



# Optimalisasi Load Balancing Menggunakan Metode NDLC untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Jaringan Internet

Aditya Bani Isro\*, Ahmad Turmudi Zy, Sophian Andika

Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi

Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Cikarang Sel., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

Email: <sup>1</sup>\*adityabaniisro@mhs.pelitabangsa.ac.id, <sup>2</sup>turmudi@pelitabangsa.ac.id, <sup>3</sup>sophian.andika@pelitabangsa.ac.id

Email Penulis Korespondensi: adityabaniisro@mhs.pelitabangsa.ac.id

Submitted: 04/07/2024; Accepted: 17/07/2024; Published: 20/07/2024

**Abstrak**—Penelitian ini berfokus pada permasalahan utama yaitu ketidakstabilan jaringan internet yang sering terputus dan rendahnya kualitas layanan jaringan yang ditandai dengan lambatnya kecepatan akses, tingginya latency, serta fluktuasi dalam kinerja jaringan di SMK Al-Manar Islamic School. Ketidakstabilan ini menyebabkan gangguan dalam proses belajar mengajar, seperti akses lambat pada situs pendidikan, kesulitan dalam mengakses materi online, dan gangguan pada penggunaan aplikasi berbasis internet. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan melalui implementasi load balancing menggunakan Mikrotik router. Metode yang digunakan adalah Network Development Life Cycle (NDLC), yang meliputi tahap analisis, perancangan, simulasi, implementasi, monitoring, dan manajemen. Data dikumpulkan melalui studi pustaka, studi lapangan, dan pengamatan menggunakan Wireshark untuk mengukur parameter QoS seperti throughput, packet loss, delay, dan jitter sebelum dan setelah penerapan load balancing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi load balancing berhasil meningkatkan throughput dari 14215,591 kbps menjadi 46460,8675 kbps, mengurangi delay dari 135 ms menjadi 7 ms, dan menurunkan jitter dari 135,615 ms menjadi 73,293 ms. Nilai packet loss tetap 0%, baik sebelum maupun setelah implementasi. Kesimpulannya, implementasi load balancing menggunakan Mikrotik router berhasil meningkatkan kualitas layanan jaringan internet di SMK Al-Manar Islamic School, membuatnya lebih cepat, stabil, dan efisien sesuai dengan standar TIPHON. Disarankan agar sekolah terus memantau dan mengelola jaringan secara rutin untuk mempertahankan kinerja yang optimal.

**Kata Kunci:** Load Balancing; Mikrotik; Quality of Service (QoS); Wireshark; NDLC; TIPHON

**Abstract**—This research focuses on the main problem of internet network instability that is often disconnected and the low quality of network services characterized by slow access speeds, high latency, and fluctuations in network performance at SMK Al-Manar Islamic School. This instability causes disruptions in the teaching and learning process, such as slow access to educational websites, difficulty in accessing online materials, and disruption in the use of internet-based applications. The purpose of this research is to improve the quality of network services through the implementation of load balancing using Mikrotik router. The method used is Network Development Life Cycle (NDLC), which includes the stages of analysis, design, simulation, implementation, monitoring, and management. Data was collected through literature study, field study, and observation using Wireshark to measure QoS parameters such as throughput, packet loss, delay, and jitter before and after the implementation of load balancing. The results showed that the implementation of load balancing successfully increased throughput from 14215.591 kbps to 46460.8675 kbps, reduced delay from 135 ms to 7 ms, and decreased jitter from 135.615 ms to 73.293 ms. The packet loss value remains 0%, both before and after implementation. In conclusion, the implementation of load balancing using Mikrotik router has successfully improved the quality of internet network services at SMK Al-Manar Islamic School, making it faster, more stable and efficient in accordance with TIPHON standards. It is recommended that schools continue to monitor and manage the network regularly to maintain optimal performance.

**Keywords:** Load Balancing; Mikrotik; Quality of Service (QoS); Wireshark; NDLC; TIPHON

## 1. PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, akses internet yang cepat dan stabil telah menjadi kebutuhan utama di berbagai institusi pendidikan, termasuk sekolah menengah kejuruan (SMK). Dengan semakin bertambahnya jumlah pengguna internet, hal ini berdampak pada ketidakstabilan koneksi jaringan serta overload pada suatu jaringan. Banyaknya penggunaan yang tidak teratur menyebabkan traffic pada jaringan tidak terkontrol, yang pada akhirnya menurunkan kualitas layanan jaringan. Jaringan komputer adalah kumpulan "interkoneksi" antara dua atau lebih komputer otonom yang terhubung melalui media transmisi kabel atau nirkabel (wireless). Jika sebuah komputer dapat membuat komputer lain melakukan restart, shutdown, atau kontrol lainnya, maka komputer-komputer tersebut tidak dianggap otonom (tidak mengendalikannya komputer lain dengan akses penuh) [1]. Salah satu masalah utama yang dihadapi SMK Al-Manar Islamic School adalah seringnya terjadi ketidakstabilan jaringan internet. Ketidakstabilan ini menyebabkan gangguan dalam proses belajar mengajar, di mana beberapa perangkat atau aplikasi mengalami kinerja yang lambat atau bahkan gagal berfungsi ketika digunakan secara bersamaan. Hal ini menghambat aktivitas belajar mengajar yang semakin mengandalkan teknologi digital. Ketidakstabilan jaringan ditandai dengan seringnya koneksi terputus, lambatnya kecepatan akses, tingginya latency, serta fluktuasi dalam kinerja jaringan. Dalam konteks ini, teknologi load balancing menjadi solusi potensial yang dapat digunakan untuk menjaga stabilitas koneksi internet dengan membagi koneksi melalui beberapa jalur. Teknologi ini tidak hanya berfungsi untuk menyeimbangkan beban lalu lintas jaringan, tetapi juga untuk memastikan bahwa setiap pengguna mendapatkan akses internet yang optimal. Dengan demikian, penggunaan load balancing dapat membantu dalam mengatasi masalah overload dan ketidakstabilan jaringan di SMK Al-Manar Islamic School [2]. Kualitas layanan



jaringan internet yang baik tidak hanya mendukung proses pembelajaran berbasis teknologi, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi administrasi dan komunikasi di lingkungan sekolah. SMK Al-Manar Islamic School menyadari pentingnya menyediakan layanan internet yang optimal bagi seluruh warga sekolah, termasuk siswa, guru, dan staf administrasi. Dengan adanya internet yang cepat dan stabil, proses belajar mengajar dapat berlangsung lebih efektif, dan kegiatan administrasi serta komunikasi internal dapat berjalan dengan lebih lancar. Load balancing adalah teknik untuk mendistribusikan beban trafik secara seimbang pada dua atau lebih jalur koneksi. Tujuannya adalah agar trafik berjalan optimal, memaksimalkan throughput, mengurangi waktu tanggap, dan menghindari kelebihan beban pada salah satu jalur koneksi. Load balancing diterapkan ketika sebuah server memiliki jumlah pengguna yang melebihi kapasitas maksimalnya [3]. Selain itu, penerapan Quality of Service (QoS) juga merupakan solusi penting dalam mengelola penggunaan bandwidth pada jaringan. Tujuan dari QoS adalah mempengaruhi setidaknya satu dari empat parameter dasar yang telah ditetapkan [4]. QoS membantu dalam memastikan bahwa setiap aplikasi atau layanan mendapatkan prioritas bandwidth yang sesuai dengan kebutuhannya, sehingga mencegah pengguna dari penggunaan bandwidth secara berlebihan. Pengujian QoS dilakukan menggunakan empat parameter utama yaitu throughput, jitter, delay, dan packet loss [5]. Bandwidth yang diukur pada waktu tertentu saat mengunduh berkas disebut throughput. [6]. Packet loss adalah sebuah parameter yang menggambarkan keadaan di mana sejumlah paket data hilang. Hal ini bisa terjadi karena tabrakan data atau faktor penghambat lain seperti kepadatan pengguna pada waktu yang sama, yang dapat menyebabkan peningkatan jumlah packet loss [7]. Delay (latency) adalah waktu yang diperlukan bagi data untuk bergerak dari sumber ke tujuan. Delay biasanya dipengaruhi oleh jarak, media atau perangkat yang digunakan, dan waktu pemrosesan paket [8]. Delay, atau variasi waktu kedatangan, disebabkan oleh variasi dalam panjang antrian, waktu pemrosesan data, dan waktu pengumpulan kembali paket di akhir perjalanan. Jitter sangat terkait dengan delay yang terjadi selama transmisi jaringan [9]. Nilai rata-rata dari setiap parameter diukur sebelum dan sesudah dilakukan load balancing untuk menilai efektivitas dari implementasi teknologi ini [10].

Dalam studi lapangan yang dilakukan melalui survei dan observasi di SMK Al-Manar Islamic School, ditemukan bahwa jaringan sering mengalami overload, terutama saat jam-jam sibuk. Hal ini menunjukkan perlunya penerapan strategi yang lebih efektif dalam manajemen jaringan. Menurut jurnal "Peningkatan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Jaringan Melalui Teknik Load Balancing" (2024), load balancing menawarkan solusi efektif untuk masalah ini dengan memastikan bahwa permintaan jaringan didistribusikan secara merata ke berbagai sumber daya yang tersedia. Aplikasi, server, dan bahkan infrastruktur jaringan itu sendiri bisa mendapatkan manfaat dari pendekatan ini. Selain itu, penelitian ini sampai pada kesimpulan bahwa penerapan strategi penyeimbangan beban secara signifikan meningkatkan kinerja jaringan dalam sejumlah metrik penting, termasuk keandalan, throughput, dan latensi [11].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis metode optimal untuk meningkatkan performa jaringan di SMK Al-Manar Islamic School, dengan fokus pada implementasi load balancing dan Quality of Service (QoS) menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC). Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan metode yang paling efektif untuk mendistribusikan beban jaringan secara merata, sehingga dapat memberikan manfaat maksimal bagi seluruh pengguna jaringan di sekolah ini. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi informasi dan komunikasi di lingkungan pendidikan, khususnya dalam hal manajemen jaringan yang efisien dan efektif. Penelitian ini tidak hanya relevan bagi SMK Al-Manar Islamic School, tetapi juga dapat menjadi referensi bagi institusi pendidikan lainnya yang menghadapi masalah serupa dalam pengelolaan jaringan internet mereka.

Dengan semakin berkembangnya teknologi digital, kebutuhan akan layanan internet yang cepat dan stabil menjadi semakin mendesak. Proses belajar mengajar yang semakin mengandalkan teknologi digital membutuhkan dukungan infrastruktur jaringan yang handal. Ketidakstabilan jaringan internet tidak hanya mengganggu proses belajar mengajar tetapi juga dapat menghambat pengembangan kompetensi digital siswa, yang sangat penting di era teknologi saat ini. Selain itu, masalah ini juga berdampak pada operasional sehari-hari sekolah yang semakin bergantung pada sistem online untuk administrasi dan komunikasi. Akibatnya, penelitian ini sangat penting untuk menemukan dan menerapkan metode untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan internet.

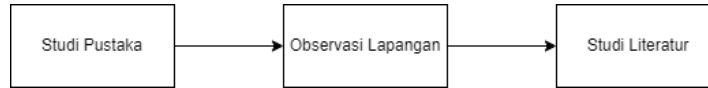
Melalui implementasi load balancing dan QoS menggunakan metode NDLC, diharapkan dapat ditemukan cara-cara efektif untuk mengoptimalkan kinerja jaringan internet di SMK Al-Manar Islamic School. Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya akan meningkatkan kualitas layanan internet di sekolah ini, tetapi juga memberikan wawasan dan panduan bagi institusi pendidikan lainnya yang ingin mengadopsi teknologi serupa untuk mengatasi masalah jaringan mereka. Dengan demikian, penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan dampak positif yang luas dalam dunia pendidikan, terutama dalam hal manajemen jaringan yang lebih baik dan efisien.

Penelitian ini juga memiliki tujuan jangka panjang untuk berkontribusi dalam pengembangan teknologi informasi dan komunikasi di lingkungan pendidikan. Dengan menyediakan solusi praktis yang dapat diimplementasikan di berbagai lingkungan pendidikan, penelitian ini diharapkan dapat membantu institusi pendidikan lainnya dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan internet mereka. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat mendorong adopsi teknologi digital yang lebih luas di dunia pendidikan, sehingga proses belajar mengajar dapat berlangsung dengan lebih efektif dan efisien.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan yang terstruktur untuk mengimplementasikan konsep load balancing dalam jaringan sekolah, khususnya di SMK Al-Manar Islamic School. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini:

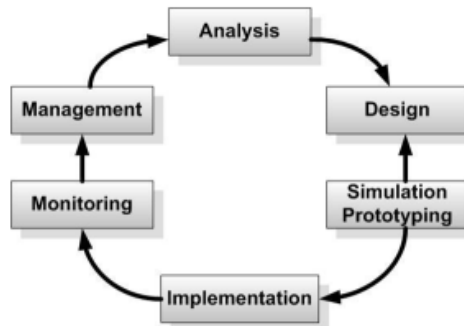


**Gambar 1.** Tahapan Penelitian

1. **Studi Pustaka:** Penelitian literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang load balancing, Quality of Service (QoS), dan Network Development Life Cycle (NDLC). Sumber literatur ini mencakup buku-buku dari perpustakaan, artikel dari jurnal ilmiah, serta materi dari sumber online seperti e-book dan panduan teknis [12].
2. **Observasi Lapangan**  
Observasi dilakukan secara langsung di SMK Al-Manar Islamic School untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang kondisi aktual jaringan. Pengamatan ini mencakup identifikasi infrastruktur jaringan yang sudah ada, masalah yang sering muncul, dan tingkat ketersediaan perangkat [13].
3. **Studi Literatur**  
Studi literatur melibatkan analisis mendalam terhadap penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya [14]. Fokus studi literatur ini adalah untuk memahami konsep load balancing, teknik-teknik yang digunakan dalam membagi beban jaringan, serta parameter-parameter QoS yang relevan seperti throughput, packet loss, delay, dan jitter.

### 2.2 Metode Penyelesaian Masalah

Penelitian ini menggunakan pendekatan NDLC dalam pengembangan sistem jaringan. NDLC merupakan metodologi yang terstruktur untuk merancang, menguji, dan mengimplementasikan solusi jaringan. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam NDLC yang diterapkan dalam penelitian ini:



**Gambar 2.** Metode NDLC

1. **Analysis**  
Tahapan pertama dalam NDLC adalah Analisis, di mana kebutuhan jaringan diidentifikasi dan dievaluasi. Langkah ini melibatkan pengumpulan informasi mengenai kondisi jaringan saat ini, permasalahan yang ada, serta kebutuhan dari pengguna jaringan. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi masalah jaringan yang ada, melakukan wawancara dan diskusi dengan administrator jaringan dan pengguna akhir, serta mengumpulkan data melalui alat pemantauan jaringan seperti Wireshark [15]. Tahap ini melibatkan analisis kebutuhan jaringan dan identifikasi masalah yang ada, seperti ketidakstabilan dan overload jaringan. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan administrator jaringan di SMK Al-Manar Islamic School.
2. **Design**  
Setelah kebutuhan jaringan dianalisis, tahap berikutnya adalah Desain, di mana dibuat rancangan topologi jaringan yang akan diterapkan [16]. Berdasarkan analisis, desain topologi jaringan yang optimal dibuat, termasuk pemilihan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Desain ini mencakup metode load balancing yang akan digunakan.
3. **Simulation Prototyping**  
Pada tahap ini, prototipe jaringan yang dirancang diuji melalui simulasi untuk memastikan desain dapat berfungsi dengan baik sebelum implementasi penuh. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi jaringan [17]. Langkah-langkahnya meliputi membuat menguji performa jaringan dalam kondisi yang mendekati situasi nyata, serta melakukan penyesuaian dan perbaikan berdasarkan hasil simulasi.

4. Implementation

Tahap berikutnya adalah implementasi, di mana desain jaringan yang telah disimulasikan diterapkan ke lingkungan jaringan yang sebenarnya. Implementasi dilakukan dengan memasang dan mengkonfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak jaringan sesuai dengan desain yang telah dibuat [18].

5. Monitoring

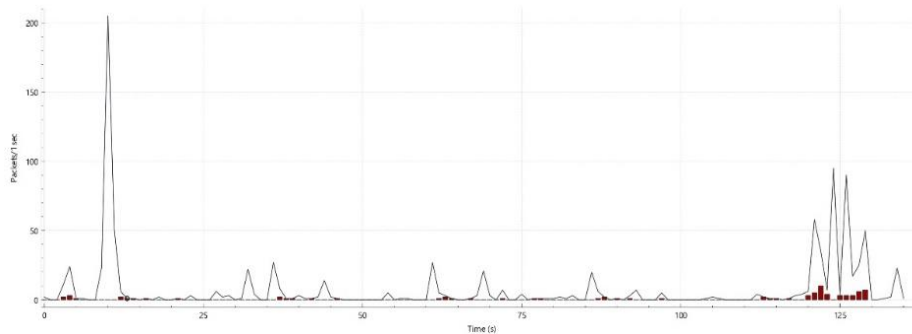
Setelah implementasi, tahap pemantauan dilakukan untuk memastikan bahwa jaringan berfungsi dengan baik dan mencapai tujuan yang diinginkan [19]. Tahap ini melibatkan pemantauan performa jaringan secara terus-menerus menggunakan alat seperti Wireshark untuk mengumpulkan data terkait parameter QoS.

6. Management

Tahap terakhir adalah manajemen, yang melibatkan pengelolaan dan pemeliharaan jaringan secara berkelanjutan untuk memastikan performa optimal [20]. Penyesuaian dan optimisasi dilakukan berdasarkan hasil pemantauan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, hasil penelitian dan pembahasan akan dijelaskan dengan detail, mulai dari metodologi pengumpulan data hingga analisis hasil penerapan load balancing dengan menggunakan pendekatan Network Development Life Cycle (NDLC). Dalam penelitian ini, Wireshark digunakan sebagai alat untuk menganalisis paket data jaringan. Wireshark berfungsi menangkap paket-paket jaringan dan menampilkan semua informasi dalam paket-paket tersebut secara mendetail [21]. Pada **Gambar 3** diperlihatkan grafik mengenai paket yang dikirim dan diterima pada jaringan komputer dalam 1 seconds.



**Gambar 3.** Grafik Jaringan

Data jaringan dikumpulkan dari SMK Al-Manar Islamic School sebelum dan setelah penerapan load balancing. Pengumpulan data dilakukan menggunakan Wireshark, dengan fokus pada parameter kualitas layanan jaringan atau Quality of Service (QoS) yang meliputi packet loss, delay, throughput, dan jitter. Setiap data yang diperoleh diolah dan dianalisis untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang kondisi jaringan atau Quality of Service (QoS). Pengukuran parameter QoS dikonversi dan dibandingkan datanya menggunakan standar TIPHON.

#### 3.1 Tabel Standar TIPHON

Standar penelitian TIPHON diterbitkan oleh badan standar ETSI [6], dan dibangun sebagai pedoman QoS berdasarkan ETSI TR 101 329-7 v2.1.1. Deskripsi standar adalah sebagai berikut:

1. Throughput

Throughput adalah representasi aktual dari bandwidth yang diukur pada waktu tertentu saat mengunduh sebuah berkas [6]. Kategori throughput berdasarkan standar TIPHON disajikan dalam **Tabel 1**:

**Tabel 1.** Indeks Throughput

Kategori Throughput	Persentase (kbps)	Indeks
Sangat Bagus	1200 kbps - 2,1 mbps	4
Bagus	700 – 1999 kbps	3
Sedang	400 - 699 kbps	2
Buruk	0 - 399 kbps	1

**Tabel 1** menunjukkan kategori throughput berdasarkan persentase kecepatan data yang diukur dalam kbps. Kategori "Sangat Bagus" mencakup throughput antara 1200 kbps hingga 2,1 mbps dengan indeks 4, sedangkan kategori "Buruk" mencakup throughput antara 0 hingga 399 kbps dengan indeks 1.

2. Packet Loss

Packet loss adalah sebuah parameter yang menggambarkan keadaan di mana sejumlah paket data hilang. Hal ini bisa terjadi karena tabrakan data atau faktor penghambat lain seperti kepadatan pengguna pada waktu yang

sama, yang dapat menyebabkan peningkatan jumlah packet loss [7]. Kategori packet loss berdasarkan standar TIPHON disajikan dalam **Tabel 2** :

**Tabel 2.** Indeks Packet Loss

Kategori Packet Loss	Persentase (%)	Indeks
Sangat Bagus	0 – 2%	4
Bagus	3 – 14%	3
Sedang	15 – 24%	2
Buruk	> 25%	1

**Tabel 2** menjelaskan kategori packet loss dengan persentase paket yang hilang selama transmisi. Kategori "Sangat Bagus" memiliki persentase packet loss antara 0 hingga 2% dengan indeks 4, sementara kategori "Buruk" memiliki persentase packet loss lebih dari 25% dengan indeks 1.

3. Delay

Delay (latency) adalah waktu yang diperlukan bagi data untuk bergerak dari sumber ke tujuan. Delay biasanya dipengaruhi oleh jarak, media atau perangkat yang digunakan, dan waktu pemrosesan paket [8]. Kategori delay berdasarkan standar TIPHON disajikan dalam **Tabel 3** :

**Tabel 3.** Indeks Delay

Kategori Delay	Persentase (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 150 m/s	4
Bagus	150 s/d 300m/s	3
Sedang	300 s/d 450m/s	2
Buruk	> 450m/s	1

**Tabel 3** menggambarkan kategori delay atau latency dalam milidetik (ms). Kategori "Sangat Bagus" mencakup delay kurang dari 150 ms dengan indeks 4, sedangkan kategori "Buruk" mencakup delay lebih dari 450 ms dengan indeks 1.

4. Jitter

Jitter adalah variasi dalam delay end-to-end. Tingkat jitter yang tinggi pada aplikasi berbasis UDP sangat tidak dapat diterima, terutama untuk aplikasi real-time. Dalam situasi ini, jitter dapat menyebabkan distorsi sinyal, yang hanya bisa diatasi dengan meningkatkan buffer di antrian [22]. Kategori jitter berdasarkan standar TIPHON disajikan dalam **Tabel 4** :

**Tabel 1.** Indeks Jitter

Kategori Jitter	Persentase (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 m/s	4
Bagus	1 s/d 75m/s	3
Sedang	76 s/d 125m/s	2
Buruk	> 225m/s	1

Tabel 4 menunjukkan kategori jitter yang diukur dalam milidetik (ms). Kategori "Sangat Bagus" memiliki jitter 0 ms dengan indeks 4, sementara kategori "Buruk" memiliki jitter lebih dari 225 ms dengan indeks 1.

**3.2 Pengukuran Sebelum Load Balancing**

Pengukuran awal dilakukan untuk mendapatkan data mengenai kondisi jaringan sebelum diterapkannya metode load balancing. Hasil pengukuran ini digunakan sebagai acuan untuk membandingkan efek dari implementasi load balancing. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Wireshark untuk mencatat beberapa parameter QoS, yaitu throughput, packet loss, delay, dan jitter. Pada **Tabel 5** disajikan hasil monitoring kondisi jaringan sebelum penerapan load balancing. Tabel ini mencantumkan data time, time 2, time 1, delay, delay 1, delay 2, dan jitter yang diperoleh selama pengujian.

**Tabel 2.** Sample Hasil Monitoring Sebelum Load Balance

Data Wireshark : <a href="https://bit.ly/DataWiresharkSebelumLoadBalance">https://bit.ly/DataWiresharkSebelumLoadBalance</a>							
No	Time	time 2	time 1	delay	delay 1	delay 2	jitter
1	0	0,000045	0	0,000045	-3,68418	3,684224	7,368403
2	0,000045	3,684269	0,000045	3,684224	3,677099	0,007125	-3,66997
3	3,684269	3,691394	3,684269	0,007125	0,006943	0,000182	-0,00676
4	3,691394	3,691576	3,691394	0,000182	-0,00355	0,003735	0,007288
5	3,691576	3,695311	3,691576	0,003735	-0,1752	0,178939	0,354143
6	3,695311	3,87425	3,695311	0,178939	0,178816	0,000123	-0,17869
7	3,87425	3,874373	3,87425	0,000123	-4,00E-05	0,000163	0,000203

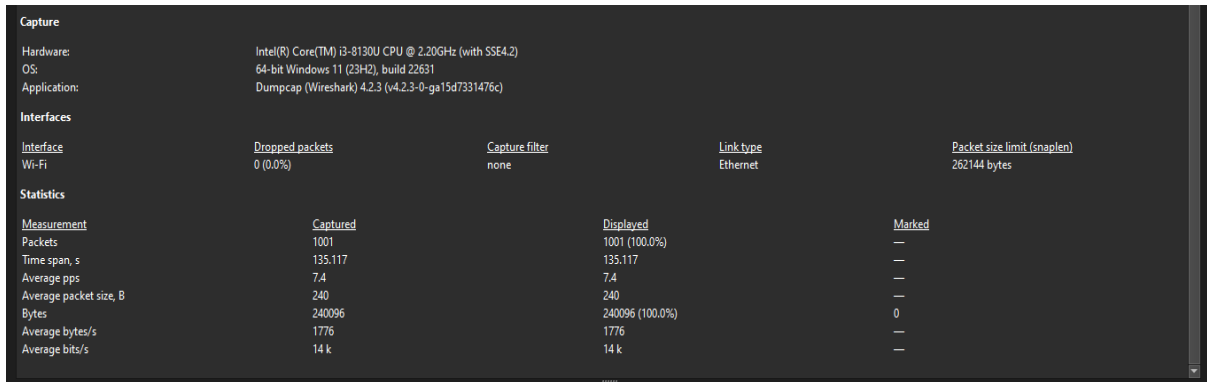
Data Wireshark : <a href="https://bit.ly/DataWiresharkSebelumLoadBalance">https://bit.ly/DataWiresharkSebelumLoadBalance</a>							
No	Time	time 2	time 1	delay	delay 1	delay 2	jitter
8	3,874373	3,874536	3,874373	0,000163	0,000163	0	-0,00016
9	3,874536	3,874536	3,874536	0	-6,60E-05	6,60E-05	0,000132
10	3,874536	3,874602	3,874536	6,60E-05	-0,03668	0,036749	0,073432

Data Wireshark lebih lengkap dapat diakses melalui link berikut: <https://bit.ly/DataWiresharkSebelumLoadBalance>.

Tabel 5 menjelaskan hasil monitoring yang dilakukan sebelum penerapan load balancing. Tabel ini menunjukkan data mengenai waktu (time), delay, dan jitter yang diukur dalam berbagai kondisi. Data yang tercantum menunjukkan waktu awal, waktu akhir, dan variasi delay serta jitter yang terjadi dalam transmisi data di jaringan. Hasil ini akan menjadi dasar untuk evaluasi peningkatan performa jaringan setelah implementasi load balancing.

Data tersebut menunjukkan kondisi jaringan yang diukur, termasuk waktu pengiriman paket, penundaan, dan variasi waktu (jitter). Dari tabel ini, kita dapat melihat fluktuasi dalam delay dan jitter yang mengindikasikan ketidakstabilan jaringan sebelum diterapkannya metode load balancing. Hal ini menjadi dasar untuk mengevaluasi efektivitas dari solusi yang diusulkan dalam penelitian ini.

Pengukuran dilakukan secara teliti dan menyeluruh untuk memastikan akurasi data yang digunakan sebagai pembandingan setelah implementasi load balancing. Dengan demikian, kita dapat mengidentifikasi peningkatan yang terjadi pada parameter QoS setelah load balancing diterapkan, yang akan dibahas lebih lanjut pada bagian hasil setelah implementasi load balancing.



**Gambar 4.** Capture Statistik Wireshark

Pada Gambar 4, disajikan capture statistik yang diambil menggunakan Wireshark selama pengujian awal. Gambar ini memberikan visualisasi data yang mendetail mengenai paket-paket yang dikirim dan diterima di jaringan. Capture ini penting untuk memberikan gambaran yang jelas tentang performa jaringan sebelum implementasi load balancing, yang akan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut.

1. Throughput

$$\frac{\text{jumlah paket yg dikirim}}{\text{waktu pengiriman paket}} \times \frac{8}{1000} \text{ kbps} = \frac{240096}{135,117} \times \frac{8}{1000} \text{ kbps} = 14215,591 \text{ kbps}$$

Nilai throughput yang diukur sebelum implementasi load balancing adalah sekitar 14215,591 kbps. Ini menunjukkan bahwa jaringan hanya mampu mentransmisikan data dengan kecepatan yang relatif rendah.

2. Packet Loss

$$\left( \frac{\text{paket yang dikirim} - \text{paket data yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \right) \times 100\% = \left( \frac{1001 - 1001}{1001} \right) \times 100\% = 0\%$$

Nilai packet loss mencapai 0%, yang berarti 0 dari setiap 1001 paket data tidak hilang selama transmisi.

3. Delay

$$\frac{\text{total delay}}{\text{total paket yang diterima}} = \frac{135,117}{1001 - 1} = 0,135117 \text{ s} \text{ dijadikan ke millisecond} \times 1000 = 135,117 \text{ ms}$$

Nilai delay yang diukur adalah 135,117 ms. Waktu tunda ini cukup tinggi dan dapat mempengaruhi pengalaman pengguna, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan real-time data.

4. Jitter

**Tabel 6.** Sample Hasil Perhitungan Jitter

delay 1	delay 2	jitter
-3,68418	3,684224	7,368403
3,677099	0,007125	-3,66997
0,006943	0,000182	-0,00676
-0,00355	0,003735	0,007288
-0,1752	0,178939	0,354143

delay 1	delay 2	jitter
0,178816	0,000123	-0,17869
-4,00E-05	0,000163	0,000203
0,000163	0	-0,00016
-6,60E-05	6,60E-05	0,000132
-0,03668	0,036749	0,073432
Total Jitter		135,6155
Rata rata jitter		0,135615

Data Hasil perhitungan Jitter sebelum di lakukan load balance lebih lengkap dapat diakses melalui link berikut: <https://bit.ly/DataWiresharkSebelumLoadBalance>. Rata-rata jitter yang diukur adalah 135,615 ms. Variasi ini dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam pengiriman data, terutama untuk aplikasi streaming atau VoIP.

### 3.3 Pengukuran Setelah Load Balancing

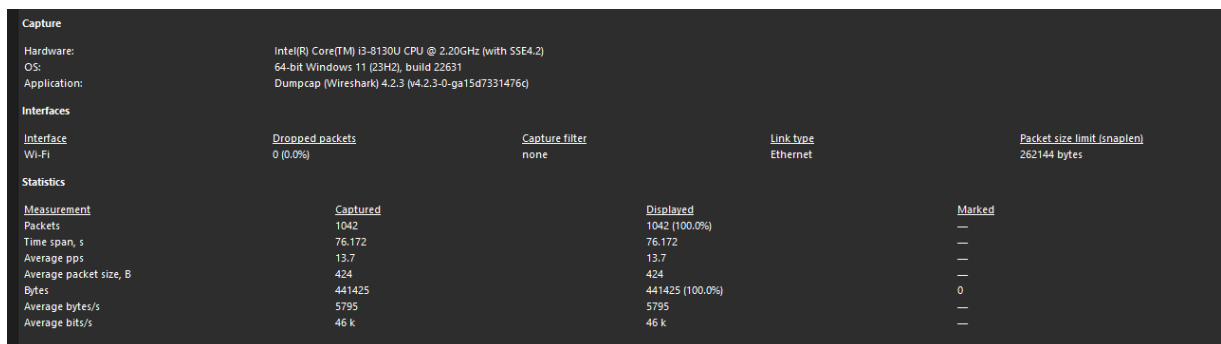
Setelah implementasi load balancing dengan menggunakan Mikrotik router, pengukuran dilakukan kembali dengan parameter yang sama. Tujuannya adalah untuk melihat perubahan dan peningkatan kualitas jaringan setelah implementasi.

Pada Tabel 6 disajikan hasil monitoring kondisi jaringan setelah penerapan load balancing. Tabel ini mencantumkan data time, time 2, time 1, delay, delay 1, delay 2, dan jitter yang diperoleh selama pengujian. Data ini memberikan gambaran tentang performa jaringan setelah implementasi load balancing, yang akan dibandingkan dengan kondisi sebelum implementasi untuk mengevaluasi peningkatan kualitas jaringan.

**Tabel 7.** Sample Hasil Monitoring Setelah Load Balance

No.	Time	time 2	time 1	delay	delay 1	delay 2	jitter
1	0	0,032204	0	0,032204	0,005993	0,026211	0,020218
2	0,032204	0,058415	0,032204	0,026211	-0,13623	0,162443	0,298675
3	0,058415	0,220858	0,058415	0,162443	0,119007	0,043436	-0,07557
4	0,220858	0,264294	0,220858	0,043436	0,015904	0,027532	0,011628
5	0,264294	0,291826	0,264294	0,027532	-0,18865	0,216186	0,40484
6	0,291826	0,508012	0,291826	0,216186	0,188899	0,027287	-0,16161
7	0,508012	0,535299	0,508012	0,027287	-0,18539	0,212679	0,398071
8	0,535299	0,747978	0,535299	0,212679	0,187385	0,025294	-0,16209
9	0,747978	0,773272	0,747978	0,025294	-0,12288	0,148177	0,27106
10	0,773272	0,921449	0,773272	0,148177	0,082806	0,065371	-0,01744

Data Wireshark lebih lengkap dapat diakses melalui link berikut: <https://bit.ly/DataWiresharkSetelahLoadBalance>. Pengukuran dilakukan secara teliti dan menyeluruh untuk memastikan akurasi data yang digunakan sebagai pembandingan setelah implementasi load balancing. Dengan demikian, kita dapat mengidentifikasi peningkatan yang terjadi pada parameter QoS setelah load balancing diterapkan, yang akan dibahas lebih lanjut pada bagian hasil setelah implementasi load balancing.



**Gambar 5.** Capture Statistik Wireshark

Gambar 5 menunjukkan capture statistik yang diambil menggunakan Wireshark selama pengujian setelah implementasi load balancing. Gambar ini memberikan visualisasi data yang mendetail mengenai paket-paket yang dikirim dan diterima di jaringan setelah penerapan load balancing. Capture ini penting untuk memberikan gambaran yang jelas tentang peningkatan performa jaringan, yang akan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut.

#### 1. Throughput

$$\frac{\text{jumlah paket yg dikirim}}{\text{waktu pengiriman paket}} \times \frac{8}{1000} \text{ kbps} = \frac{441425}{76,172} \times \frac{8}{1000} \text{ kbps} = 46460,8675 \text{ kbps}$$



Melalui implementasi load balancing, throughput jaringan meningkat tiga kali lipat dari 14215,591 kbps menjadi 46460,8675 kbps. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan dapat menangani volume data yang lebih besar dengan lebih efisien.

2. Packet Loss

$$\left( \frac{\text{paket yang dikirim} - \text{paket data yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \right) \times 100\% = \left( \frac{1042 - 1042}{1042} \right) \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, ditemukan bahwa nilai packet loss tetap sama, yaitu 0%, baik sebelum maupun setelah implementasi optimalisasi load balancing.

3. Delay

$$\frac{\text{total delay}}{\text{total paket yang diterima}} = \frac{76,172}{1042 - 1} = 0,007s \text{ dijadikan ke millisecond} \times 1000 = 7ms$$

Delay berkurang dari 135 ms menjadi 7 ms, yang menunjukkan peningkatan kecepatan dalam pengiriman data. Hal ini penting untuk aplikasi yang memerlukan pengiriman data cepat dan real-time, seperti video conferencing dan e-learning.

4. Jitter

**Tabel 8.** Sample Hasil Jitter Setelah Load Balance

delay 1	delay 2	jitter
0,005993	0,026211	0,020218
-0,13623	0,162443	0,298675
0,119007	0,043436	-0,07557
0,015904	0,027532	0,011628
-0,18865	0,216186	0,40484
0,188899	0,027287	-0,16161
-0,18539	0,212679	0,398071
0,187385	0,025294	-0,16209
-0,12288	0,148177	0,27106
0,082806	0,065371	-0,01744
Total jitter		76,29845
Rata rata jitter		0,073293

Data Hasil perhitungan Jitter sebelum di lakukan load balance lebih lengkap dapat diakses melalui link berikut: <https://bit.ly/DataWiresharkSetelahLoadBalance>. Jitter yang sebelumnya cukup tinggi pada 135,615 ms berkurang menjadi 73,293 ms. Variasi yang lebih rendah ini menunjukkan bahwa jaringan lebih stabil dan konsisten dalam mengirimkan data.

**3.4 Pembahasan**

Implementasi load balancing melalui tahapan NDLC terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan di SMK Al-Manar Islamic School. Berikut adalah penjelasan mendetail mengenai keterkaitan NDLC dengan load balancing:

1. Tahap Analysis memungkinkan identifikasi masalah jaringan secara menyeluruh, seperti ketidakstabilan dan overload. Dengan mengetahui sumber masalah, solusi yang tepat seperti load balancing dapat dirumuskan.
2. Tahap Design menyediakan kerangka kerja yang rinci untuk implementasi load balancing. Desain ini memastikan semua aspek teknis dan operasional dipertimbangkan untuk mencapai performa optimal.
3. Tahap Simulation Prototyping memungkinkan pengujian awal desain untuk memastikan efektivitas load balancing sebelum diterapkan secara penuh. Ini mengurangi risiko kegagalan saat implementasi.
4. Tahap Implementation mengaplikasikan desain ke lingkungan jaringan nyata. Dalam konteks ini, perangkat keras dan perangkat lunak dikonfigurasi untuk mendistribusikan beban jaringan secara merata.
5. Tahap Monitoring memastikan bahwa jaringan berfungsi sesuai harapan. Data yang dikumpulkan selama tahap ini memberikan umpan balik untuk perbaikan lebih lanjut.
6. Tahap Management memungkinkan penyesuaian berkelanjutan dan pemeliharaan jaringan. Dengan pengelolaan yang baik, performa jaringan dapat dipertahankan atau ditingkatkan.

Secara keseluruhan, hubungan antara NDLC dan load balancing dalam penelitian ini sangat erat. NDLC menyediakan kerangka metodologis yang sistematis untuk merancang, menguji, dan mengimplementasikan solusi load balancing. Hasilnya, penerapan load balancing berhasil meningkatkan parameter QoS secara signifikan, menjadikan jaringan lebih cepat, stabil, dan efisien sesuai dengan standar TIPHON.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di SMK Al-Manar Islamic School mengenai implementasi load balancing untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan internet, dapat disimpulkan bahwa implementasi ini memberikan dampak positif yang signifikan. Peningkatan throughput dari 14,215.591 kbps menjadi 46,460.8675



kbps menunjukkan bahwa jaringan mampu mentransmisikan data dengan kecepatan yang lebih tinggi. Hal ini meningkatkan efisiensi dan kemampuan jaringan dalam menangani volume data yang lebih besar, yang penting bagi kelancaran berbagai aktivitas online di lingkungan sekolah. Selain itu, stabilitas packet loss tetap terjaga di angka 0% baik sebelum maupun setelah implementasi load balancing. Ini menunjukkan bahwa tidak ada paket data yang hilang selama transmisi, menandakan kestabilan dan keandalan jaringan yang baik. Kondisi ini sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan mencapai tujuan tanpa ada kehilangan, yang dapat mengganggu kinerja jaringan dan aplikasi yang digunakan. Lebih lanjut, delay jaringan berkurang drastis dari 135 ms menjadi 7 ms. Pengurangan ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam kecepatan pengiriman data, yang sangat penting untuk aplikasi real-time seperti video conferencing dan e-learning. Peningkatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi jaringan tetapi juga pengalaman pengguna secara keseluruhan, karena data dapat dikirim dan diterima lebih cepat. Jitter, yang merupakan variasi dalam waktu pengiriman paket data, juga mengalami penurunan dari 135.615 ms menjadi 73.293 ms. Penurunan ini menunjukkan bahwa jaringan menjadi lebih stabil dan konsisten dalam pengiriman data, mengurangi kemungkinan gangguan pada aplikasi yang sensitif terhadap waktu. Hal ini penting untuk memastikan bahwa aplikasi berjalan dengan lancar tanpa adanya fluktuasi yang dapat menyebabkan keterlambatan atau gangguan. Secara keseluruhan, implementasi load balancing menggunakan Mikrotik router di SMK Al-Manar Islamic School berhasil meningkatkan kualitas layanan jaringan internet dan memenuhi standar TIPHON. Jaringan menjadi lebih cepat, lebih stabil, dan lebih efisien, memungkinkan sekolah untuk mendukung berbagai aktivitas online dengan lebih baik. Implementasi ini memberikan peningkatan yang nyata dalam kinerja jaringan, menjadikannya lebih andal dan responsif terhadap kebutuhan pengguna.

## REFERENCES

- [1] M. Syafrizal, Pengantar jaringan komputer. Penerbit Andi, 2020.
- [2] M. Wardhani and M. T. Nuruzzaman, "Analisis Pengaruh Penggunaan Internet Download Manager pada Load Balancing di Mikrotik," *Edumatic J. Pendidik. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 495–504, 2023, doi: 10.29408/edumatic.v7i2.24295.
- [3] A. M. Komaruddin, D. M. Sipitorini, and P. Rispian, "LOAD BALANCING DENGAN METODE ROUND ROBIN," vol. 5, no. 2, pp. 47–50, 2019.
- [4] Aprianto Budiman, M. Ficky Duskarnaen, and Hamidillah Ajie, "Analisis Quality of Service (Qos) Pada Jaringan Internet Smk Negeri 7 Jakarta," *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 32–36, 2020, doi: 10.21009/pinter.4.2.6.
- [5] T. Octavriana, K. Joni, and A. F. Ibadillah, "Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Load Balancing Pada High Traffic Network," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 28–39, 2021, doi: 10.15408/jti.v14i1.15018.
- [6] F. Saputra, B. Cut, and F. Nilamsari, "Analisis Perbandingan Tiga Software Terhadap Pengukuran Quality Of service (QoS) Pada Pengukuran Jaringan Wireless Internet," *J. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 33–40, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.utu.ac.id/JTI/article/view/7275>
- [7] W. Y. Pusvita and Y. Huda, "ANALISIS KUALITAS LAYANAN JARINGAN INTERNET WIFI.ID MENGGUNAKAN PARAMETER QOS (Quality Of Service)," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 7, no. 1, p. 54, 2019, doi: 10.24036/voteteknika.v7i1.103643.
- [8] A. Wijaya and T. D. Purwanto, "Implementasi Metode Reayasa Sistem Jaringan Komputer untuk Pengembangan Jaringan Komputer," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 5, no. 3, p. 294, 2019, doi: 10.26418/jp.v5i3.29925.
- [9] I. K. S. Satwika, "Analisis Quality of Service Jaringan Virtual Private Network (Vpn) Di Stmik Stikom Indonesia," *J. Ilm. Inform.*, vol. 7, no. 01, p. 60, 2019, doi: 10.33884/jif.v7i01.1016.
- [10] M. Rifka and Y. W, "Analisis Dan Optimalisasi Jaringan Komputer Menggunakan Metode Per Connection Queue Pada SMAN 1 Sumbawa Besar," *J. Jimatek*, vol. 1, no. 2, pp. 22–33, 2024, doi: 10.59134/jimat.v1i2.622.
- [11] T. S. Khoiru Sabila, Siti Rahayu, "Peningkatan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Jaringan Melalui Teknik Load Balancing," vol. 4, no. 3, 2024.
- [12] M. K. Anwar and I. Nurhaida, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) Pada Interkoneksi Jaringan," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 9, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.22441/incomtech.v9i1.5003.
- [13] A. W. Fiqri and A. Prapanca, "Analisis Kinerja Dan Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per Connection Classifier) Pada SMP Negeri 53 Surabaya," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 05, no. 03, pp. 331–343, 2023.
- [14] N. Nurmiaati, L. Surimi, and S. Subardin, "Analisis Kinerja Load Balancing Terhadap Jaringan Internet Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP)," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 52–62, 2022, doi: 10.47709/digitech.v2i2.1779.
- [15] M. R. Leisubun, S. Sugiono, and M. T. Alawiy, "Analisis Kinerja Load Balancing Menggunakan Metode Nth Dengan Dua Internet Service Provider Pada Router Mikrotik," *Sci. Electro*, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: <http://riset.unisma.ac.id/index.php/jte/article/view/1646%0Ahttp://riset.unisma.ac.id/index.php/jte/article/download/1646/1598>
- [16] M. Z. Arifin and M. Y. Putra, "Optimalisasi Kinerja Jaringan dengan Load Balancing dan Failover Mikrotik," *J. Mhs. Bina Insa.*, vol. 7, no. 2, pp. 105–114, 2023, [Online]. Available: <http://101.255.92.196/index.php/JMBI/article/view/2551%0Ahttp://101.255.92.196/index.php/JMBI/article/download/2551/1662>
- [17] U. A. Ahmad, A. Tarihoran, and Y. Mardiansyah, "Load Balancing Performance Comparison Analysis Ecmp Method With Pcc Method on Routers Microtic," vol. 8, no. 6, pp. 11925–11938, 2021.
- [18] U. A. Ahmad, R. E. Saputra, and Y. Pangestu, "Perancangan Infrastruktur Jaringan Komputer Menggunakan Fiber Optic Dengan Metode Network Development Life Cycle (Ndlc) Design of Computer Network Infrastructure Using Optical Fiber With Network Development Life Cycle (Ndlc) Method," *Peranc. Infrastruktur Jar. Komput. Menggunakan Fiber Opt. Dengan Metod. Netw. Development Life Cycle Des. Comput. Netw. Infrastruct. Using Opt. Fiber With Netw. Dev.*



Life Cycle Method, vol. 8, no. 6, pp. 12066–12079, 2021.

- [19] A. Cinta, P. Wibawa, R. Hikmawan, and D. P. Sari, “Analisis QoS untuk Mengoptimalkan Jaringan Internet Menggunakan Metode Load Balancing ( Studi Kasus : Diskominfo Kabupaten Kuningan ),” vol. 14, no. 1, pp. 1–16, 2024.
- [20] B. Hidayat, “Implementasi Manajemen Bandwidth Load Balancing Equal Cost Multi- Path Implementation of Bandwidth Load Balancing Equal Cost Multi-Path Management,” vol. 4, pp. 177–184, 2022.
- [21] M. Hasbi and N. R. Saputra, “Analisis Quality of Service ( Qos ) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin Dengan Menggunakan Wireshark,” Univ. Muhammadiyah Jakarta, vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/article/view/13596>
- [22] H. Kusbandono et al., “Penerapan Quality Of Service ( QoS ) dengan Metode PCQ untuk Manajemen Bandwidth Internet pada WLAN Politeknik Negeri Madiun,” vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2019.