

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Jaringan Komputer

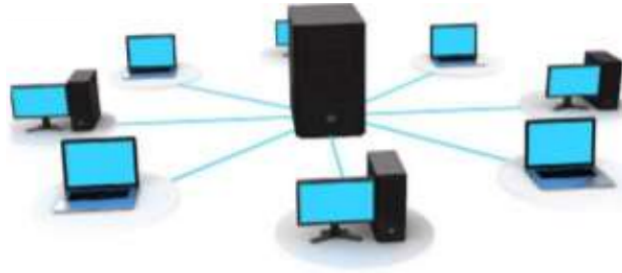
Jaringan komputer merupakan sekumpulan perangkat komputer yang saling terhubung melalui media komunikasi untuk berbagi data, informasi, dan sumber daya [4]. Keberadaan jaringan komputer telah menjadi infrastruktur utama dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, karena memungkinkan proses pembelajaran berbasis digital, serta akses informasi secara *real-time* [5]. Dalam lingkungan sekolah, jaringan komputer berperan penting dalam mendukung kegiatan administrasi, belajar-mengajar, hingga pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) dan Tes Kemampuan Akademik (TKA).

Perkembangan teknologi jaringan saat ini ditandai dengan meningkatnya kebutuhan akan koneksi yang cepat, stabil, dan merata. Tidak hanya ketersediaan jaringan, tetapi juga kualitas layanan jaringan menjadi faktor penentu keberhasilan pemanfaatan teknologi informasi. Oleh karena itu, pengelolaan jaringan yang baik menjadi kebutuhan mendasar agar seluruh pengguna dapat mengakses internet sesuai dengan kebutuhannya tanpa saling mengganggu.

Berdasarkan cakupan wilayahnya, jaringan komputer dapat dibedakan menjadi *Local Area Network (LAN)*, *Metropolitan Area Network (MAN)*, dan *Wide Area Network (WAN)* [6]. Jaringan yang digunakan di lingkungan sekolah umumnya berbentuk LAN yang terhubung ke WAN (internet) melalui perangkat *Router* sebagai penghubung utama.

1. *Local Area Network (LAN)*

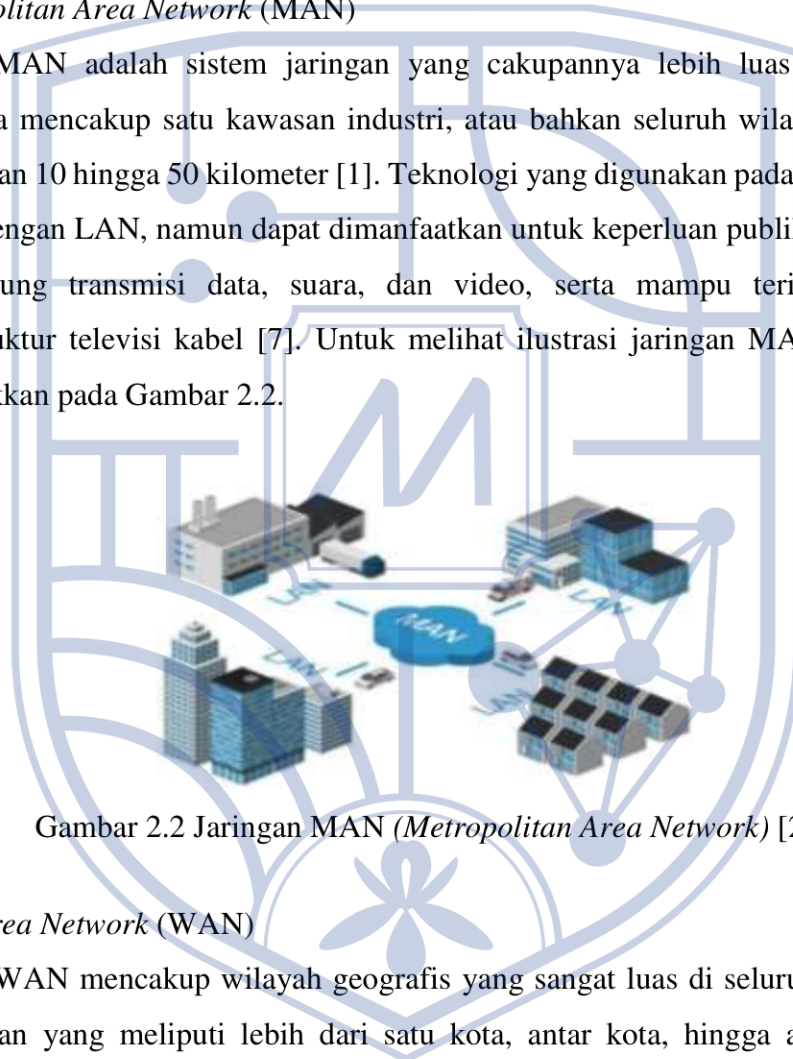
LAN adalah sistem jaringan terbatas yang menghubungkan beberapa perangkat komputer dalam satu wilayah, sehingga setiap perangkat dapat saling berbagi data dan sumber daya [7]. LAN umumnya mencakup jumlah perangkat komputer yang terbatas, seperti institusi pendidikan, warnet, serta lingkungan perkantoran untuk mengintegrasikan dua atau lebih komputer dalam satu ruangan [1]. Desain topologi jaringan sangat memengaruhi kinerja LAN, dan setiap perangkat yang tergabung dalam LAN wajib memiliki alamat IP yang berbeda [8]. Untuk melihat ilustrasi jaringan LAN secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jaringan LAN (*Local Area Network*) [1]

2. *Metropolitan Area Network (MAN)*

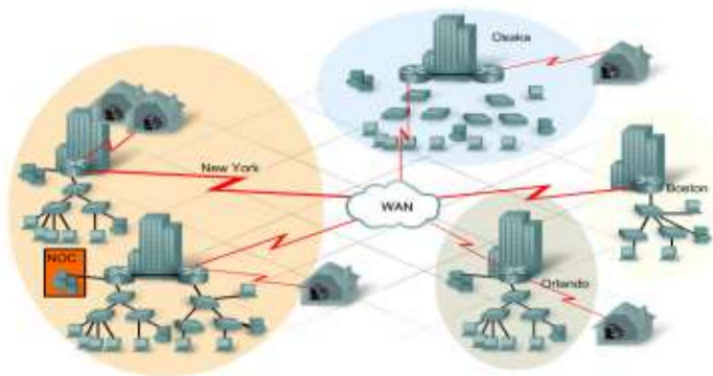
MAN adalah sistem jaringan yang cakupannya lebih luas daripada LAN, biasanya mencakup satu kawasan industri, atau bahkan seluruh wilayah kota dengan jangkauan 10 hingga 50 kilometer [1]. Teknologi yang digunakan pada MAN umumnya mirip dengan LAN, namun dapat dimanfaatkan untuk keperluan publik maupun privat, mendukung transmisi data, suara, dan video, serta mampu terintegrasi dengan infrastruktur televisi kabel [7]. Untuk melihat ilustrasi jaringan MAN secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jaringan MAN (*Metropolitan Area Network*) [2]

3. *Wide Area Network (WAN)*

WAN mencakup wilayah geografis yang sangat luas di seluruh dunia, dengan jangkauan yang meliputi lebih dari satu kota, antar kota, hingga antar negara [1]. Dibandingkan dengan LAN dan MAN, WAN memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. WAN memanfaatkan beragam infrastruktur dan teknologi untuk mengintegrasikan jaringan LAN dan MAN lainnya ke dalam sistem komunikasi global seperti *internet* [7]. Untuk melihat ilustrasi jaringan WAN secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jaringan WAN (*Wide Area Network*) [3]

2.2 Peran Internet dalam Pendidikan

Internet merupakan jaringan global yang menghubungkan jutaan jaringan komputer di seluruh dunia dan memungkinkan pertukaran informasi dalam skala luas. Dalam dunia pendidikan, internet berfungsi sebagai sarana utama untuk mengakses sumber belajar digital, media pembelajaran interaktif, serta sistem manajemen pembelajaran (*Learning Management System*) [9].

Pada jenjang Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), internet memiliki peranan yang lebih strategis karena mendukung pembelajaran berbasis praktik, khususnya pada kompetensi keahlian Teknik Komputer Jaringan (TKJ). Kegiatan seperti konfigurasi jaringan, pembelajaran server, hingga pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) sangat bergantung pada kualitas koneksi internet. Oleh karena itu, kestabilan dan pemerataan akses internet menjadi faktor krusial dalam menunjang efektivitas proses belajar-mengajar.

2.3 *Bandwidth* dan Permasalahan Distribusinya

Bandwidth merupakan kapasitas maksimum media transmisi dalam mengirimkan data dalam satuan waktu tertentu, yang umumnya diukur dalam satuan bit per second (bps) [10]. Semakin besar *bandwidth* yang tersedia, semakin besar pula data yang dapat ditransmisikan secara bersamaan. Namun, besarnya *bandwidth* yang disediakan oleh penyedia layanan internet tidak serta-merta menjamin kualitas akses yang baik apabila tidak dikelola dengan benar.

Permasalahan umum yang sering terjadi pada jaringan di sekolah adalah ketidakmerataan distribusi *bandwidth*. Beberapa pengguna dapat mengambil *bandwidth* secara berlebihan, sementara pengguna lain mengalami keterbatasan akses. Kondisi ini

menyebabkan koneksi menjadi lambat, tidak stabil, bahkan terputus pada saat beban jaringan meningkat. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme manajemen *bandwidth* yang mampu mengatur alokasi *bandwidth* secara adil dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2.3.1 Definisi *Bandwidth*

Bandwidth adalah kapasitas maksimum suatu media transmisi untuk mengirimkan data dalam satuan waktu, biasanya diukur dalam bit per second (bps), kilobit per second (Kbps), megabit per second (Mbps), atau gigabit per second (Gbps). *Bandwidth* menentukan seberapa banyak data yang dapat ditransfer secara simultan melalui jaringan.

Namun, penting dibedakan antara *bandwidth* dan *throughput*. *Bandwidth* adalah kapasitas teoritis jaringan, sedangkan *throughput* adalah jumlah data aktual yang berhasil dikirim dalam waktu tertentu [11]. Semakin besar *bandwidth* yang tersedia, semakin besar pula potensi data yang dapat ditransmisikan. Akan tetapi, tanpa manajemen yang tepat, *bandwidth* besar pun tidak menjamin kualitas koneksi yang stabil dan merata bagi seluruh pengguna jaringan.

2.3.2 Faktor-faktor yang Memengaruhi Distribusi *Bandwidth*

Distribusi *bandwidth* di lingkungan sekolah dipengaruhi oleh beberapa faktor [12]. Faktor pertama adalah jumlah pengguna (*user concurrency*), di mana semakin banyak pengguna yang terhubung secara bersamaan, semakin besar kemungkinan *bandwidth* terbagi tidak merata sehingga beberapa pengguna mengalami koneksi lambat. Faktor kedua adalah jenis aplikasi yang digunakan, karena aplikasi berat seperti *streaming* video, *video conference*, atau unduhan berkapasitas besar memerlukan *bandwidth* lebih banyak dibandingkan dengan aplikasi ringan seperti *browsing*, *chatting*, dan penggunaan email.

Selain itu, faktor lain yang memengaruhi distribusi *bandwidth* adalah kapasitas perangkat jaringan, termasuk *router*, *switch*, dan *access point*. Perangkat yang kurang memadai dapat menimbulkan *bottleneck* (kondisi hambatan), meskipun *bandwidth* dari penyedia layanan internet (ISP) cukup besar. Faktor terakhir adalah kualitas media transmisi, di mana kabel UTP, maupun jaringan nirkabel memiliki kapasitas dan jarak transmisi berbeda, yang berpengaruh pada kecepatan serta stabilitas koneksi jaringan.

2.3.3 Masalah Umum dalam Distribusi *Bandwidth* di Sekolah

Berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi distribusi *bandwidth*, beberapa masalah umum sering muncul di lingkungan sekolah. Salah satunya adalah ketidakmerataan akses, di mana beberapa pengguna atau perangkat mendominasi penggunaan *bandwidth*, sementara pengguna lain mengalami koneksi lambat. Selain itu, koneksi internet sering menurun pada jam sibuk ketika aktivitas pengguna meningkat, sehingga performa jaringan menjadi tidak stabil.

Masalah lain muncul akibat penggunaan aplikasi berat tanpa pengaturan prioritas, yang dapat mengganggu layanan lain dan menimbulkan *latency*, *jitter*, serta *packet loss*. Kondisi ini berdampak langsung pada kualitas jaringan, menghambat proses belajar-mengajar, pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), Tes Kemampuan Akademik (TKA), maupun praktikum jaringan pada jurusan TKJ.

2.3.4 Dampak Permasalahan *Bandwidth*

Ketidakstabilan dan ketidakmerataan distribusi *bandwidth* memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap aktivitas akademik di sekolah. Salah satu dampak utamanya adalah terhambatnya kegiatan praktikum pada jurusan TKJ, yang mengakibatkan proses pembelajaran tidak berjalan secara optimal.

Dampak lainnya terlihat pada penurunan kualitas layanan internet bagi guru, siswa, maupun laboratorium, yang pada akhirnya memengaruhi efektivitas pemanfaatan jaringan. Kondisi ini juga menimbulkan keluhan dari pengguna terkait koneksi yang lambat atau tidak stabil, yang dapat mengganggu kelancaran proses belajar-mengajar dan aktivitas akademik lainnya. Dengan demikian, manajemen *bandwidth* yang tepat menjadi sangat penting untuk menjaga kualitas layanan jaringan di lingkungan sekolah.

2.3.5 Strategi Manajemen *Bandwidth*

Untuk mengatasi permasalahan distribusi *bandwidth*, beberapa strategi pengelolaan dapat diterapkan di lingkungan sekolah. Salah satu strategi yang efektif adalah pembagian *bandwidth* berdasarkan kelompok pengguna, seperti guru, siswa, dan laboratorium, dengan alokasi berbeda sesuai prioritas kebutuhan akademik. Selain itu, penerapan metode manajemen *bandwidth* pada Mikrotik, seperti *Simple Queue*, *Queue Tree*, atau *PCQ (Per Connection Queue)*, dapat membantu mengatur penggunaan *bandwidth* agar lebih adil dan terkendali.

Selain itu, penerapan *Quality of Service* (QoS) menjadi langkah penting agar kegiatan penting, seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), atau praktikum kejuruan, memperoleh prioritas tinggi. Monitoring jaringan secara *real-time* menggunakan fitur Mikrotik juga memungkinkan administrator untuk memantau penggunaan *bandwidth* per IP, dan per pengguna, sehingga potensi gangguan dapat diminimalkan dan kestabilan jaringan tetap terjaga. Strategi-strategi ini secara keseluruhan berperan penting dalam memastikan distribusi *bandwidth* yang efektif dan mendukung aktivitas akademik secara optimal.

2.4 *Quality of Service* (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan konsep dalam manajemen jaringan yang bertujuan untuk menjamin kualitas layanan jaringan agar tetap optimal sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. QoS berfokus pada pengendalian sumber daya jaringan sehingga layanan yang bersifat kritis dapat memperoleh prioritas yang lebih tinggi dibandingkan layanan lainnya [13].

Parameter utama dalam QoS meliputi *throughput* (laju data), *delay* (*latency*/waktu tunda), *jitter* (variasi *delay*), dan *packet loss* (kehilangan paket). *Throughput* menunjukkan kecepatan efektif pengiriman data, *delay* menggambarkan waktu tempuh paket data, *jitter* menunjukkan variasi *delay*, sedangkan *packet loss* mengindikasikan jumlah paket data yang hilang selama transmisi. Dalam konteks jaringan sekolah, penerapan QoS sangat penting untuk memastikan bahwa aktivitas akademik seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), Tes Kemampuan Akademik (TKA), dan praktikum jaringan dapat berjalan dengan lancar meskipun jumlah pengguna meningkat.

Penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Simple Queue* merupakan salah satu bentuk implementasi konsep QoS, khususnya dalam pengendalian *throughput* dan pembatasan penggunaan *bandwidth* agar layanan jaringan tetap stabil. Penerapan QoS difokuskan pada pengendalian *throughput* dan pemerataan *bandwidth* melalui metode *Simple Queue*.

2.4.1 Parameter *Quality of Service* (QoS)

Parameter QoS berperan penting dalam menentukan kualitas dan kinerja jaringan. Beberapa parameter utama yang sering digunakan antara lain *throughput*, *delay (latency)*, *jitter*, dan *packet loss* [14]. *Throughput* mengukur kecepatan efektif pengiriman data melalui jaringan, sedangkan *delay* menunjukkan waktu yang dibutuhkan paket data untuk sampai ke tujuan. *Jitter* adalah variasi *delay* antar paket, yang sangat kritis bagi aplikasi *real-time* seperti *video conference*, dan *packet loss* menunjukkan jumlah paket yang hilang selama transmisi, yang dapat menurunkan kualitas layanan secara keseluruhan.

Setiap parameter QoS memiliki dampak nyata terhadap aktivitas di lingkungan sekolah. Misalnya pada Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), *throughput* yang rendah atau *packet loss* tinggi dapat mengganggu akses materi dan pengumpulan data. Pada *video conference*, *jitter* atau *delay* yang tinggi akan menurunkan kualitas komunikasi, sedangkan pada praktikum jaringan, parameter QoS yang buruk dapat menyebabkan simulasi atau transfer data tidak berjalan lancar. Dengan memahami dan memonitor parameter-parameter ini, sekolah dapat memastikan layanan jaringan tetap optimal sesuai kebutuhan akademik.

2.4.1.1 *Throughput*

Throughput merupakan parameter *Quality of Service* (QoS) yang menunjukkan laju data efektif yang berhasil dikirimkan dari sumber ke tujuan dalam suatu jaringan selama periode waktu tertentu. *Throughput* menggambarkan kinerja nyata jaringan yang dirasakan oleh pengguna dan biasanya dinyatakan dalam satuan bit per second (bps), kilobit per second (Kbps), atau megabit per second (Mbps). Nilai *throughput* dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kapasitas *bandwidth*, kondisi jaringan, jumlah pengguna, serta adanya *delay* dan *packet loss*. Untuk mencari perhitungan *throughput* digunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (1).

Tabel 2.1 Indeks Karakteristik *Throughput* berdasarkan TIPHON

Kategori <i>Throughput</i>	Besar <i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	> 2.1 Mbps	4
Bagus	1.2 Mbps s.d 2.1 Mbps	3
Sedang	700 Kbps s.d 1200 Kbps	2
Buruk	0 s.d 338 Kbps	1

Rumus untuk mencari perhitungan *Throughput*:

$$Throughput = \frac{Total\ Bytes \times 8}{Total\ Waktu\ (detik)} \dots\dots\dots (1)$$

2.4.1.2 Packet Loss

Packet Loss merupakan parameter QoS yang menunjukkan persentase paket data yang gagal diterima oleh perangkat tujuan selama proses transmisi data dalam suatu jaringan. *Packet Loss* terjadi ketika paket data hilang di tengah perjalanan akibat kemacetan jaringan, gangguan perangkat, atau keterbatasan *bandwidth*. Semakin kecil nilai *packet loss*, maka semakin baik kualitas layanan jaringan yang dirasakan oleh pengguna. Untuk mencari perhitungan *packet loss* digunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (2, 3).

Tabel 2.2 Indeks Karakteristik *Packet Loss* berdasarkan TIPHON

Kategori <i>Packet Loss</i>	<i>Packet Loss</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	0 s.d 2	4
Bagus	3 s.d 14	3
Sedang	15 s.d 24	2
Buruk	25	1

Rumus untuk mencari perhitungan *Packet Loss*:

$$Packet\ Loss(\%) = \frac{Paket\ Terkirim - Paket\ Diterima}{Paket\ Terkirim} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

$$Packet\ Loss(\%) = \frac{Paket\ Hilang}{Paket\ Terkirim} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

2.4.1.3 Delay (Latency)

Delay merupakan parameter QoS yang menunjukkan waktu tunda yang dibutuhkan oleh sebuah paket data untuk berpindah dari perangkat sumber ke perangkat tujuan dalam suatu jaringan. *Delay* terdiri dari beberapa komponen, yaitu *propagation delay*, *transmission delay*, *processing delay*, dan *queuing delay*, yang secara keseluruhan memengaruhi waktu tempuh paket data dalam jaringan. *Delay* biasanya diukur dalam satuan milidetik (ms) dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jarak transmisi, kecepatan jaringan, beban trafik, serta kinerja perangkat jaringan. Semakin kecil nilai *delay*, maka semakin baik kualitas

layanan jaringan. Untuk mencari perhitungan *delay* digunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (4, 5).

Tabel 2.3 Indeks Karakteristik *Delay* berdasarkan TIPHON

Kategori Latensi	Besar <i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	150 s.d 300	3
Sedang	300 s.d 450	2
Buruk	> 450	1

Rumus untuk mencari perhitungan *Delay*:

$$\text{Rata - rata Delay (s)} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Jumlah Paket Diterima}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Delay (ms)} = \text{Rata - rata Delay (s)} \times 1000 \dots\dots\dots (5)$$

2.4.1.4 Jitter

Jitter merupakan parameter QoS yang menunjukkan variasi atau perubahan nilai *delay* antar paket data yang diterima dalam suatu jaringan. *Jitter* terjadi ketika paket data tidak tiba secara berurutan atau memiliki waktu tunda yang berbeda-beda akibat perubahan beban trafik jaringan, kemacetan, atau keterbatasan *bandwidth*. Semakin kecil nilai *jitter*, maka semakin stabil dan baik kualitas layanan jaringan. Untuk mencari perhitungan *jitter* digunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan (6).

Tabel 2.4 Indeks Karakteristik *Jitter* berdasarkan TIPHON

Kategori <i>Jitter</i>	Besar <i>Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	0 s.d 75	3
Sedang	75 s.d 125	2
Buruk	> 125 s.d 225	1

Rumus untuk mencari perhitungan *Jitter*:

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket Diterima}-1} \dots\dots\dots (6)$$

2.4.2 Standarisasi TIPHON dalam Pengukuran QoS

Standar evaluasi *Quality of Service* (QoS) dalam penelitian ini mengacu pada standar TIPHON yang dikembangkan oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). TIPHON merupakan singkatan dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*, yaitu kerangka standar yang digunakan untuk menilai kualitas layanan jaringan berbasis IP (*Internet Protocol*).

Penggunaan standar TIPHON dalam penelitian ini berfungsi sebagai dasar dalam membandingkan kondisi jaringan sebelum dan sesudah penerapan metode *Simple Queue*, sehingga hasil analisis dapat dinilai secara objektif berdasarkan kategori kualitas yang telah ditetapkan. Dengan adanya standar yang telah ditetapkan secara sistematis, proses penilaian tidak lagi bergantung pada persepsi atau penilaian subjektif, melainkan mengacu pada parameter dan kategori kualitas yang terukur. Selain itu, standar TIPHON memungkinkan hasil pengukuran dapat diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas tertentu sehingga memudahkan proses analisis dan interpretasi data.

Penerapan standar ini juga sangat membantu dalam melakukan perbandingan kondisi jaringan sebelum dan sesudah penerapan metode *Simple Queue*. Dengan klasifikasi yang jelas, perubahan nilai *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dapat dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui apakah terjadi peningkatan kualitas layanan jaringan. Adapun klasifikasi indeks kualitas berdasarkan standar TIPHON dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kategori Indeks Kualitas Berdasarkan Standar TIPHON

Indeks	Kategori	Interpretasi Umum
4	Sangat Bagus	Performa jaringan sangat optimal dan memenuhi standar kualitas tertinggi.
3	Bagus	Performa jaringan baik dan masih dalam batas toleransi yang direkomendasikan.
2	Sedang	Performa jaringan cukup, namun mulai menunjukkan penurunan kualitas.
1	Buruk	Performa jaringan tidak memenuhi standar kualitas dan memerlukan perbaikan.

2.4.3 Wireshark

Pengukuran parameter *Quality of Service* (QoS) dalam penelitian ini dilakukan menggunakan aplikasi analisis jaringan yaitu Wireshark. Wireshark merupakan perangkat lunak *network protocol analyzer* yang digunakan untuk menangkap (*capture*) dan menganalisis paket data yang melewati suatu jaringan secara *real-time*. Wireshark dikembangkan sebagai perangkat lunak *open-source* yang mendukung berbagai sistem operasi dan banyak digunakan dalam penelitian jaringan karena kemampuannya dalam melakukan analisis paket secara detail hingga level protokol.

Wireshark memungkinkan administrator jaringan untuk memperoleh data mentah berupa jumlah paket terkirim, paket diterima, total *bytes*, serta rentang waktu pengiriman (*time span*). Data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* berdasarkan rumus kategori TIPHON.

Penggunaan Wireshark dalam penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengukur performa jaringan secara aktual.
2. Membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan *Simple Queue*.
3. Memastikan data pengukuran bersifat objektif dan dapat diverifikasi.



Gambar 2.4 Logo Wireshark

2.4.4 Tujuan dan Manfaat QoS di Sekolah

Penerapan QoS di lingkungan sekolah bertujuan untuk menjamin aplikasi dan layanan kritis tetap berjalan dengan lancar meskipun jumlah pengguna jaringan terus meningkat. Dengan QoS, layanan yang bersifat penting seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), Tes Kemampuan Akademik (TKA), dan praktikum kejuruan dapat memperoleh prioritas *bandwidth* yang memadai, sehingga kualitas layanan tetap terjaga dan tidak terganggu oleh aktivitas jaringan lainnya.

Selain itu, QoS memberikan manfaat dalam mengurangi keluhan pengguna terkait koneksi internet yang lambat atau tidak stabil. Pengaturan prioritas dan alokasi *bandwidth* yang tepat memungkinkan penggunaan sumber daya jaringan menjadi lebih efisien bagi seluruh kelompok pengguna, baik guru, siswa, maupun laboratorium. Dengan demikian,

QoS berperan penting dalam mendukung kegiatan akademik dan praktikum berbasis jaringan secara optimal.

2.4.5 Klasifikasi Trafik dan Prioritas

Klasifikasi trafik jaringan merupakan proses pengelompokan lalu lintas data berdasarkan tingkat kepentingan dan kebutuhan layanannya [8]. Trafik dengan prioritas tinggi (*High Priority*) mencakup layanan kritis seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), *video conference*, dan praktikum jaringan yang membutuhkan kestabilan koneksi, *latency* rendah, serta *jitter* minimal. Prioritas menengah (*Medium Priority*) meliputi layanan seperti LMS (*Learning Management System*), email, dan *browsing* edukatif yang tetap penting namun tidak terlalu sensitif terhadap keterlambatan data. Sementara itu, prioritas rendah (*Low Priority*) mencakup aktivitas non-akademik seperti *streaming* hiburan, unduhan file berukuran besar, dan penggunaan media sosial.

Penerapan klasifikasi trafik ini sangat penting untuk menjaga stabilitas dan kinerja jaringan secara keseluruhan. Dengan adanya pengaturan prioritas, *bandwidth* dapat dialokasikan secara lebih efektif sehingga layanan penting tidak terganggu oleh trafik yang kurang mendesak. Hal ini membantu mencegah kemacetan jaringan, meningkatkan kualitas layanan bagi pengguna, serta mendukung kelancaran kegiatan akademik di lingkungan sekolah secara berkesinambungan.

2.4.6 Metode Implementasi QoS

Implementasi *Quality of Service* (QoS) pada jaringan sekolah merupakan langkah strategis untuk menjaga kualitas layanan jaringan agar tetap optimal di tengah meningkatnya jumlah pengguna dan kebutuhan akses internet. Lingkungan sekolah memiliki karakteristik trafik yang beragam, mulai dari layanan akademik kritis seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) dan Tes Kemampuan Akademik (TKA) hingga kegiatan praktikum yang membutuhkan *bandwidth* besar, sehingga diperlukan mekanisme manajemen *bandwidth* yang efektif dan terstruktur.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam penerapan QoS pada *router* Mikrotik adalah *Simple Queue*. Metode ini mudah dikonfigurasi dan sesuai diterapkan pada jaringan berskala kecil hingga menengah seperti sekolah. *Simple Queue* memungkinkan administrator jaringan mengalokasikan dan membatasi *bandwidth* berdasarkan alamat IP,

kelompok pengguna, atau *interface* jaringan, sehingga distribusi *bandwidth* dapat dilakukan secara adil dan terkendali [15].

Selain itu, *Simple Queue* menyediakan parameter *limit-at* dan *max-limit* untuk mengatur batas minimum dan maksimum *bandwidth* setiap pengguna atau kelompok. Manajemen ini berperan penting dalam mencegah monopoli *bandwidth*, menjaga kestabilan jaringan, serta mengurangi gangguan kualitas layanan seperti *latency*, *jitter*, dan *packet loss*. Dengan kemudahan dan fleksibilitas tersebut, *Simple Queue* dinilai efektif dalam mendukung penerapan QoS dan meningkatkan kualitas layanan jaringan internet di lingkungan sekolah.

2.4.7 Dampak QoS terhadap Kinerja Jaringan

Penerapan QoS memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kinerja jaringan, terutama dalam menurunkan nilai *latency* dan *jitter*. Dengan pengaturan prioritas trafik yang tepat, paket data untuk layanan penting dapat diproses dan dikirim lebih cepat serta lebih stabil [8]. Selain itu, QoS juga berperan dalam mengurangi *packet loss* dengan cara mengontrol lalu lintas jaringan agar tidak terjadi kemacetan yang berlebihan, sehingga kualitas transmisi data dapat terjaga dengan baik [7].

Dampak tersebut berkontribusi langsung pada peningkatan efisiensi pemanfaatan *bandwidth* secara keseluruhan. *Bandwidth* yang tersedia dapat digunakan secara optimal sesuai dengan tingkat kepentingan layanan, sehingga tidak terjadi pemborosan pada trafik yang kurang prioritas. Dalam konteks sekolah, penerapan QoS mendukung kelancaran proses praktikum jaringan, LMS (*Learning Management System*), ANBK (Asesmen Nasional Berbasis Komputer), dan TKA (Tes Kemampuan Akademik), karena akses internet menjadi lebih stabil, responsif, dan andal bagi seluruh pengguna.

2.5 Mikrotik sebagai Router Jaringan

Mikrotik merupakan perangkat jaringan berbasis sistem operasi *RouterOS* yang banyak digunakan untuk mengelola jaringan komputer, khususnya pada skala kecil hingga menengah. Mikrotik menyediakan berbagai fitur seperti manajemen *bandwidth* yang fleksibel dan mudah dikonfigurasi [7,8,16].

Keunggulan Mikrotik terletak pada kemampuannya dalam mengimplementasikan manajemen *bandwidth* secara detail dan terkontrol. Hal ini menjadikan Mikrotik sebagai solusi yang banyak digunakan di lingkungan pendidikan karena biaya yang relatif terjangkau

serta dukungan fitur yang lengkap. Dalam penelitian ini, Mikrotik berperan sebagai perangkat utama dalam mengatur dan mengontrol distribusi *bandwidth* jaringan internet di lingkungan sekolah. Untuk melihat *router* Mikrotik ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 RouterBoard Mikrotik

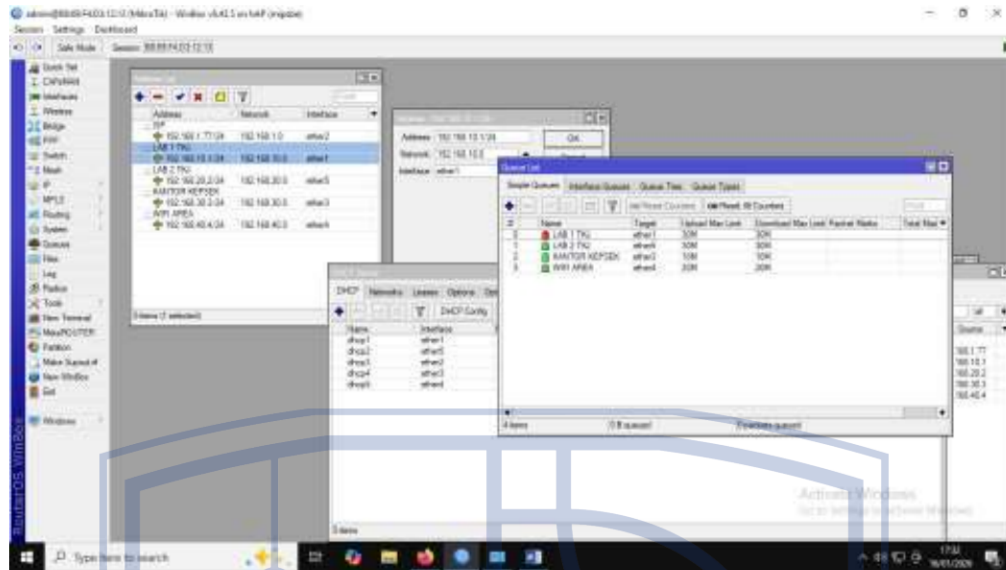
2.5.1 Winbox

Winbox merupakan aplikasi berbasis *graphical user interface* (GUI) yang dikembangkan oleh Mikrotik untuk mempermudah proses konfigurasi dan manajemen RouterOS. Melalui Winbox, administrator jaringan dapat melakukan pengaturan perangkat Mikrotik secara visual tanpa harus menggunakan perintah berbasis *command line* secara penuh [16].

Dalam penelitian ini, Winbox digunakan sebagai alat utama untuk melakukan konfigurasi manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Simple Queue*. Pengaturan seperti penentuan alamat IP, konfigurasi DHCP, NAT, DNS, serta penerapan aturan *Simple Queue* dilakukan melalui antarmuka Winbox sehingga proses konfigurasi menjadi lebih terstruktur dan mudah dipantau. Penggunaan Winbox sangat sesuai untuk lingkungan sekolah karena memudahkan administrator dalam melakukan *monitoring* dan penyesuaian kebijakan jaringan secara *real-time*. Logo dan tampilan GUI Winbox dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Logo Winbox [4]



Gambar 2.7 Tampilan GUI pada aplikasi Winbox

2.5.2 RouterOS

RouterOS merupakan sistem operasi berbasis Linux yang dikembangkan oleh Mikrotik dan digunakan untuk mengelola serta mengontrol fungsi perangkat *RouterBoard*. *RouterOS* menyediakan berbagai layanan jaringan seperti *routing*, *firewall*, NAT, DHCP, *hotspot*, serta pengelolaan *Quality of Service (QoS)* yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan jaringan.

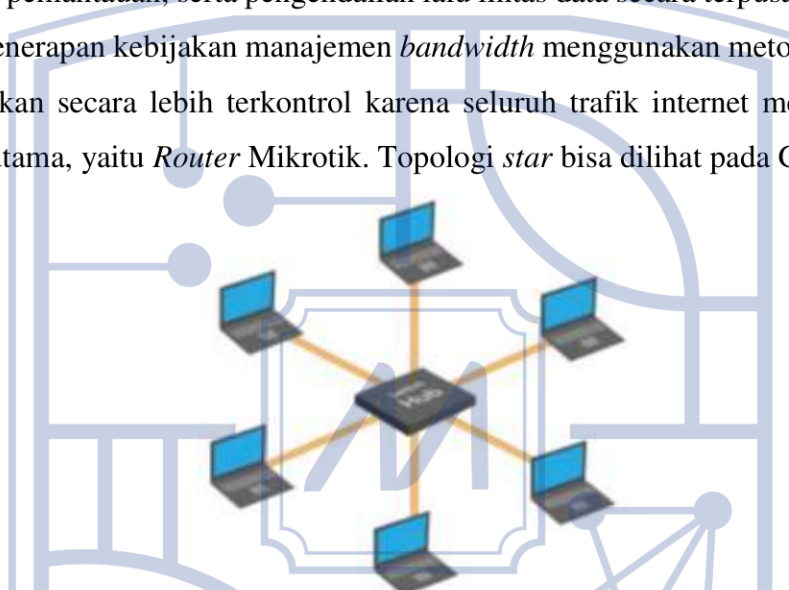
Keunggulan *RouterOS* terletak pada kelengkapan fitur yang terintegrasi dalam satu sistem operasi, sehingga administrator jaringan tidak memerlukan perangkat tambahan untuk menjalankan fungsi-fungsi dasar maupun lanjutan jaringan. Selain itu, *RouterOS* mendukung pengelolaan jaringan secara fleksibel melalui antarmuka grafis maupun *command line interface (CLI)* [17].

Selain kelengkapan fitur, *RouterOS* juga dikenal memiliki tingkat stabilitas dan keandalan yang baik dalam operasional jaringan. Sistem operasi ini mendukung berbagai skenario implementasi jaringan, mulai dari jaringan sederhana hingga jaringan dengan kebutuhan manajemen yang lebih kompleks. Dengan dukungan pembaruan sistem dan dokumentasi yang cukup lengkap, *RouterOS* memudahkan administrator jaringan dalam melakukan pemeliharaan, pengembangan, serta penyesuaian konfigurasi sesuai dengan perkembangan kebutuhan jaringan [17,18].

2.6 Arsitektur Jaringan

Infrastruktur jaringan yang digunakan dalam penelitian ini menerapkan topologi *star* di mana *Router* Mikrotik berperan sebagai pusat pengelolaan lalu lintas data sekaligus perangkat utama dalam penerapan manajemen *bandwidth*. Seluruh perangkat pengguna, baik guru, siswa, maupun komputer laboratorium, terhubung ke jaringan melalui perangkat distribusi seperti *switch* dan *access point* yang mengarah langsung ke *router* pusat.

Penggunaan topologi *star* pada jaringan sekolah dipilih karena kemudahan dalam pengelolaan, pemantauan, serta pengendalian lalu lintas data secara terpusat. Dengan model ini, proses penerapan kebijakan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Simple Queue* dapat dilakukan secara lebih terkontrol karena seluruh trafik internet melewati satu titik pengaturan utama, yaitu *Router* Mikrotik. Topologi *star* bisa dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Topologi *Star* [5]

Media transmisi yang digunakan dalam jaringan ini terdiri dari kabel *Ethernet* berbasis UTP (*Unshielded Twisted Pair*) untuk koneksi kabel dan jaringan nirkabel (*wireless*) untuk akses pengguna di ruang kelas dan area umum sekolah. Pembahasan mengenai topologi dan media jaringan dalam penelitian ini bersifat deskriptif dan kontekstual, bertujuan untuk memberikan gambaran lingkungan implementasi manajemen *bandwidth*, serta tidak menjadi variabel yang dianalisis secara khusus dalam penelitian. Ilustrasi kabel UTP dapat dilihat pada Gambar 2.9.

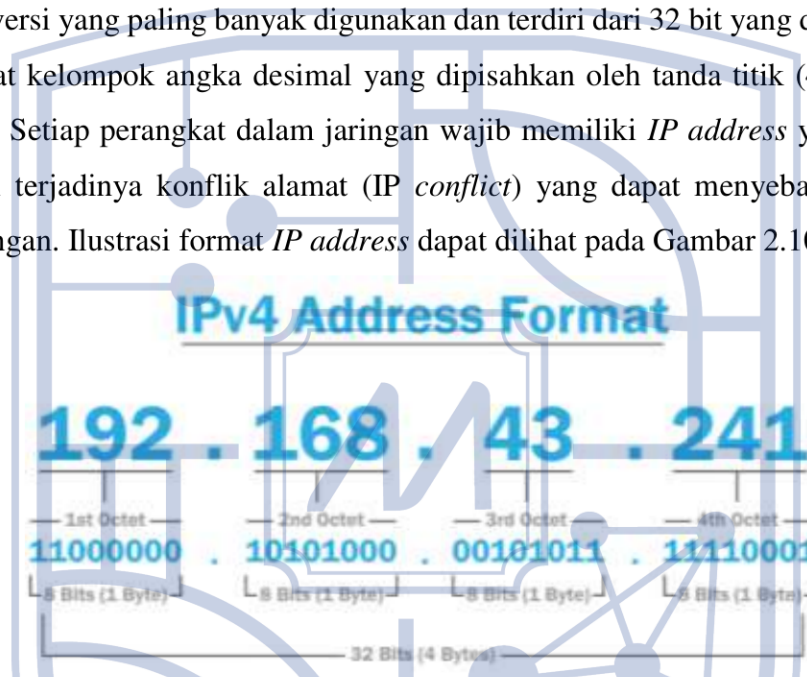


Gambar 2.9 Kabel UTP [6]

2.6.1 IP Address

IP address (Internet Protocol Address) merupakan alamat logis yang digunakan untuk mengidentifikasi setiap perangkat yang terhubung dalam suatu jaringan computer (8). *IP address* berfungsi sebagai identitas unik agar setiap perangkat dapat saling berkomunikasi dan bertukar data secara tepat di dalam jaringan. Tanpa pengalamatan IP yang jelas, proses pengiriman dan penerimaan data antar perangkat tidak dapat berjalan dengan baik.

Secara umum, *IP address* terbagi menjadi dua versi, yaitu IPv4 dan IPv6 [8]. IPv4 merupakan versi yang paling banyak digunakan dan terdiri dari 32 bit yang dituliskan dalam bentuk empat kelompok angka desimal yang dipisahkan oleh tanda titik (4 *octet*), seperti 192.168.1.1. Setiap perangkat dalam jaringan wajib memiliki *IP address* yang unik untuk menghindari terjadinya konflik alamat (*IP conflict*) yang dapat menyebabkan gangguan koneksi jaringan. Ilustrasi format *IP address* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Format Pengalamatan IPv4 [7]

2.6.2 Subnetting

Subnetting merupakan teknik pembagian satu jaringan besar menjadi beberapa jaringan yang lebih kecil (*subnet*) dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan *IP address* serta mempermudah pengelolaan jaringan [19]. Melalui *subnetting*, administrator jaringan dapat membagi jaringan berdasarkan kebutuhan organisasi, sehingga setiap segmen jaringan memiliki ruang alamat IP yang terkontrol [19].

Penerapan *subnetting* memberikan beberapa keuntungan, antara lain mengurangi luas *domain broadcast*, meningkatkan keamanan jaringan, serta mempermudah proses monitoring dan *troubleshooting*. Setiap *subnet* dapat dialokasikan untuk kelompok pengguna tertentu, seperti ruang guru, ruang kepala sekolah, dan laboratorium komputer, sehingga lalu lintas data menjadi lebih terorganisir dan tidak saling mengganggu.

Dalam penelitian ini, *subnetting* berperan sebagai dasar teknis dalam penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Simple Queue*. Dengan pembagian *subnet* yang jelas, manajemen *bandwidth* dapat diterapkan berdasarkan kelompok jaringan tertentu, sehingga distribusi *bandwidth* menjadi lebih adil, terkontrol, dan sesuai dengan kebutuhan akademik di lingkungan SMK Swasta Indonesia Membangun 1 Medan. Untuk mengetahui pembagian alamat IP yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Subnetting*

KELAS A		KELAS B		KELAS C	
Subnetmask	CIDR	Subnetmask	CIDR	Subnetmask	CIDR
255.0.0.0	/8	255.255.0.0	/16	255.255.255.0	/24
255.128.0.0	/9	255.255.128.0	/17	255.255.255.128	/25
255.192.0.0	/10	255.255.192.0	/18	255.255.255.192	/26
255.224.0.0	/11	255.255.224.0	/19	255.255.255.224	/27
255.240.0.0	/12	255.255.240.0	/20	255.255.255.240	/28
255.248.0.0	/13	255.255.248.0	/21	255.255.255.248	/29
255.252.0.0	/14	255.255.252.0	/22	255.255.255.252	/30
255.254.0.0	/15	255.255.254.0	/23	255.255.255.254	/31

2.6.3 Jaringan *Wireless Fidelity* (Wi-Fi)

Wireless Fidelity (Wi-Fi) merupakan teknologi jaringan nirkabel yang memungkinkan perangkat seperti laptop, smartphone, dan komputer terhubung ke jaringan tanpa menggunakan kabel fisik. Wi-Fi bekerja dengan memanfaatkan gelombang radio melalui perangkat *access point* yang terhubung ke jaringan kabel utama [20]. Dalam implementasinya, setiap *access point* dikonfigurasi dengan SSID (*Service Set Identifier*) sebagai nama jaringan Wi-Fi yang dapat terlihat oleh pengguna. SSID berfungsi sebagai identitas jaringan agar perangkat dapat menemukan dan terhubung pada jaringan yang tepat. Selain itu, untuk menjaga keamanan jaringan, Wi-Fi dilengkapi dengan mekanisme otentikasi berupa *password* yang menggunakan standar WPA2-PSK (*Wi-Fi Protected Access 2 – Pre-Shared Key*). Metode WPA2-PSK dipilih karena menawarkan tingkat keamanan yang lebih baik dan lebih stabil dalam lingkungan sekolah.

Di lingkungan sekolah, Wi-Fi berperan penting sebagai media akses utama bagi guru dan siswa dalam mengakses internet dan layanan akademik. Pada penelitian ini, jaringan Wi-Fi terhubung langsung ke *router* Mikrotik melalui *access point*, sehingga seluruh trafik pengguna nirkabel tetap melewati *router* pusat. SSID dan *password* WPA2-PSK pada *access point* dikonfigurasi sesuai kebutuhan sekolah, sehingga hanya pengguna dengan identitas yang valid dapat mengakses jaringan. Dengan demikian, penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Simple Queue* dapat diterapkan baik pada pengguna jaringan kabel maupun nirkabel secara terintegrasi. Ilustrasi perangkat *access point* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Perangkat *Access Point* [8]

2.6.4 *Domain Name System (DNS)*

Domain Name System (DNS) merupakan sistem yang berfungsi untuk menerjemahkan nama domain menjadi alamat IP, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses layanan internet. Tanpa DNS, pengguna harus mengingat alamat IP numerik untuk setiap layanan yang diakses, yang tentu tidak efisien [21].

DNS dikonfigurasi pada *router* Mikrotik agar seluruh permintaan akses internet dari pengguna dapat diteruskan dengan cepat dan efisien. Pengaturan DNS yang baik berpengaruh terhadap kecepatan akses awal (*response time*) dan mendukung kestabilan koneksi jaringan. Oleh karena itu, DNS menjadi salah satu layanan pendukung penting dalam implementasi manajemen *bandwidth* dan QoS di jaringan sekolah.

2.6.5 *Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)*

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) merupakan protokol yang digunakan untuk memberikan alamat IP secara otomatis kepada perangkat yang terhubung ke jaringan. Dengan DHCP, administrator jaringan tidak perlu melakukan pengaturan *IP address* secara manual pada setiap perangkat pengguna [22].

DHCP Server dikonfigurasi pada *router* Mikrotik untuk mendistribusikan alamat IP kepada perangkat guru, siswa, dan laboratorium. Penggunaan DHCP mempermudah pengelompokan *IP address* berdasarkan *subnet*, yang selanjutnya menjadi dasar dalam penerapan *Simple Queue*. Dengan demikian, DHCP berperan penting dalam mendukung pengelolaan jaringan yang terstruktur dan penerapan manajemen *bandwidth* yang efektif.

2.6.6 Network Address Translation (NAT)

Network Address Translation (NAT) merupakan mekanisme yang digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal (LAN) dengan jaringan publik (internet / WAN). NAT memungkinkan banyak perangkat dalam jaringan lokal menggunakan satu alamat IP publik yang disediakan oleh penyedia layanan internet (ISP) [23].

NAT diterapkan pada *router* Mikrotik agar seluruh perangkat dalam jaringan sekolah dapat mengakses internet secara bersamaan. Seluruh trafik internet yang melewati NAT juga akan diproses oleh mekanisme manajemen *bandwidth Simple Queue*. Oleh karena itu, NAT memiliki peran penting dalam memastikan bahwa kebijakan pembatasan dan distribusi *bandwidth* dapat diterapkan secara menyeluruh kepada seluruh pengguna jaringan.

2.7 Manajemen Bandwidth

Manajemen *bandwidth* merupakan proses pengaturan penggunaan *bandwidth* agar dapat dimanfaatkan secara optimal oleh seluruh pengguna jaringan. Tujuan utama dari manajemen *bandwidth* adalah mencegah terjadinya dominasi penggunaan *bandwidth* oleh satu atau beberapa pengguna serta menjaga kestabilan koneksi jaringan [24].

Pada Mikrotik, manajemen *bandwidth* dapat diterapkan melalui beberapa metode, seperti *Simple Queue*, *Queue Tree*, dan PCQ (*Per Connection Queue*). Masing-masing metode memiliki karakteristik dan kompleksitas yang berbeda. Pemilihan metode manajemen *bandwidth* harus disesuaikan dengan kebutuhan jaringan, skala pengguna, serta tingkat kompleksitas pengelolaan yang diinginkan. Ilustrasi manajemen *bandwidth* dalam jaringan komputer ditunjukkan pada Gambar 2.12.

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit
4	HOTSPOT WIFI	vlan1: 10.5.50.1	10M	10M
2	KANTOR GURU	192.168.1.95	5M	5M
1	KEPESEK	192.168.1.88	5M	5M
0	LAB 1	Ether4 - LAB 1	20M	20M
7	LAB 2 TKU YAPIM	Ether3 - LAB 2	50M	50M
6	PIKET ATAS	192.168.40.10	10M	10M
5	PIKET BAWAH	192.168.2.44	12M	12M
3	WIFI LANTAI 3	Ether2 - PIKET LT. 3	10M	10M

Gambar 2.12 Manajemen *Bandwidth*

2.7.1 Tujuan dan Prinsip Manajemen *Bandwidth*

Manajemen *bandwidth* bertujuan untuk mengatur pemanfaatan kapasitas jaringan agar dapat digunakan secara adil, efisien, dan stabil oleh seluruh pengguna. Salah satu prinsip utama dalam manajemen *bandwidth* adalah *fairness* (keadilan), yaitu pembagian *bandwidth* yang merata sesuai kebutuhan pengguna atau kelompok pengguna, sehingga tidak terjadi dominasi penggunaan oleh pihak tertentu [25]. Dengan penerapan prinsip ini, setiap pengguna tetap memperoleh akses jaringan yang layak meskipun jumlah pengguna meningkat secara bersamaan.

Selain prinsip keadilan, manajemen *bandwidth* juga berfokus pada efisiensi penggunaan *bandwidth* dan stabilitas jaringan. Manajemen *bandwidth* yang tepat dapat mencegah terjadinya kemacetan jaringan akibat lonjakan trafik, terutama pada jam sibuk. Dengan demikian, kualitas layanan jaringan dapat tetap terjaga, *latency* dan *packet loss* dapat diminimalkan, serta aktivitas akademik yang bergantung pada jaringan, seperti praktikum kejuruan dapat berjalan secara optimal.

2.7.2 Teknik Manajemen *Bandwidth*

Manajemen *bandwidth* dapat diterapkan melalui berbagai teknik yang bertujuan untuk mengendalikan penggunaan sumber daya jaringan agar tetap optimal. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah *bandwidth limiting*, yaitu pembatasan kecepatan maksimum yang dapat digunakan oleh pengguna atau kelompok tertentu [25]. Selain itu, terdapat teknik *traffic shaping* yang berfungsi untuk mengatur pola aliran data dengan cara mengendalikan laju pengiriman paket agar penggunaan *bandwidth* lebih teratur dan tidak menimbulkan lonjakan trafik yang berlebihan.

Teknik lain juga penting dalam manajemen *bandwidth* adalah *traffic policing* dan *prioritization*. *Traffic policing* digunakan untuk membatasi trafik yang melebihi ketentuan yang telah ditetapkan dengan cara menurunkan atau membuang paket data, sehingga

kemacetan jaringan dapat dicegah. Sementara itu, *prioritization* bertujuan untuk memberikan prioritas lebih tinggi pada layanan, seperti aktivitas akademik, agar tetap mendapatkan kualitas layanan yang baik. Penerapan berbagai teknik ini menunjukkan bahwa pemilihan metode manajemen *bandwidth*, termasuk *Simple Queue*, dilakukan secara rasional sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik jaringan.

2.7.3 Perbandingan Metode Manajemen *Bandwidth* pada Mikrotik

Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing, baik dari sisi kemudahan konfigurasi, fleksibilitas pengaturan, maupun kemampuan dalam mengelola jumlah pengguna dan prioritas layanan. Oleh karena itu, diperlukan analisis perbandingan antar metode manajemen *bandwidth* agar pemilihan metode yang digunakan dapat dilakukan secara rasional dan sesuai dengan kondisi jaringan yang diterapkan.

Perbandingan metode manajemen *bandwidth* ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik *Simple Queue*, *Queue Tree*, dan *Per Connection Queue* (PCQ), sehingga dapat diketahui keunggulan, kekurangan, serta kecocokan penerapannya pada lingkungan tertentu. Dengan adanya perbandingan ini, pemilihan metode *Simple Queue* dalam penelitian ini dapat dijustifikasi secara akademik sebagai solusi yang paling sesuai untuk diterapkan pada jaringan sekolah [26]. Untuk mengetahui perbedaan karakteristik masing-masing metode manajemen *bandwidth* pada Mikrotik, dapat lihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Perbandingan Metode Manajemen *Bandwidth* pada Mikrotik

Metode	Kelebihan	Kekurangan	Kesesuaian Penggunaan
<i>Simple Queue</i>	Konfigurasi mudah dan cepat, mudah dipahami oleh administrator pemula, cocok untuk jaringan skala kecil hingga menengah	Kurang fleksibel untuk pengaturan trafik yang kompleks dan bertingkat	Jaringan sekolah, perkantoran kecil
<i>Queue Tree</i>	Pengaturan <i>bandwidth</i> sangat fleksibel, mendukung hierarki trafik dan prioritas layanan secara detail	Konfigurasi relatif kompleks dan membutuhkan pemahaman mendalam tentang trafik jaringan	ISP, jaringan skala besar
PCQ (<i>Per Connection Queue</i>)	Pembagian <i>bandwidth</i> lebih adil antar pengguna, efektif untuk jumlah pengguna yang banyak	Kurang optimal dalam pengaturan prioritas aplikasi tertentu	Jaringan dengan banyak pengguna aktif

2.7.4 Dampak Manajemen *Bandwidth* terhadap QoS

Manajemen *bandwidth* memiliki keterkaitan langsung dengan parameter *Quality of Service* (QoS), khususnya dalam mengendalikan *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* (27). Manajemen *bandwidth* yang tepat memungkinkan alokasi *throughput* yang lebih stabil bagi setiap pengguna, sehingga laju pengiriman data dapat terjaga sesuai kebutuhan. Selain itu, pembatasan dan pengaturan trafik yang efektif mampu menekan terjadinya antrean paket yang berlebihan, yang berdampak pada penurunan *delay*, dan *jitter*, serta meminimalkan kemungkinan terjadinya *packet loss* akibat kemacetan jaringan [28].

Dalam konteks jaringan sekolah, penerapan manajemen *bandwidth* sangat berpengaruh terhadap kelancaran layanan akademik berbasis jaringan, seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) dan penggunaan *Learning Management System* (LMS). Kedua layanan tersebut membutuhkan koneksi yang stabil dengan *latency* rendah dan tingkat *packet loss* yang minimal. Dengan demikian, manajemen *bandwidth* berperan sebagai mekanisme pendukung utama dalam pencapaian QoS yang optimal, sehingga kualitas layanan jaringan dapat terjaga dan aktivitas praktikum jaringan dapat berjalan secara efektif.

2.7.5 Tantangan Implementasi Manajemen *Bandwidth* di Sekolah

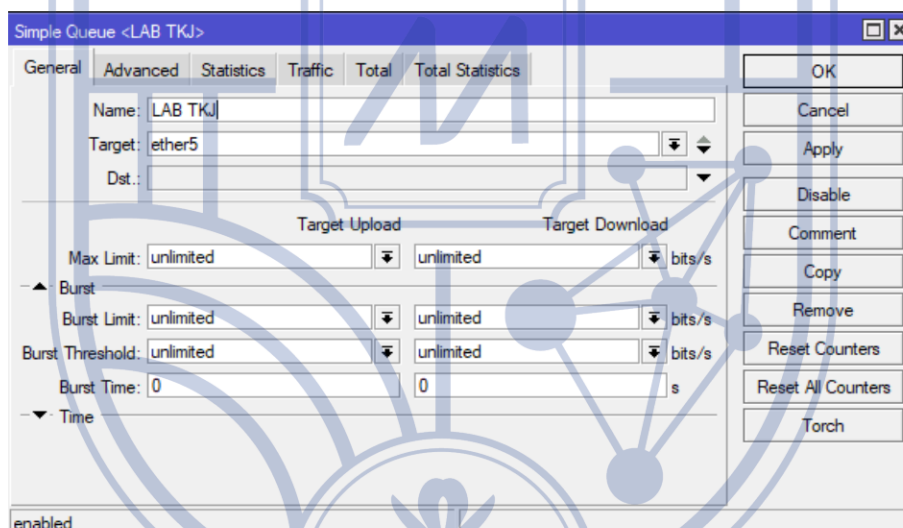
Implementasi manajemen *bandwidth* di lingkungan sekolah menghadapi berbagai tantangan yang bersifat dinamis. Salah satu tantangan utama adalah perubahan jumlah pengguna yang tidak menentu, terutama pada jam-jam tertentu ketika aktivitas belajar-mengajar berlangsung secara bersamaan. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan *bandwidth* meningkat secara signifikan dan berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan distribusi apabila tidak dikelola dengan baik. Selain itu, perilaku pengguna yang tidak terkontrol, seperti akses ke aplikasi hiburan atau unduhan berkapasitas besar, dapat mengganggu kestabilan jaringan dan menurunkan kualitas layanan bagi pengguna lain.

Tantangan lainnya berkaitan dengan keterbatasan perangkat jaringan dan kurangnya monitoring yang berkelanjutan. Perangkat dengan spesifikasi yang kurang memadai dapat menjadi *bottleneck* (kondisi hambatan) meskipun kapasitas *bandwidth* dari penyedia layanan internet (ISP) mencukupi. Di sisi lain, tanpa sistem monitoring yang efektif, administrator jaringan akan kesulitan mengidentifikasi pola penggunaan, sumber kemacetan, serta efektivitas kebijakan manajemen *bandwidth* yang telah diterapkan.

2.8 Metode *Simple Queue*

Simple Queue merupakan salah satu metode manajemen *bandwidth* pada Mikrotik yang paling sederhana dan mudah diterapkan. Metode ini memungkinkan administrator jaringan untuk membatasi kecepatan *upload* dan *download* berdasarkan alamat IP, *subnet*, atau kelompok pengguna tertentu. *Simple Queue* juga mendukung pengaturan batas minimum (*limit-at*) dan maksimum (*max-limit*) *bandwidth* [29].

Keunggulan *Simple Queue* adalah kemudahan konfigurasi serta kemampuannya dalam menciptakan pemerataan *bandwidth* tanpa memerlukan konfigurasi yang kompleks [30]. Metode ini sangat cocok diterapkan pada jaringan sekolah yang memiliki jumlah pengguna menengah dan kebutuhan manajemen *bandwidth* yang dinamis. Oleh karena itu, *Simple Queue* dipilih dalam penelitian ini sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan ketidakstabilan dan ketidakmerataan akses internet di SMK Swasta Indonesia Membangun 1 Medan. Ilustrasi metode *Simple Queue* pada Mikrotik dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Simple Queue*

2.8.1 Konsep Kerja *Simple Queue*

Simple Queue merupakan salah satu mekanisme antrean (*queue*) pada Mikrotik yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan aliran trafik data pada jaringan [15]. Konsep dasar *Simple Queue* bekerja dengan cara membatasi serta mengalokasikan *bandwidth* berdasarkan parameter tertentu, seperti alamat IP, jaringan, atau kelompok pengguna. Melalui mekanisme antrean ini, paket data yang masuk dan keluar dari jaringan akan diproses sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan, sehingga penggunaan *bandwidth* dapat dikendalikan secara lebih terstruktur dan terukur.

Dalam penerapannya, *Simple Queue* mampu mengatur trafik *upload* dan *download* secara terpisah dengan menetapkan batasan maksimum maupun minimum *bandwidth* untuk setiap antrean. Selain itu, *Simple Queue* juga mendukung konsep *parent-child*, di mana beberapa sub-antrean (*child queue*) dapat berada di bawah satu antrean utama (*parent queue*) untuk membentuk hierarki manajemen *bandwidth* [31]. Dengan konsep ini, alur trafik data akan terlebih dahulu melewati antrean utama sebelum didistribusikan ke sub-antrean, sehingga total *bandwidth* tetap terkontrol. Mekanisme tersebut menjadikan *Simple Queue* sebagai metode yang efektif dan mudah diterapkan dalam manajemen *bandwidth* jaringan sekolah.

2.8.2 Parameter Konfigurasi *Simple Queue*

Parameter konfigurasi pada *Simple Queue* berperan penting dalam menentukan cara manajemen *bandwidth* pada jaringan Mikrotik. Salah satu parameter utama adalah target, yang digunakan untuk menentukan sasaran manajemen *bandwidth*, baik berupa alamat IP tunggal maupun *subnet* tertentu. Dengan penentuan target yang tepat, administrator jaringan dapat mengelompokkan pengguna atau perangkat sesuai kebutuhan, sehingga pembagian *bandwidth* dapat dilakukan secara terstruktur dan sesuai dengan kebijakan jaringan yang diterapkan [30].

Selain target, manajemen *bandwidth* pada *Simple Queue* juga ditentukan oleh parameter *max-limit* dan *limit-at*. *Limit-at* berfungsi sebagai *bandwidth* minimum yang dijamin, sedangkan *max-limit* berfungsi sebagai batas maksimum *bandwidth*. Parameter tambahan seperti *burst-limit*, *burst-threshold*, dan *burst-time* dapat digunakan untuk memberikan lonjakan *bandwidth* sementara dalam kondisi tertentu, meskipun penggunaannya bersifat opsional. Sementara itu, parameter *priority* dengan rentang nilai 1 hingga 8 digunakan untuk menentukan tingkat prioritas antrean, di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan prioritas yang lebih tinggi. Pengaturan parameter-parameter ini memungkinkan manajemen *bandwidth* yang lebih terkendali sekaligus mendukung penerapan *Quality of Service* (QoS) pada jaringan sekolah.

2.8.3 Mekanisme Pembagian *Bandwidth* dengan *Simple Queue*

Simple Queue memungkinkan terjadinya pembagian *bandwidth* antar pengguna secara terkontrol dengan menetapkan batas minimum dan maksimum penggunaan *bandwidth* untuk setiap antrian. Setiap pengguna atau kelompok pengguna diberikan alokasi *bandwidth* sesuai kebijakan yang telah ditentukan, sehingga tidak terjadi penggunaan berlebihan oleh satu pihak tertentu. Dengan mekanisme ini, *bandwidth* yang tersedia dapat didistribusikan secara lebih merata, baik pada trafik *upload* maupun *download*, sesuai dengan kebutuhan jaringan.

Dalam kondisi jaringan sepi, pengguna dapat memanfaatkan *bandwidth* hingga batas maksimum yang ditetapkan tanpa mengganggu pengguna lain. Namun, ketika jaringan dalam kondisi padat, *Simple Queue* akan bekerja dengan membatasi penggunaan *bandwidth* sesuai aturan antrian, sehingga setiap pengguna tetap memperoleh akses yang proporsional. Mekanisme ini berperan penting dalam mencegah monopoli *bandwidth*, di mana satu atau beberapa pengguna mendominasi kapasitas jaringan, dan secara langsung menjawab permasalahan utama dalam penelitian ini terkait ketidakmerataan distribusi *bandwidth* di lingkungan sekolah.

2.8.4 Kelebihan *Simple Queue* di Lingkungan Sekolah

Simple Queue merupakan salah satu metode manajemen *bandwidth* pada *router* Mikrotik yang memiliki sejumlah kelebihan, sehingga banyak diterapkan pada jaringan sekolah. Salah satu keunggulan utama *Simple Queue* adalah kemudahan dalam proses konfigurasi dan pengelolaannya. Administrator jaringan dapat mengatur pembatasan *bandwidth* dengan cepat tanpa memerlukan konfigurasi yang kompleks, sehingga metode ini sesuai digunakan pada lingkungan sekolah yang umumnya memiliki keterbatasan sumber daya teknis. Selain itu, *Simple Queue* memungkinkan manajemen *bandwidth* berdasarkan alamat IP pengguna atau kelompok pengguna. Hal ini memudahkan pihak sekolah dalam mendistribusikan *bandwidth* secara adil kepada guru, staf, dan siswa, sehingga aktivitas pembelajaran berjalan lebih optimal. Dengan pembagian *bandwidth* yang terkontrol, kualitas akses internet menjadi lebih stabil dan merata.

Kelebihan lainnya adalah *Simple Queue* mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan *bandwidth* internet yang tersedia. Dengan adanya pembatasan dan alokasi *bandwidth* yang jelas, jaringan sekolah dapat meminimalkan terjadinya kemacetan jaringan, terutama pada jam-jam sibuk seperti saat praktikum jaringan, atau pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) [32].

Berdasarkan kemudahan implementasi dan efektivitas pengelolaannya, *Simple Queue* dinilai sangat sesuai untuk diterapkan pada jaringan sekolah yang memiliki struktur jaringan sederhana hingga menengah. Metode ini dapat menjadi solusi praktis dalam mendukung kebutuhan akses internet yang stabil, merata, dan terkontrol guna menunjang kegiatan akademik dan administrasi sekolah.

2.8.5 Simple Queue dalam Mendukung Quality of Service (QoS)

Penerapan *Simple Queue* memiliki hubungan yang erat dengan pencapaian QoS, khususnya dalam pengendalian *throughput* jaringan. Dengan menetapkan batas maksimum dan minimum *bandwidth* pada setiap antrean, *Simple Queue* mampu menjaga laju pengiriman data agar tetap stabil dan terdistribusi secara merata. Pengaturan ini mencegah terjadinya lonjakan trafik yang berlebihan, sehingga pemanfaatan *bandwidth* menjadi lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengguna [15,33,34].

Selain berpengaruh terhadap *throughput*, *Simple Queue* juga berperan dalam menekan *delay* dan menjaga stabilitas jaringan. Pengendalian aliran trafik yang teratur dapat mengurangi antrean paket yang berlebihan, sehingga waktu tunda dan gangguan koneksi dapat diminimalkan. Dalam konteks jaringan sekolah, mekanisme ini sangat relevan untuk mendukung layanan akademik seperti Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), dan kegiatan praktikum jaringan, yang membutuhkan koneksi internet yang stabil, responsif, serta andal [35]. Dengan demikian, *Simple Queue* menjadi salah satu metode yang efektif dalam mendukung penerapan QoS pada lingkungan pendidikan.

2.8.6 Studi Implementasi Simple Queue di Lingkungan Pendidikan

Penerapan *Simple Queue* telah banyak digunakan di lingkungan pendidikan, khususnya pada jaringan sekolah, sebagai solusi untuk mengelola distribusi *bandwidth* secara lebih adil dan terkontrol [35]. Dalam implementasinya, *Simple Queue* umumnya diterapkan dengan membagi *bandwidth* berdasarkan kelompok pengguna, seperti guru, siswa, dan laboratorium, sesuai dengan kebutuhan akademik masing-masing. Pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan kestabilan jaringan, terutama pada jam sibuk, serta mencegah terjadinya dominasi penggunaan *bandwidth* oleh pengguna atau perangkat tertentu.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *Simple Queue* pada jaringan sekolah memberikan dampak positif terhadap kualitas layanan jaringan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya peningkatan *throughput* yang lebih merata,

penurunan *delay*, serta berkurangnya keluhan pengguna terkait koneksi internet yang lambat atau tidak stabil. Temuan-temuan ini memperkuat bahwa *Simple Queue* merupakan metode manajemen *bandwidth* yang efektif dan relevan untuk diterapkan di lingkungan pendidikan, serta mendukung kelancaran aktivitas akademik berbasis jaringan.

2.9 Penelitian Terdahulu yang Relevan

Penelitian terdahulu digunakan sebagai dasar pembandingan dan referensi dalam penelitian ini. Beberapa penelitian yang relevan menunjukkan bahwa penerapan *bandwidth* menggunakan Mikrotik mampu meningkatkan kualitas layanan jaringan secara signifikan. Berikut adalah 5 jurnal penelitian yang diambil oleh penulis, bisa dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Ringkasan Jurnal Penelitian

1	Penulis	Siti Rere Okta Dinda dkk
	Judul	Perancangan dan Implementasi Pembagian <i>Bandwidth</i> Menggunakan Mikrotik di PT. Satria Jaya Prima
	Tahun Terbit	2023
	Hasil Penelitian	Penerapan manajemen <i>bandwidth</i> dengan <i>Simple Queue</i> dapat menyeimbangkan penggunaan <i>bandwidth</i> sehingga jaringan menjadi lebih stabil dan efisien.
2	Penulis	Bambang Kelana
	Judul	<i>Simple Queue</i> Untuk Manajemen <i>User</i> dan <i>Bandwidth</i> di Jaringan <i>Hotspot</i> Menggunakan Mikrotik.
	Tahun Terbit	2024
	Hasil Penelitian	Konfigurasi <i>Simple Queue</i> mampu mengatur alokasi <i>bandwidth</i> berdasarkan <i>user</i> secara lebih stabil dan merata, mengurangi konflik penggunaan <i>bandwidth</i> antar <i>user</i> .
3	Penulis	Alfi Nur Rahmawan & Septi Andryana
	Judul	Manajemen <i>Bandwidth</i> Menggunakan <i>Router</i> Mikrotik Dengan Metode <i>Simple Queue</i> Pada Jaringan.

	Tahun Terbit	2025
	Hasil Penelitian	Implementasi <i>Simple Queue</i> terbukti meningkatkan efisiensi dan pemerataan alokasi <i>bandwidth</i> pada jaringan.
4	Penulis	Abdul Azis dkk
	Judul	Manajemen <i>Bandwidth</i> Menggunakan Mikrotik dengan <i>Mode Simple Queue</i> pada Koperasi Bank KB Bukopin.
	Tahun Terbit	2023
	Hasil Penelitian	<i>Simple Queue</i> dapat mengoptimalkan stabilitas koneksi dan performa jaringan dalam lingkungan kantor dengan membatasi penggunaan <i>bandwidth</i> secara efektif.
5	Penulis	Alfin Al Khoiri & Kuswandi
	Judul	Implementasi Manajemen Jaringan <i>Bandwidth</i> Mikrotik dengan <i>Simple Queue</i> pada Balai Pelatihan Teknik Perkeretaapian Sofyan Hadi Bekasi.
	Tahun Terbit	2024
	Hasil Penelitian	Penerapan <i>Simple Queue</i> berhasil memperbaiki masalah lambat dan tidak stabilnya koneksi internet dengan pembagian <i>bandwidth</i> yang lebih teratur.

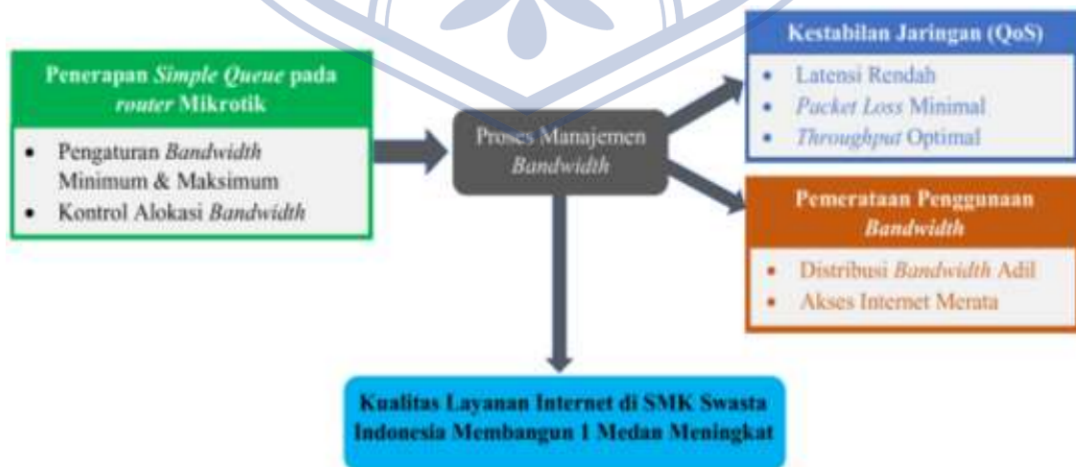
Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *Simple Queue* relevan dan efektif untuk diterapkan pada penelitian ini. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara spesifik membahas implementasi *Simple Queue* pada lingkungan SMK dengan karakteristik pengguna yang beragam, seperti guru, siswa, dan laboratorium, yang beroperasi secara bersamaan.

2.10 Kerangka Pemikiran Penelitian

Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah belum diterapkannya mekanisme manajemen *bandwidth* yang mampu mengatur distribusi kecepatan akses secara adil dan sesuai dengan kebutuhan akademik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan *Router* Mikrotik dengan metode *Simple Queue*. Metode *Simple Queue* dipilih karena kemudahannya dalam mengatur pembatasan *bandwidth* alamat IP atau kelompok pengguna serta kemampuannya dalam menetapkan batas minimum dan maksimum *bandwidth*. Implementasi metode ini diharapkan mampu meningkatkan kestabilan jaringan, pemerataan penggunaan *bandwidth*, serta kualitas layanan internet secara keseluruhan di lingkungan sekolah.

Kerangka pemikiran penelitian ini, variabel independen adalah penerapan *Simple Queue*, sedangkan variabel dependen meliputi kestabilan jaringan (QoS) dan pemerataan *bandwidth*. Penerapan *Simple Queue* pada *router* Mikrotik diharapkan dapat memberikan kontrol yang lebih baik terhadap alokasi *bandwidth* setiap segmen pengguna, sehingga dapat meminimalkan gangguan jaringan dan meningkatkan performa layanan internet. Dengan demikian, implementasi *Simple Queue* diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan (QoS) dengan memastikan tersedianya *bandwidth* minimum dan mengatur batas maksimum *bandwidth* sesuai kebutuhan sekolah.

Kerangka pemikiran penelitian ini menempatkan *Simple Queue* sebagai solusi utama dalam manajemen *bandwidth* untuk mendukung penerapan konsep QoS di lingkungan SMK. Implementasi ini diharapkan mampu memberikan dampak positif terhadap efektivitas pembelajaran dan kegiatan akademik yang bergantung pada jaringan internet. Kerangka pemikiran penelitian yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Kerangka Pemikiran Penelitian

2.11 Indikator Keberhasilan Manajemen *Bandwidth*

Keberhasilan manajemen *bandwidth* ditentukan oleh tercapainya pemerataan distribusi *bandwidth* serta kestabilan layanan jaringan bagi seluruh pengguna sesuai yang telah ditetapkan. Manajemen *bandwidth* dikatakan berhasil apabila tidak terjadi monopoli penggunaan *bandwidth* oleh pengguna atau perangkat tertentu, sehingga kualitas akses internet tetap merata dan stabil meskipun terjadi peningkatan jumlah pengguna secara bersamaan [36].

Indikator keberhasilan tersebut dievaluasi berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS), yaitu *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Penerapan metode *Simple Queue* pada *router* Mikrotik dinyatakan efektif apabila *throughput* tetap stabil sesuai alokasi *bandwidth*, *delay* dan *jitter* berada pada batas toleransi, serta *packet loss* berada pada tingkat rendah [37]. Pengukuran parameter QoS dilakukan dengan membandingkan kondisi jaringan sebelum dan sesudah penerapan manajemen *bandwidth* sebagai dasar penilaian efektivitas sistem yang diterapkan. Indikator keberhasilan penerapan *Simple Queue* dalam manajemen *bandwidth* jaringan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Indikator Keberhasilan Manajemen *Bandwidth*

No.	Indikator Keberhasilan	Parameter QoS	Keterangan Pengukuran
1	Pemerataan distribusi <i>bandwidth</i>	<i>Throughput</i>	Mengukur kesesuaian kecepatan akses dengan alokasi <i>bandwidth</i> yang telah ditetapkan pada <i>Simple Queue</i> .
2	Kestabilan koneksi jaringan	<i>Delay</i>	Mengukur waktu tunda pengiriman data untuk memastikan respons jaringan tetap cepat.
3	Konsistensi kualitas layanan jaringan	<i>Jitter</i>	Mengukur variasi <i>delay</i> untuk menilai kestabilan koneksi saat trafik meningkat.
4	Keandalan pengiriman data	<i>Packet Loss</i>	Mengukur persentase paket data yang hilang selama proses transmisi.
5	Respons jaringan saat beban tinggi	<i>Throughput</i> , <i>Delay</i> , <i>Jitter</i> , <i>Packet Loss</i>	Mengukur performa jaringan sebelum dan sesudah penerapan <i>Simple Queue</i> .