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) sebagai variabel kontekstual dalam analisis QoS pada jaringan sekolah berbasis PPPoE merupakan sebuah pendekatan yang belum banyak diterapkan secara bersamaan dalam satu studi. Kedua, identifikasi anomali korelasi negatif antara kekuatan sinyal dan performa QoS, yang menantang asumsi umum bahwa sinyal lebih kuat otomatis menghasilkan performa lebih baik. Ketiga, perbandingan langsung skema PPPoE dan *hotspot* pada satu institusi dengan kondisi ISP yang identik, sehingga variabel eksternal dapat dikendalikan dan hasil komparasi lebih objektif. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Komputer SMAN 1 Ciawi, Tasikmalaya, menggunakan standar TIPHON sebagai acuan klasifikasi kualitas jaringan [17]-[19].

2. Metode Penelitian

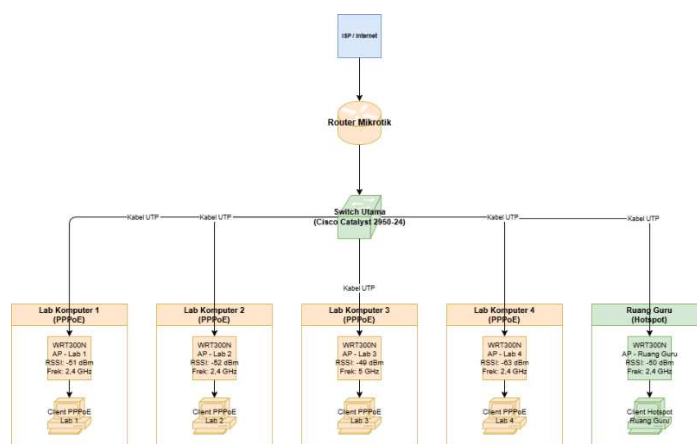
Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui pengukuran langsung parameter QoS pada jaringan komputer yang sedang beroperasi. Lokasi penelitian mencakup lima titik di SMAN 1 Ciawi: Laboratorium Komputer 1–4 dengan skema PPPoE dan Ruang Guru dengan skema *hotspot*, seluruhnya terhubung melalui ISP yang sama. Laboratorium 1 dan 4 beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz, sedangkan Laboratorium 2, 3 dan Ruang Guru menggunakan 5 GHz berdasarkan hasil observasi dengan aplikasi *WiFi Analyzer*. Pengumpulan data dilakukan menggunakan tiga instrumen: (1) aplikasi *Speedtest* untuk mengukur *throughput* (rata-rata *download* dan *upload*); (2) utilitas *Command Prompt* (CMD) dengan perintah *ping* 100 paket untuk mengukur *delay*, *packet loss*, dan *jitter*; serta (3) *WiFi Analyzer* untuk merekam nilai RSSI dan karakteristik frekuensi. Setiap lokasi diuji sebanyak tiga kali pengulangan di luar jam pelajaran aktif guna meminimalkan gangguan dari trafik pengguna lain. Nilai *jitter* dihitung menggunakan rumus $Jitter = Delay\ Maks - Delay\ Min$ sebagai pendekatan *range* selisih *delay* yang umum digunakan dalam evaluasi jaringan dengan keterbatasan *tools* sederhana [14]. Analisis kualitas dilakukan dengan membandingkan nilai terhadap standar TIPHON (Tabel 1). Nilai QoS keseluruhan dihitung sebagai rata-rata indeks keempat parameter: $QoS\ (\%) = (Indeks\ Throughput + Indeks\ Delay + Indeks\ Packet\ Loss + Indeks\ Jitter) / 4 \times 100\%$. *Gap analysis* kemudian mengkuantifikasi kesenjangan antara kondisi aktual dan target minimal standar TIPHON per parameter [20]

Tabel 1 Standar Klasifikasi QoS Berdasarkan TIPHON

Kategori	Throughput	Delay	Packet Loss	Jitter	Indeks
Sangat Baik	$\geq 76\%$	$< 150\ ms$	$0\% - 2\%$	$< 75\ ms$	4
Baik	$51\% - 75\%$	$150 - 300\ ms$	$3\% - 14\%$	$75 - 125\ ms$	3
Sedang	$25\% - 50\%$	$300 - 450\ ms$	$15\% - 25\%$	$125 - 225\ ms$	2
Buruk	$< 25\%$	$> 450\ ms$	$> 25\%$	$> 225\ ms$	1

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Infrastruktur Jaringan SMAN 1 Ciawi



Gambar 1 Topologi Jaringan SMA Negeri 1 Ciawi

Jaringan SMAN 1 Ciawi menggunakan topologi *star* dengan Router MikroTik sebagai pusat manajemen koneksi. Distribusi dilakukan melalui *switch* utama yang terhubung ke lima *access point*. Laboratorium Komputer 1-4 masing-masing mendapat alokasi *bandwidth* 100 Mbps dari ISP melalui skema PPPoE, sedangkan Ruang Guru mendapat 20 Mbps melalui skema *hotspot*. Dari observasi ditemukan bahwa kondisi fisik perangkat antar laboratorium tidak homogen, dengan indikasi perbedaan usia dan spesifikasi *router* dan *access point* yang berimplikasi signifikan terhadap hasil analisis berikutnya.

3.2. Hasil Pengukuran QoS

Tabel 2 menyajikan rangkuman hasil rata-rata pengukuran QoS dari seluruh lokasi. Setiap nilai merupakan rata-rata dari tiga kali pengujian.

Tabel 2 Rangkuman Hasil Pengukuran QoS Per Lokasi

Lokasi	Skema	RSSI (dBm)	Throughput (Mbps / %)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Pkt Loss	QoS (%)	Kategori
Lab 1	PPPoE	-51	17,64 / 17,64%	74,17	81,67	0%	81,25%	Baik
Lab 2	PPPoE	-52	47,75 / 47,75%	30,00	16,67	0%	90,63%	Baik
Lab 3	PPPoE	-49	47,19 / 47,19%	78,50	89,67	0%	87,50%	Baik
Lab 4	PPPoE	-63	78,46 / 78,46%	32,33	7,33	0%	100%	Sangat Baik
Ruang Guru	Hotspot	-50	18,88 / 94,38%	39,00	17,33	0%	100%	Sangat Baik

Seluruh lokasi menunjukkan nilai *packet loss* 0% dan *delay* di bawah 150 ms, yang termasuk kategori sangat baik menurut standar TIPHON. Parameter *throughput* menjadi variabel yang paling bervariasi antar lokasi. Perlu dicatat bahwa persentase *throughput* Ruang Guru (94,38%) dihitung terhadap kapasitas 20 Mbps, sementara laboratorium dihitung terhadap 100 Mbps, sehingga perbandingan nilai absolut kedua kelompok tidak sebanding.

3.3. Analisis QoS Berbasis Standar TIPHON

Merujuk pada Tabel 2, Laboratorium Komputer 1 memperoleh nilai QoS 81,25% (Baik) dengan kelemahan utama pada parameter *throughput* yang hanya 17,64% (Buruk). Laboratorium 2 dan 3 masing-masing mencapai 90,63% dan 87,50% (Baik), dengan *throughput* pada kategori Sedang. Laboratorium 4 dan Ruang Guru keduanya memperoleh QoS 100% (Sangat Baik) dengan seluruh parameter pada kategori sangat baik. Ketidakseimbangan paling mencolok terjadi pada parameter *jitter*: Lab 1 (81,67 ms) dan Lab 3 (89,67 ms) masuk kategori Baik (75-125 ms), sedangkan Lab 2, Lab 4, dan Ruang Guru berada pada kategori Sangat Baik (<75 ms). Nilai *jitter* Lab 3 menunjukkan fluktuasi ekstrem antar pengujian (180 ms → 83 ms → 6 ms), mengindikasikan adanya gangguan intermiten yang tidak konsisten pada lokasi tersebut.

3.4. Perbandingan Antar Lokasi dan Skema Jaringan

Meskipun seluruh laboratorium menggunakan skema PPPoE dengan alokasi *bandwidth* identik (100 Mbps), terdapat perbedaan *throughput* yang sangat signifikan: Lab 1 hanya 17,64%, sementara Lab 4 mencapai 78,46%. Selisih 60,82% ini tidak dapat dijelaskan oleh perbedaan skema atau kapasitas ISP, melainkan mengacu pada kondisi perangkat lokal. Protokol PPPoE menambahkan *overhead* enkapsulasi PAP/CHAP pada setiap sesi koneksi [11], yang berdampak signifikan pada perangkat dengan kemampuan pemrosesan terbatas atau CPU yang sudah menua. Inilah yang diduga menyebabkan *throughput* Lab 1 jatuh ke kategori Buruk. Ruang Guru dengan skema *hotspot* menunjukkan efisiensi pemanfaatan *bandwidth* yang jauh lebih tinggi (94,38%) dibandingkan rata-rata PPPoE. Hal ini karena *hotspot* tidak melalui proses autentikasi PPPoE per sesi, sehingga mengurangi *overhead* pemrosesan. Namun, perbandingan langsung nilai absolut *throughput* tidak valid karena kapasitas yang berbeda (20 Mbps vs 100 Mbps).

3.5. Analisis Perbandingan Frekuensi Jaringan (2,4 GHz vs 5 GHz)

Berdasarkan data observasi, perbedaan frekuensi antara laboratorium memberikan dimensi analisis tambahan. Tabel 3 menyajikan perbandingan rata-rata QoS berdasarkan karakteristik frekuensi yang digunakan.

Tabel 3 Perbandingan Kinerja QoS Berdasarkan Frekuensi Jaringan

Frekuensi	Lokasi	Throughput (Mbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	QoS (%)
2,4 GHz	Lab 1	17,64	74,17	81,67	81,25%
2,4 GHz	Lab 4	78,46	32,33	7,33	100%
Rata-rata 2,4 GHz	—	48,05	53,25	44,50	90,63%
5 GHz	Lab 2	47,75	30,00	16,67	90,63%
5 GHz	Lab 3	47,19	78,50	89,67	87,50%

5 GHz	Ruang Guru*	18,88	39,00	17,33	100%
Rata-rata 5 GHz (PPPoE)	—	47,47	54,25	53,17	89,07%

*Ruang Guru menggunakan skema hotspot dengan kapasitas 20 Mbps (tidak sebanding langsung dengan PPPoE 100 Mbps)

Temuan paling signifikan dari analisis ini adalah bahwa frekuensi jaringan bukan penentu tunggal kualitas QoS. Laboratorium 4 yang menggunakan 2,4 GHz membuktikan bahwa dengan perangkat berkualitas, *throughput* 78,46 Mbps dan *jitter* 7,33 ms dapat dicapai dan melampaui semua lokasi 5 GHz. Sebaliknya, Lab 3 dengan 5 GHz justru mencatatkan *jitter* tertinggi (89,67 ms). Rata-rata *throughput* 2,4 GHz yang tampak lebih tinggi (48,05 Mbps vs 47,47 Mbps) sangat dipengaruhi oleh anomali Lab 4; jika Lab 4 dikecualikan sebagai *outlier* perangkat, rata-rata 2,4 GHz hanya 17,64 Mbps dan itu jauh di bawah 5 GHz [19]. Kondisi heterogenitas dan spesifikasi detail dari perangkat keras jaringan pada masing-masing lokasi disajikan secara rinci pada Tabel 4.

Tabel 4 Spesifikasi Perangkat Jaringan per Lokasi

Lokasi	Merk/Model AP & Versi Hardware	Spesifikasi Chipset & RAM	Frekuensi	Standar WiFi	Panjang Kabel (m)	Usia & Kondisi Riil Perangkat
Lab 1	WRT300N v1.0 (Legacy)	Broadcom 200 MHz, RAM 32 MB	2,4 GHz	802.11n	165	5 Tahun (Mengalami degradasi performa & overheat)
Lab 2	WRT300N v2.5	Atheros 400 MHz, RAM 64 MB	5 GHz	802.11n	165	3 Tahun (Normal / Berfungsi Baik)
Lab 3	WRT300N v2.5	Atheros 400 MHz, RAM 64 MB	5 GHz	802.11n	165	3 Tahun (Konektor port/kabel longgar & tidak stabil)
Lab 4	WRT300N v4.0 (Modern)	MediaTek 580 MHz, RAM 128 MB (Noise-Cancellation)	2,4 GHz	802.11n	165	1 Tahun (Sangat Baik / Perangkat Peremajaan)
Ruang Guru	WRT300N v2.5	Atheros 400 MHz, RAM 64 MB	5 GHz	802.11n	62	2 Tahun (Normal / Berfungsi Baik)

3.6. Analisis Korelasi RSSI dengan Performa QoS

Tabel 5 menyajikan korelasi antara kekuatan sinyal RSSI dan performa QoS, diurutkan dari sinyal terkuat ke terlemah. Perbandingan difokuskan pada keempat laboratorium PPPoE untuk menghindari bias skema, dengan Ruang Guru dicantumkan sebagai referensi.

Tabel 5 Korelasi RSSI dengan Performa QoS (Laboratorium PPPoE)

Lokasi	RSSI (dBm)	Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	QoS (%)	Status Korelasi
Lab 3	-49	47,19	89,67	87,50%	Anomali: sinyal terkuat, jitter tertinggi
Lab 1	-51	17,64	81,67	81,25%	Anomali: sinyal kuat, throughput terendah
Lab 2	-52	47,75	16,67	90,63%	Normal: sinyal dan performa sebanding
Lab 4	-63	78,46	7,33	100%	Korelasi terbalik: sinyal terlemah, performa terbaik
Ruang Guru*	-50	18,88	17,33	100%	Referensi (skema hotspot)

*Tidak diikutsertakan dalam analisis korelasi PPPoE karena perbedaan skema koneksi

Tabel 5 mengungkap dua anomali korelasi yang signifikan secara bersamaan.

Anomali Pertama: Laboratorium 4 (RSSI -63 dBm): Lokasi dengan sinyal paling lemah justru mencatatkan *throughput* tertinggi (78,46 Mbps) dan *jitter* terendah (7,33 ms). Fenomena ini mengindikasikan bahwa perangkat di Lab 4 memiliki chipset yang lebih modern dengan kemampuan noise-cancellation lebih baik, serta minimnya interferensi dari access point lain di area tersebut. Selain itu, konfigurasi PPPoE di Lab 4 yang lebih optimal memungkinkan *overhead* enkapsulasi diproses dengan lebih efisien. Anomali Kedua: Laboratorium 3 (RSSI -49 dBm): Lokasi dengan sinyal terkuat di antara semua PPPoE justru mencatatkan *jitter* rata-rata tertinggi (89,67 ms) dengan fluktuasi ekstrem (180 ms → 83 ms

→ 6 ms). Pola fluktuasi ini mengindikasikan interferensi intermiten dari *access point* yang berdekatan lebih mungkin terjadi pada area dengan kepadatan sinyal tinggi atau kondisi fisik kabel/perangkat yang tidak stabil. Kedua anomali ini secara konsisten membuktikan bahwa kondisi perangkat, konfigurasi *bandwidth*, dan tingkat interferensi lokal jauh lebih dominan dalam menentukan kualitas QoS dibandingkan kekuatan sinyal RSSI [19].

3.7. Gap Analysis Berbasis Standar TIPHON

Tabel 6 menyajikan matriks *gap analysis* yang mengkuantifikasi kesenjangan antara kondisi aktual dan target minimal standar TIPHON per parameter dan per lokasi.

Tabel 6 Matriks Gap Analysis QoS Berbasis Standar TIPHON

Lokasi	Parameter	Aktual	Target Minimal	Gap	Status
Lab 1	Throughput	17,64%	≥51% (Baik)	-33,36%	Kritis
Lab 1	Jitter	81,67 ms	<125 ms	-43,33 ms	Memenuhi
Lab 2	Throughput	47,75%	≥51% (Baik)	-3,25%	Minor
Lab 3	Throughput	47,19%	≥51% (Baik)	-3,81%	Minor
Lab 3	Jitter	89,67 ms	<125 ms	-35,33 ms	Memenuhi
Lab 4	Throughput	78,46%	≥76% (Sangat Baik)	+2,46%	Overperform
Ruang Guru	Throughput	94,38%	≥76% (Sangat Baik)	+18,38%	Overperform
Semua Lokasi	Delay	<150 ms	<150 ms	0 ms	Memenuhi
Semua Lokasi	Packet Loss	0%	0%–2%	0%	Memenuhi

Gap terkritis terjadi pada *throughput* Laboratorium 1 (-33,36%), yang dikonfirmasi sebagai masalah perangkat internal bukan ISP, sebab Lab 4 dengan skema dan ISP identik mampu melampaui target kategori Sangat Baik (+2,46%). Selisih antara Lab 1 dan Lab 4 sebesar 60,82% pada satu parameter adalah bukti kuat bahwa ketidakmerataan layanan bersumber dari heterogenitas kondisi perangkat. Sementara itu, *delay* dan *packet loss* memenuhi standar di semua lokasi, menunjukkan bahwa infrastruktur ISP dan backbone jaringan sudah memadai. Berdasarkan temuan tersebut, rekomendasi diprioritaskan sebagai berikut: (1) peremajaan perangkat *router/access point* di Lab 1 dan 3, dengan Lab 4 sebagai *benchmark* spesifikasi minimum; (2) implementasi PCQ pada Router MikroTik di Lab 1, 2, dan 3 untuk mendistribusikan *bandwidth* secara merata antar pengguna aktif [9], [20]; serta (3) evaluasi menyeluruh konfigurasi PPPoE untuk meminimalkan *overhead* enkapsulasi, atau mempertimbangkan migrasi ke Optical Line Terminal (OLT) guna meningkatkan efisiensi distribusi jaringan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi kinerja jaringan PPPoE pada laboratorium SMAN 1 Ciawi menggunakan standar TIPHON dengan mengintegrasikan analisis RSSI dan gap analysis. Secara umum, kualitas jaringan berada pada kategori baik hingga sangat baik, namun ditemukan ketidakmerataan signifikan antar lokasi meskipun menggunakan skema dan kapasitas ISP yang identik. Temuan utama penelitian adalah ditemukannya anomali korelasi negatif antara kekuatan sinyal RSSI dan performa QoS. Lokasi dengan sinyal terlemah justru mencatatkan performa terbaik, sementara lokasi dengan sinyal terkuat mengalami fluktuasi jitter tertinggi. Anomali ini membuktikan bahwa kondisi fisik serta spesifikasi teknis perangkat lokal (seperti kapasitas CPU dan memori) merupakan faktor yang lebih dominan dibandingkan kekuatan sinyal dalam menentukan kualitas QoS jaringan PPPoE di lingkungan sekolah. Perbandingan frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz juga mengonfirmasi bahwa spektrum frekuensi bukan penentu tunggal kualitas jaringan. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan pengukuran pada kondisi beban puncak guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai batas kapasitas jaringan.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Amala, Risanto; Mewengkang, Alfrina; Djamen, Cerullo, "Analisis Dan Perancangan Jaringan Komputer Di Smk Negeri 2 Bitung," *EduTIK J. Pendidik. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 3, no. April, pp. 260–269, 2023.
- [2] G. A. Ajrina, Nurlyn, Navy; Febrianti, Dwi, "Perancangan Desain Jaringan Dengan Konsep VLSM Menggunakan Metode PPDIOO di SMAN 1 Taman," *JURTI*, vol. 8, no. 2, pp. 113–122, 2024.
- [3] A. Utomo, Setyo, Andhika, Anang; Supandi; Rozaqqi, Ricky, "Analisis Kinerja Jaringan Wireless Berdasarkan Parameter QoS (*Throughput*, *Delay*, *Packet Loss*) Terhadap Variasi Trafik Jam Operasional Pada Pengguna Di Lingkungan Sekolah Di SMP Negeri 1 Ngaringan," *Sibatik J. J. Ilm. Bid. Sos. Ekon. Budaya, Teknol. dan Pendidik.*, vol. 4, no. 9, pp. 2961–2970, 2025.

-
- [4] N. Fitroni, Rahmat, Derry; Wahyudi, Farid; Rahmawati, Nyndia, Zurriat; Widaningrum, Hudi, Anisa; Ratnasari, “QoS untuk Meningkatkan Kualitas Jaringan SMK PGRI Kromengan,” *JUSIFOR J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 98–106, 2024.
 - [5] M. Ulfah, A. S. Irtawaty, and A. Armin, “Pengukuran Dan Evaluasi Kinerja Parameter Quality of Service (Qos) Jaringan Internet Sma Negeri 9 Balikpapan,” *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 19, no. 2, p. 233, 2024, doi: 10.30587/e-link.v19i2.8536.
 - [6] M. S. Rafinaldo, I. Iskandar, N. S. Harahap, and R. M. Candra, “Analisis Kualitas Jaringan Internet pada SMK Menggunakan Metode Quality of Service,” *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 3, no. 6, pp. 977–984, 2023, doi: 10.30865/klik.v3i6.903.
 - [7] R. Farizki and Yulhendri, “Multidisciplinary Science Analisis QOS Jaringan Internet Pada SMK Yadika 2,” *Nusant. J. Multidiscip. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 187–200, 2024.
 - [8] F. S. Mukti and S. L. Roza, “Integrasi Metode Pcq Dan Htb Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Bandwidth Internet Di Lingkungan Sekolah Integration Of Pcq And Htb Methods To Optimize,” *J. Ilm. NERO*, vol. 8, no. 1, pp. 31–40, 2023.
 - [9] C. Ridwan, Hafidz, Muhammad; Solehudin, Arip; Rozikin, “Analisis Quality Of Service (Qos) Jaringan Wireless Dengan Penerapan Pcq (Studi Kasus : Kantor Kecamatan Kemang),” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3293–3309, 2024.
 - [10] L. O. Sari, E. Safrianti, and D. Wahyuningtias, “Analisis Keamanan Jaringan Berbasis Point to Point Protocol Over Ethernet (PPPoE) Menggunakan Mikrotik,” *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. July, pp. 943–954, 2024.
 - [11] D. Mustofa, D. A. Mahendra, D. Intan, and S. Saputra, “Implementasi Point – to – Point Protocol Over Ethernet pada Jaringan RT / RW Net Menggunakan Mikrotik RB750 GR3,” *J. IT CIDA*, vol. 8, no. 2, pp. 124–139, 2022.
 - [12] R. Pratama, J. D. Irawan, M. Orisa, and F. T. Industri, “Analisis Quality Of Service Sistem Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Laboratorium Teknik Informatika ITN Malang,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 196–204, 2022.
 - [13] R. P. Putra, “Analisis Kinerja Jaringan LAN Di Laboratorium Komputer SMK Wiyata Satya Menggunakan Metode Qualiy Of Service,” *J. Publ. Sist. Inf. dan Manaj. Bisnis*, vol. 3, no. 1, 2024.
 - [14] I. Bagus, A. Eka, M. Putra, M. Sri, I. Adnyana, and L. Jasa, “Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, 2021.
 - [15] B. Lestari, R. Setiawati, and T. Firdaus, “Analisis Jaringan Local Area Network pada Laboratorium TKJ SMK Negeri 1 Semendawai Suku III,” *J. Inform. Komput. dan Bisnis*, vol. 2025, no. 1, pp. 54–64, 2025.
 - [16] K. Nzobokela, S. Tembo, and B. Habeezu, “Enhancing Network Performance and Quality of Service (QoS) in a Wired Local Area Network (LAN),” *Int. J. Networks Commun.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–14, 2024, doi: 10.5923/j.ijn.20241301.01.
 - [17] A. Rizky, Nasri, and Muhammad, “Analisis Quality of Service (QoS) Layanan Jaringan Data Internet Pada Game Online,” *J. TEKTR0*, vol. 5, no. 1, pp. 43–50, 2021.
 - [18] A. Saputra, W. Yunanri, and I. M. Widiarta, “Analisis Perbandingan Jaringan Internet pada Layanan Internet Service Provider (ISP) dengan (Nethome) menggunakan Metode QoS (Quality of Service),” *Digit. Transform. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 115–120, 2025.
 - [19] J. M. Sultan, I. A. Osmadi, and Z. Manap, “Real-time Wi-Fi network performance evaluation,” *Int. J. Informatics Commun. Technol.*, vol. 11, no. 3, pp. 193–205, 2022, doi: 10.11591/ijict.v11i3.pp193-205.
 - [20] N. Gunantara, I. M. O. Widyantara, I. P. Ardana, K. O. Saputra, and I. N. Bernadus, “Improving Internet Network Performance through Bandwidth Management,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 12, no. 12, 2022, doi: 10.46338/ijetae1222.
-