

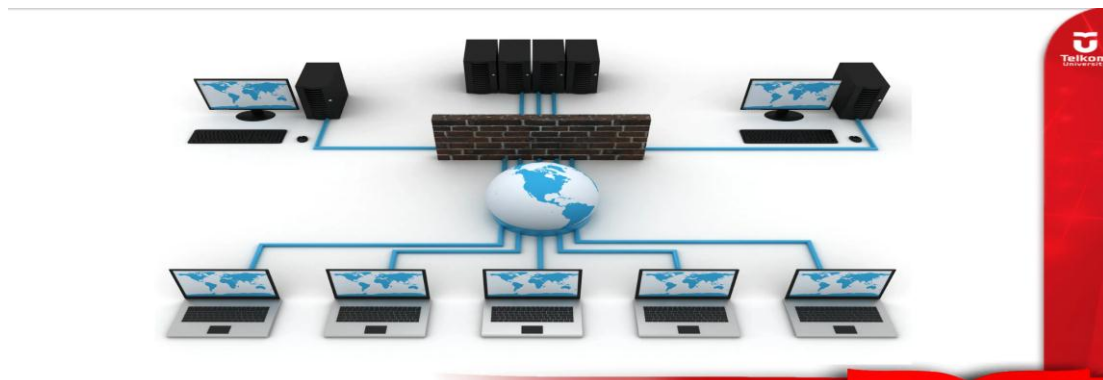
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan sekumpulan dua atau lebih perangkat komputer yang saling terhubung melalui media komunikasi tertentu dengan tujuan untuk berbagi data, informasi, maupun sumber daya. Media komunikasi yang digunakan dalam jaringan komputer dapat berupa kabel (*wired*) maupun tanpa kabel (*wireless*). Dengan adanya jaringan komputer, proses pertukaran data dapat dilakukan dengan lebih cepat, efisien, dan terorganisir dibandingkan dengan sistem yang bekerja secara individual. Selain itu, jaringan komputer juga memungkinkan pengguna untuk menggunakan sumber daya secara bersama, seperti printer, server, dan koneksi internet (Hartono et al., n.d.).

Dalam perkembangan teknologi informasi saat ini, jaringan komputer memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung berbagai aktivitas, terutama di lingkungan pendidikan. Sekolah memanfaatkan jaringan komputer untuk mendukung proses belajar mengajar, administrasi sekolah, ujian berbasis komputer, serta akses internet bagi guru dan siswa. Dengan adanya jaringan komputer yang baik, proses komunikasi dan pertukaran informasi dapat berjalan secara optimal sehingga mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam kegiatan operasional sekolah (Lelisa Army et al., 2022).

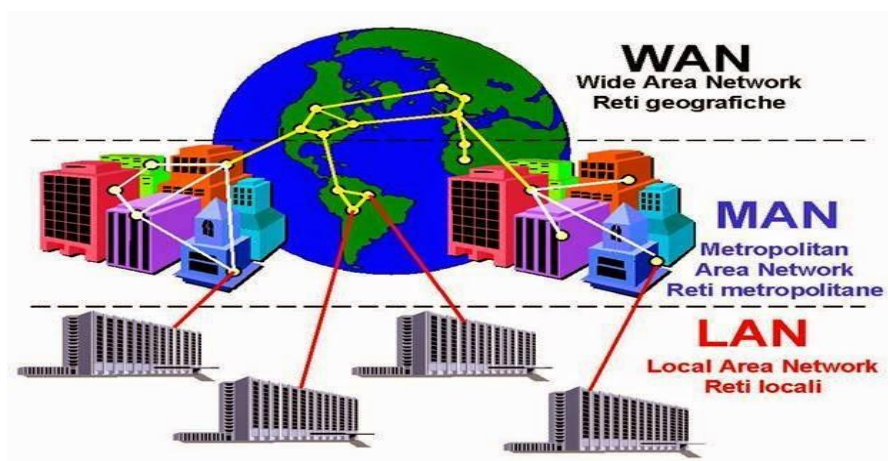


Gambar 2.1 Jaringan Komputer

2.1.1 Jenis-Jenis Jaringan Komputer

Jaringan komputer dapat dibedakan berdasarkan cakupan wilayah dan skala penggunaannya. Salah satu jenis jaringan komputer yang paling umum digunakan adalah *Local Area Network* (LAN), yaitu jaringan yang mencakup area kecil seperti sekolah, kantor, atau laboratorium komputer. Selain LAN, terdapat juga *Metropolitan Area Network* (MAN) yang mencakup area lebih luas seperti satu kota, serta *Wide Area Network* (WAN) yang memiliki cakupan sangat luas hingga antar negara. Setiap jenis jaringan memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Dalam lingkungan sekolah, jenis jaringan yang paling banyak digunakan adalah LAN karena memiliki biaya implementasi yang relatif lebih murah serta mudah dalam pengelolaannya. LAN memungkinkan perangkat komputer di sekolah saling terhubung untuk berbagi data dan akses internet. Selain itu, penggunaan jaringan LAN juga memudahkan administrator jaringan dalam melakukan pengawasan, pemeliharaan, dan pengaturan bandwidth agar penggunaan internet dapat berjalan dengan lebih stabil dan merata (Cindya Novira Bangun, 2022).



Gambar 2.2 Jenis-jenis Jaringan Komputer

2.1.2 Fungsi Jaringan Komputer

Jaringan komputer memiliki berbagai fungsi yang sangat penting dalam mendukung aktivitas komunikasi dan pertukaran data. Salah satu fungsi utama jaringan komputer adalah sebagai sarana berbagi sumber daya (*resource sharing*), seperti printer,

file, dan koneksi internet. Dengan adanya jaringan komputer, pengguna dapat mengakses data dan perangkat secara bersama tanpa harus menggunakan perangkat secara terpisah. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi kerja serta mengurangi biaya operasional dalam suatu instansi atau organisasi.

Selain itu, jaringan komputer juga berfungsi untuk mempermudah proses komunikasi dan penyebaran informasi antar pengguna. Dalam lingkungan sekolah, jaringan komputer digunakan untuk mendukung kegiatan pembelajaran berbasis teknologi, akses internet, administrasi sekolah, serta penggunaan aplikasi pembelajaran online. Dengan adanya jaringan komputer yang stabil dan terorganisir, proses pertukaran informasi dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efektif sehingga mendukung peningkatan kualitas layanan pendidikan(Hartono et al., n.d.).



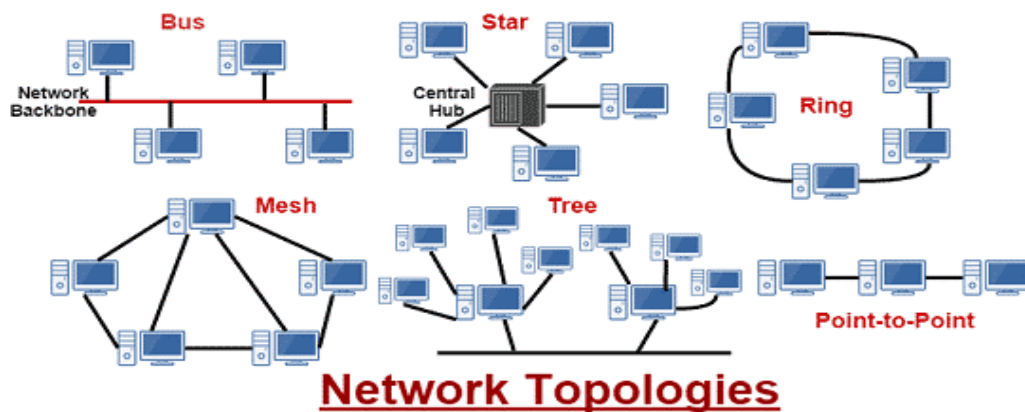
Gambar 2.3 Fungsi Jaringan Komputer

2.2 Topologi Jaringan

Topologi jaringan merupakan bentuk atau struktur hubungan antar perangkat dalam suatu jaringan komputer. Topologi jaringan digunakan untuk menentukan bagaimana perangkat-perangkat jaringan saling terhubung dan berkomunikasi satu sama lain. Pemilihan topologi jaringan sangat penting karena dapat mempengaruhi performa, kestabilan, keamanan, serta kemudahan dalam pengelolaan jaringan komputer. Setiap

topologi jaringan memiliki karakteristik, kelebihan, dan kekurangan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pengguna jaringan(Arisandi et al., 2022).

Dalam implementasinya, topologi jaringan digunakan untuk mengatur jalur komunikasi data antar perangkat sehingga proses pertukaran informasi dapat berjalan dengan baik. Beberapa jenis topologi jaringan yang umum digunakan antara lain topologi bus, ring, dan star. Pada lingkungan sekolah, pemilihan topologi jaringan yang tepat dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan jaringan internet serta mempermudah administrator jaringan dalam melakukan pengawasan dan pemeliharaan jaringan komputer.



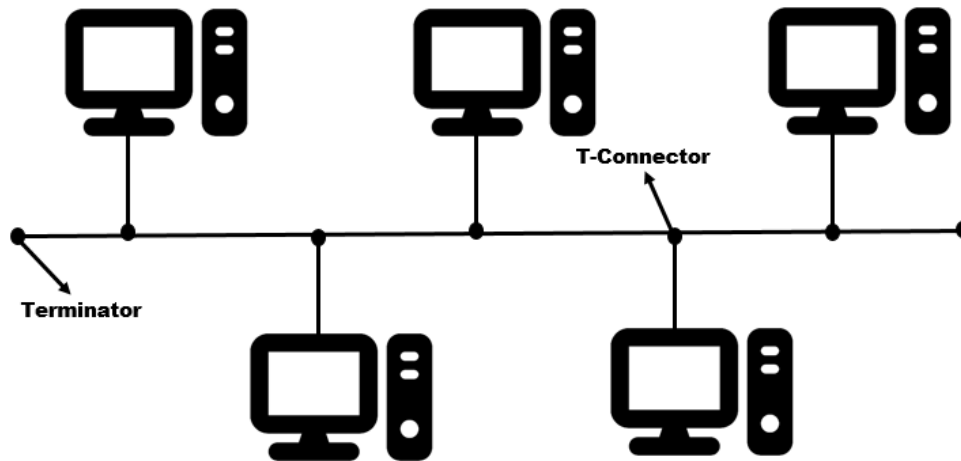
Gambar 2.4 Topologi Jaringan

2.2.1 Topologi Bus

Topologi bus merupakan salah satu jenis topologi jaringan yang menggunakan satu kabel utama sebagai media transmisi data. Seluruh perangkat komputer yang terhubung dalam jaringan akan menggunakan kabel utama tersebut untuk melakukan komunikasi data. Pada topologi bus, data yang dikirim akan melewati jalur utama dan diterima oleh seluruh perangkat yang terhubung, namun hanya perangkat tujuan yang akan memproses data tersebut. Topologi bus dikenal sebagai topologi yang sederhana dan mudah diterapkan pada jaringan dengan skala kecil.

Meskipun memiliki biaya instalasi yang relatif murah, topologi bus memiliki beberapa kelemahan, seperti sulit mendeteksi gangguan jaringan dan performa jaringan yang dapat menurun apabila jumlah pengguna semakin banyak. Selain itu, apabila kabel utama mengalami kerusakan, maka seluruh jaringan akan terganggu. Oleh karena itu,

topologi bus saat ini sudah jarang digunakan pada jaringan modern karena kurang efektif untuk mendukung kebutuhan jaringan yang memiliki banyak pengguna dan lalu lintas data yang tinggi(Bellia Putri et al., n.d.).

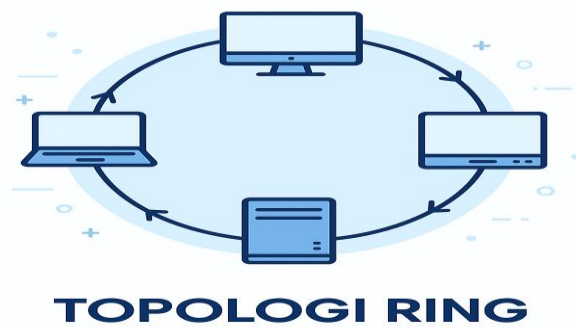


Gambar 2.5 Topologi Bus

2.2.2 Topologi Ring

Topologi ring merupakan jenis topologi jaringan yang menghubungkan setiap perangkat komputer membentuk lingkaran atau cincin. Dalam topologi ini, data akan dikirim dari satu perangkat ke perangkat lainnya secara berurutan hingga mencapai tujuan. Setiap perangkat dalam jaringan berfungsi sebagai penghubung untuk meneruskan data ke perangkat berikutnya. Sistem komunikasi pada topologi ring memungkinkan aliran data berjalan secara teratur sehingga dapat mengurangi terjadinya tabrakan data (*collision*).

Namun, topologi ring memiliki kelemahan yaitu apabila terjadi kerusakan pada salah satu perangkat atau jalur jaringan, maka komunikasi data pada seluruh jaringan dapat terganggu. Selain itu, proses perbaikan jaringan pada topologi ring relatif lebih sulit dibandingkan topologi lainnya. Meskipun demikian, topologi ring pernah banyak digunakan karena memiliki performa yang cukup baik dalam mengatur lalu lintas data pada jaringan komputer dengan jumlah pengguna tertentu(Muhammad Abdullah Bin Matni et al., 2024).

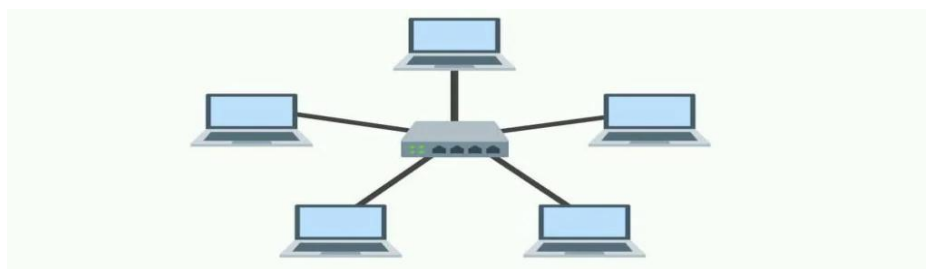


Gambar 2.6 Topologi Ring

2.2.3 Topologi Star

Topologi star merupakan jenis topologi jaringan yang paling umum digunakan pada jaringan komputer saat ini, terutama di lingkungan sekolah dan perkantoran. Pada topologi star, seluruh perangkat komputer terhubung ke satu perangkat pusat seperti switch atau router. Perangkat pusat tersebut berfungsi sebagai pengatur lalu lintas data antar perangkat yang terhubung dalam jaringan. Dengan sistem ini, proses komunikasi data dapat berjalan dengan lebih stabil dan mudah dikontrol.

Topologi star memiliki beberapa kelebihan, seperti mudah dalam proses instalasi, pengembangan, dan pemeliharaan jaringan. Selain itu, apabila terjadi kerusakan pada salah satu perangkat, maka perangkat lainnya tetap dapat berfungsi dengan normal karena kerusakan tidak mempengaruhi keseluruhan jaringan. Oleh karena itu, topologi star sangat cocok digunakan pada jaringan sekolah yang memiliki banyak pengguna dan membutuhkan kestabilan jaringan internet untuk mendukung aktivitas pembelajaran dan administrasi sekolah (Fitrian et al., 2025).



Gambar 2.7 Topologi Star

2.3 Internet

Internet merupakan jaringan komunikasi global yang menghubungkan berbagai perangkat komputer di seluruh dunia menggunakan protokol komunikasi tertentu. Internet memungkinkan pengguna untuk melakukan pertukaran informasi, komunikasi, serta akses data secara cepat tanpa dibatasi oleh jarak dan waktu. Saat ini, internet telah menjadi salah satu kebutuhan utama dalam berbagai bidang kehidupan, seperti pendidikan, bisnis, pemerintahan, dan komunikasi. Dengan adanya internet, pengguna dapat memperoleh informasi dengan mudah melalui berbagai layanan digital seperti website, email, media sosial, dan aplikasi berbasis online(Bumbungan, 2025).

Dalam lingkungan pendidikan, internet memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung kegiatan belajar mengajar. Guru dan siswa dapat memanfaatkan internet untuk mencari materi pembelajaran, mengakses media pembelajaran digital, serta menggunakan aplikasi pembelajaran daring. Selain itu, internet juga mendukung pelaksanaan administrasi sekolah dan komunikasi antar pengguna jaringan. Oleh karena itu, kualitas jaringan internet yang stabil dan optimal sangat dibutuhkan agar seluruh aktivitas di lingkungan sekolah dapat berjalan dengan baik dan lancar(Risanto Amala1, 2023).

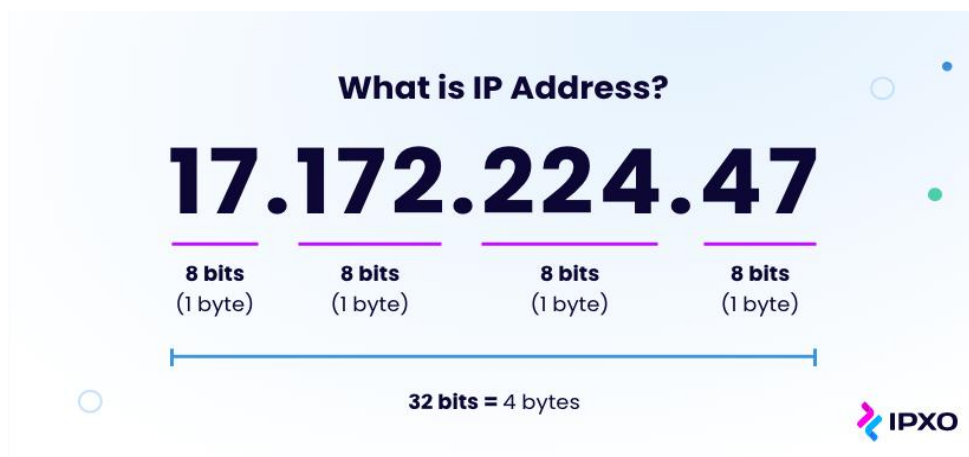


Gambar 2.8 Internet

2.3.1 IP Address

IP Address (*Internet Protocol Address*) merupakan alamat unik yang digunakan untuk mengidentifikasi perangkat pada suatu jaringan komputer. Setiap perangkat yang terhubung ke jaringan, seperti komputer, laptop, smartphone, dan router, harus memiliki IP Address agar dapat saling berkomunikasi dan bertukar data. IP Address berfungsi sebagai identitas perangkat dalam proses pengiriman dan penerimaan data pada jaringan komputer sehingga paket data dapat dikirim ke tujuan yang tepat (Munawaroh et al., n.d.).

Secara umum, IP Address terdiri dari dua versi yaitu IPv4 dan IPv6, namun yang paling banyak digunakan saat ini adalah IPv4. IP Address biasanya ditulis dalam bentuk angka desimal yang dipisahkan oleh tanda titik, seperti 192.168.1.1. Dalam implementasi jaringan komputer, IP Address memiliki peranan penting dalam konfigurasi jaringan, pembagian subnet, serta pengaturan akses internet. Pada penelitian ini, IP Address digunakan dalam proses konfigurasi jaringan MikroTik untuk mendukung pengaturan manajemen bandwidth menggunakan metode HTB (Siregar et al., 2025).



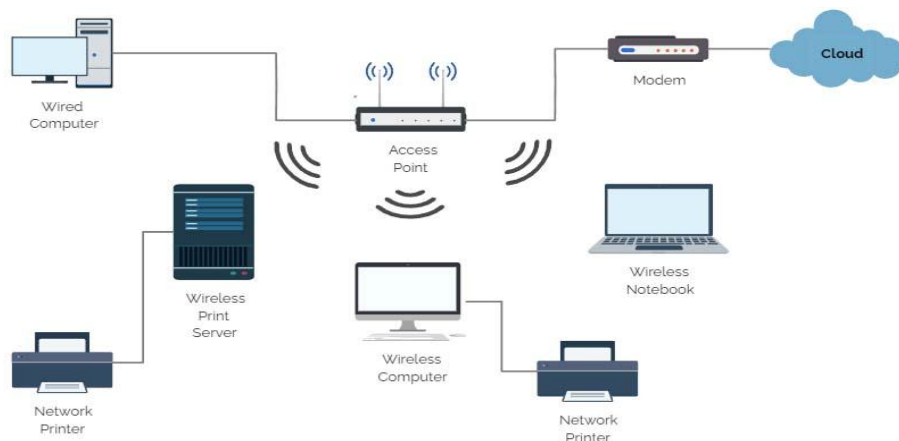
Gambar 2.9 IP Address

2.3.2 Wireless Local Area Network (WLAN)

Wireless Local Area Network (WLAN) merupakan jaringan komputer lokal yang menggunakan media transmisi nirkabel atau tanpa kabel dalam proses komunikasi data. WLAN memungkinkan perangkat seperti laptop, komputer, dan smartphone untuk

terhubung ke jaringan internet melalui access point menggunakan gelombang radio. Penggunaan WLAN memberikan kemudahan bagi pengguna karena tidak memerlukan kabel jaringan secara langsung sehingga lebih fleksibel dalam mendukung mobilitas pengguna.

Dalam lingkungan sekolah, WLAN banyak digunakan untuk mendukung aktivitas pembelajaran berbasis teknologi informasi. Guru dan siswa dapat mengakses internet dari berbagai lokasi di lingkungan sekolah dengan lebih mudah dan praktis. Selain itu, penggunaan WLAN juga membantu mengurangi penggunaan kabel jaringan yang berlebihan sehingga instalasi jaringan menjadi lebih rapi dan mudah dikembangkan. Dengan adanya WLAN, proses komunikasi dan pertukaran informasi dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien (Eben et al., 2024).

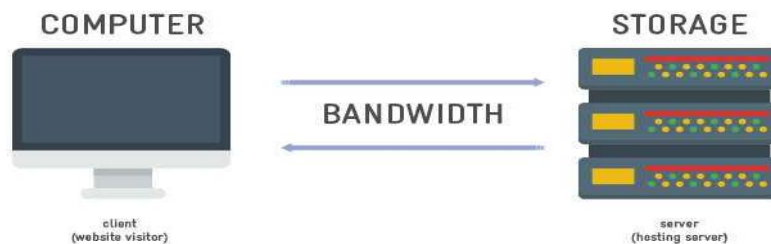


Gambar 2.10 Wireless Local Area Network

2.3.3 Bandwidth

Bandwidth merupakan kapasitas maksimum suatu jaringan dalam mentransmisikan data dalam periode waktu tertentu. Bandwidth biasanya diukur menggunakan satuan bit per second (bps), seperti Kbps, Mbps, atau Gbps. Semakin besar bandwidth yang dimiliki suatu jaringan, maka semakin besar pula kemampuan jaringan tersebut dalam mengirim dan menerima data. Dalam penggunaan internet, bandwidth sangat mempengaruhi kecepatan akses pengguna dalam melakukan aktivitas seperti browsing, streaming, maupun mengunduh file (Firmansyah et al., 2024).

Pada jaringan komputer dengan jumlah pengguna yang banyak, penggunaan bandwidth yang tidak teratur dapat menyebabkan penurunan kualitas jaringan. Hal ini terjadi karena beberapa pengguna menggunakan bandwidth secara berlebihan sehingga pengguna lain mengalami koneksi internet yang lambat dan tidak stabil. Oleh karena itu, pengelolaan bandwidth sangat diperlukan agar distribusi bandwidth dapat dilakukan secara merata dan optimal sehingga kualitas layanan jaringan tetap terjaga(Siregar et al., 2025).

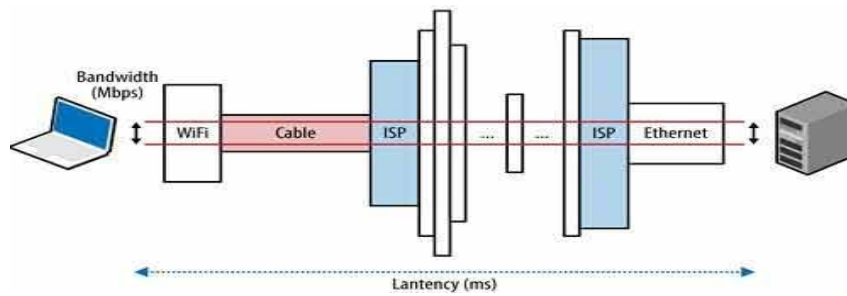


Gambar 2.11 Bandwith

2.3.4 Manajemen Bandwidth

Manajemen bandwidth merupakan proses pengaturan dan pengendalian penggunaan bandwidth pada suatu jaringan komputer agar distribusi bandwidth dapat dilakukan secara efektif dan merata. Tujuan utama manajemen bandwidth adalah untuk mencegah terjadinya penggunaan bandwidth secara berlebihan oleh pengguna tertentu yang dapat menyebabkan penurunan kualitas jaringan internet. Dengan adanya manajemen bandwidth, administrator jaringan dapat mengatur pembagian bandwidth sesuai kebutuhan pengguna sehingga jaringan menjadi lebih stabil dan terorganisir.

Selain itu, manajemen bandwidth juga berfungsi untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan atau *Quality of Service (QoS)*. Dalam penerapannya, administrator jaringan dapat menentukan prioritas pengguna, membatasi kecepatan akses internet, serta mengontrol lalu lintas data agar tidak terjadi kepadatan jaringan. Pada penelitian ini, manajemen bandwidth diterapkan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket (HTB)* pada MikroTik untuk mengoptimalkan penggunaan internet di SMP IT Robbani Rantauprapat agar lebih stabil dan merata bagi seluruh pengguna jaringan(Sundara et al., 2022).



Gambar 2.12 Manajemen Bandwith

2.4 MikroTik RB941-2nD HAP-Lite

MikroTik RB941-2nD HAP-Lite merupakan perangkat jaringan yang digunakan untuk mengelola jaringan komputer, terutama dalam pengaturan routing, manajemen bandwidth, firewall, hotspot, dan pengendalian lalu lintas data. MikroTik banyak digunakan oleh administrator jaringan karena memiliki fitur yang lengkap, harga yang relatif terjangkau, serta mudah dalam proses konfigurasi. MikroTik dapat diterapkan pada berbagai jenis jaringan, mulai dari jaringan skala kecil hingga jaringan skala besar seperti sekolah, kantor, maupun penyedia layanan internet(Tefsin et al., 2023).

Dalam implementasinya, MikroTik memiliki kemampuan untuk melakukan pengaturan bandwidth secara efektif sehingga dapat membantu menjaga kestabilan jaringan internet. Selain itu, MikroTik juga mendukung berbagai metode manajemen bandwidth, salah satunya adalah *Hierarchical Token Bucket* (HTB) yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan adanya fitur-fitur tersebut, MikroTik menjadi salah satu perangkat jaringan yang banyak digunakan dalam proses optimasi dan pengelolaan jaringan komputer(Sundara et al., 2022).



Gambar 2.13 Mikrotik RB941-2nD HAP-Lite

2.4.1 RouterOS

RouterOS merupakan sistem operasi berbasis Linux yang dikembangkan oleh MikroTik dan digunakan untuk menjalankan berbagai fungsi jaringan komputer. RouterOS memiliki kemampuan untuk mengubah komputer atau perangkat router menjadi perangkat jaringan yang dapat melakukan routing, firewall, manajemen bandwidth, hotspot, dan berbagai fungsi jaringan lainnya. Sistem operasi ini menjadi inti utama dari perangkat MikroTik dalam menjalankan proses pengelolaan jaringan.

RouterOS menyediakan berbagai fitur yang mendukung administrator jaringan dalam mengatur lalu lintas data dan keamanan jaringan. Selain itu, RouterOS juga memiliki tampilan konfigurasi yang mudah dipahami sehingga memudahkan proses administrasi jaringan. Dalam penelitian ini, RouterOS digunakan sebagai sistem utama untuk melakukan konfigurasi manajemen bandwidth menggunakan metode HTB agar distribusi bandwidth internet dapat berjalan dengan lebih optimal dan merata (Oka et al., n.d.).

(Hurul Ainina1, 2024)



Gambar 2.14 Router Os

2.4.2 Winbox

Winbox merupakan aplikasi berbasis grafis yang digunakan untuk melakukan konfigurasi dan pengelolaan perangkat MikroTik. Winbox dikembangkan langsung oleh MikroTik dan menjadi salah satu tools yang paling banyak digunakan oleh administrator jaringan karena memiliki tampilan yang sederhana dan mudah digunakan.

Dengan menggunakan Winbox, proses konfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan menggunakan perintah berbasis terminal.

Melalui aplikasi Winbox, administrator jaringan dapat melakukan berbagai konfigurasi seperti pengaturan IP Address, firewall, hotspot, routing, serta manajemen bandwidth. Selain itu, Winbox juga memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi jaringan secara real-time sehingga memudahkan proses pengawasan jaringan komputer. Dalam penelitian ini, Winbox digunakan sebagai media konfigurasi untuk menerapkan metode HTB pada MikroTik dalam pengelolaan bandwidth internet di sekolah (Zainy et al., 2023).



Gambar 2.15 Winbox

2.4.3 Fitur MikroTik

MikroTik memiliki berbagai fitur jaringan yang lengkap dan mendukung pengelolaan jaringan komputer secara optimal. Beberapa fitur yang tersedia pada MikroTik antara lain routing, firewall, hotspot, DHCP Server, NAT, VPN, serta manajemen bandwidth. Fitur-fitur tersebut memungkinkan administrator jaringan untuk mengatur lalu lintas data, keamanan jaringan, serta distribusi bandwidth sesuai kebutuhan pengguna jaringan (Oka et al., n.d.).

Salah satu fitur penting yang digunakan dalam penelitian ini adalah fitur queue yang berfungsi untuk melakukan pengaturan bandwidth internet. Melalui fitur queue, administrator jaringan dapat membatasi kecepatan internet pengguna serta menentukan prioritas penggunaan bandwidth. Selain itu, MikroTik juga mendukung metode Queue

Tree dan HTB yang mampu melakukan pembagian bandwidth secara lebih terstruktur dan efisien sehingga kualitas jaringan internet dapat menjadi lebih stabil dan optimal(Sundara et al., 2022).



Gambar 2.16 Fitur Mikrotik

2.5 Router

Router merupakan perangkat jaringan yang berfungsi untuk menghubungkan dua atau lebih jaringan komputer yang berbeda serta mengatur jalur pengiriman data antar jaringan tersebut. Router bekerja dengan cara menentukan rute terbaik dalam proses pengiriman paket data sehingga komunikasi antar jaringan dapat berjalan dengan efisien. Selain berfungsi sebagai penghubung jaringan, router juga memiliki kemampuan dalam mengatur lalu lintas data, keamanan jaringan, serta pengelolaan bandwidth internet sesuai kebutuhan pengguna(Yogasetya Suhandana1, 2022).

Dalam implementasi jaringan komputer, router memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan dan performa jaringan internet. Pada jaringan sekolah, router digunakan untuk mengatur distribusi koneksi internet kepada seluruh pengguna jaringan seperti guru, staf, dan siswa. Dalam penelitian ini, router yang digunakan adalah MikroTik yang memiliki fitur manajemen bandwidth menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) untuk mengoptimalkan penggunaan bandwidth internet agar lebih stabil dan merata(Siregar et al., 2025).

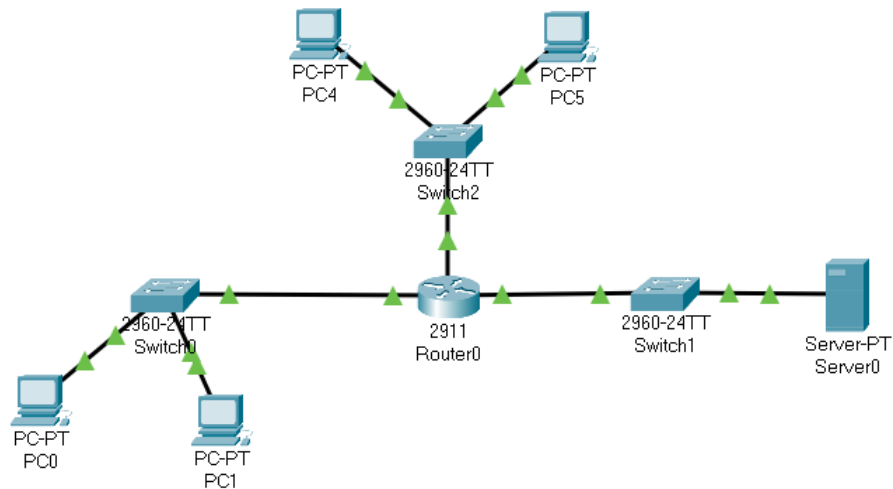


Gambar 2.17 Router

2.5.1 Routing

Routing merupakan proses pengiriman paket data dari satu jaringan ke jaringan lainnya melalui jalur tertentu. Dalam proses routing, router akan menentukan jalur terbaik yang digunakan untuk mengirim data ke tujuan berdasarkan informasi yang terdapat pada tabel routing (*routing table*). Proses routing sangat penting dalam jaringan komputer karena menentukan bagaimana data dapat dikirim dengan cepat dan efisien.

Routing dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *static routing* dan *dynamic routing*. *Static routing* merupakan metode routing yang dikonfigurasi secara manual oleh administrator jaringan, sedangkan *dynamic routing* dilakukan secara otomatis menggunakan protokol routing tertentu. Dalam implementasi jaringan sekolah, routing digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal dengan jaringan internet sehingga seluruh pengguna dapat mengakses internet melalui router yang telah dikonfigurasi (Aulia et al., n.d.).

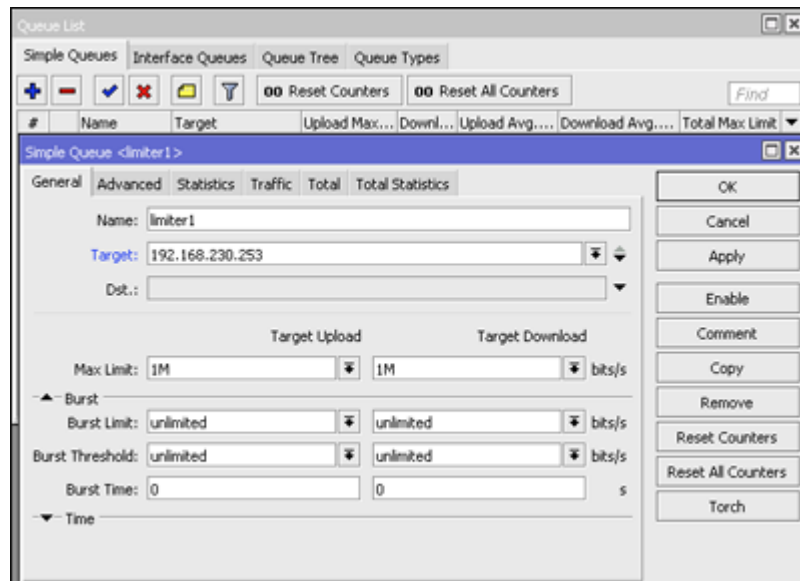


Gambar 2.18 Routing

2.5.2 Queue pada MikroTik

Queue pada MikroTik merupakan fitur yang digunakan untuk mengatur dan membatasi penggunaan bandwidth pada jaringan komputer. Queue memungkinkan administrator jaringan untuk mengontrol kecepatan upload dan download pengguna sesuai dengan aturan yang telah ditentukan. Dengan adanya queue, penggunaan bandwidth dapat dibagi secara lebih merata sehingga tidak terjadi penggunaan bandwidth secara berlebihan oleh pengguna tertentu.

Selain itu, queue juga digunakan untuk mengatur prioritas lalu lintas data pada jaringan agar kualitas layanan internet tetap stabil. MikroTik menyediakan beberapa jenis queue yang dapat digunakan sesuai kebutuhan jaringan, seperti *Simple Queue* dan *Queue Tree*. Dalam penelitian ini, queue digunakan sebagai media pengaturan bandwidth menggunakan metode HTB agar distribusi bandwidth internet di sekolah dapat berjalan secara optimal(Firmansyah et al., 2024).

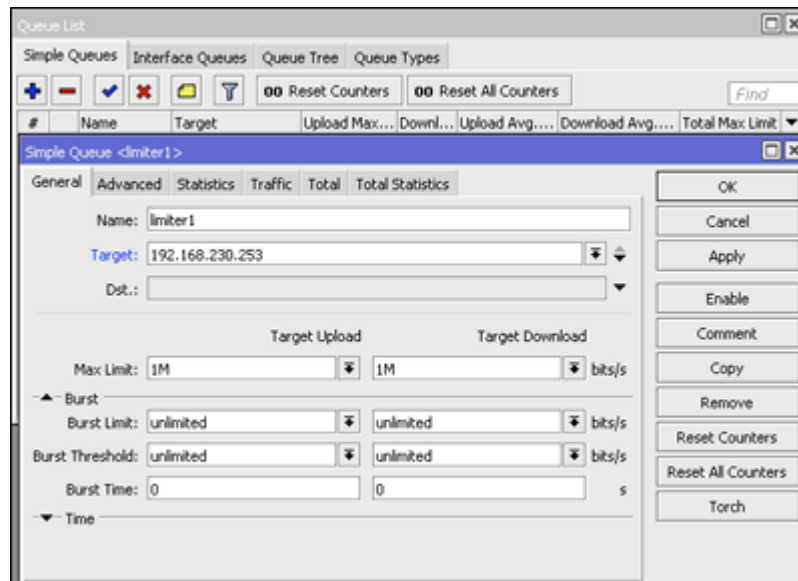


Gambar 2.19 Queue pada MikroTik

2.5.3 Simple Queue

Simple Queue merupakan salah satu metode pengaturan bandwidth pada MikroTik yang digunakan untuk membatasi kecepatan internet berdasarkan alamat IP pengguna. Metode ini memiliki konfigurasi yang relatif mudah sehingga banyak digunakan pada jaringan dengan jumlah pengguna yang tidak terlalu banyak. Dengan menggunakan Simple Queue, administrator jaringan dapat menentukan batas maksimum bandwidth upload dan download setiap pengguna secara sederhana (Firmansyah et al., 2024).

Meskipun mudah digunakan, Simple Queue memiliki keterbatasan dalam pengelolaan jaringan yang kompleks karena kurang fleksibel dalam pengaturan prioritas dan pembagian bandwidth bertingkat. Selain itu, performa Simple Queue dapat menurun apabila digunakan pada jaringan dengan jumlah pengguna yang banyak. Oleh karena itu, untuk kebutuhan pengelolaan bandwidth yang lebih kompleks dan terstruktur, biasanya digunakan metode Queue Tree dengan penerapan HTB (Siregar et al., 2025).

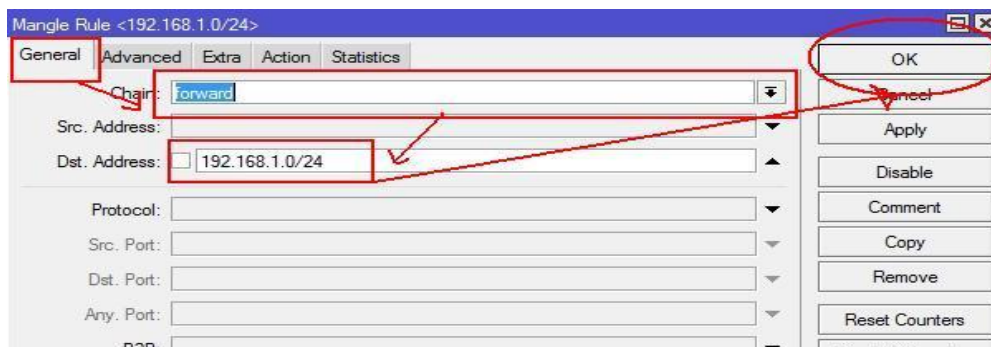


Gambar 2.20 Simpel Queue

2.5.4 Queue Tree

Queue Tree merupakan metode manajemen bandwidth pada MikroTik yang digunakan untuk mengatur lalu lintas jaringan secara lebih kompleks dan terstruktur. Queue Tree bekerja menggunakan sistem hirarki sehingga memungkinkan administrator jaringan membagi bandwidth berdasarkan kategori tertentu, seperti pengguna, layanan, atau jenis trafik jaringan. Metode ini biasanya digunakan pada jaringan dengan jumlah pengguna yang banyak karena lebih fleksibel dibandingkan Simple Queue.

Dalam implementasinya, Queue Tree sering digunakan bersama metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) untuk menghasilkan pembagian bandwidth yang lebih optimal dan efisien. Dengan Queue Tree, administrator jaringan dapat menentukan prioritas penggunaan bandwidth serta mengatur distribusi bandwidth secara bertingkat. Oleh karena itu, Queue Tree sangat cocok diterapkan pada jaringan sekolah yang membutuhkan kestabilan dan pemerataan akses internet bagi seluruh pengguna (Naufal Anwari et al., 2022).

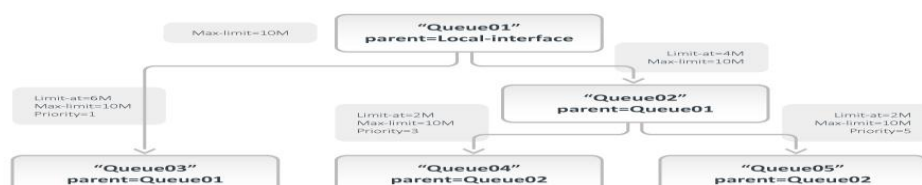


Gambar 2.21 Queue Tree

2.5.5 Hierarchical Token Bucket (HTB)

Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan metode manajemen bandwidth yang digunakan untuk mengatur distribusi bandwidth secara bertingkat atau hirarki pada jaringan komputer. Metode HTB memungkinkan administrator jaringan menentukan batas minimum dan maksimum bandwidth bagi setiap pengguna atau kelompok pengguna sesuai kebutuhan jaringan. HTB bekerja dengan sistem parent dan child queue sehingga pembagian bandwidth dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan efisien.

Metode HTB banyak digunakan pada jaringan komputer karena mampu menjaga kestabilan jaringan dan mencegah terjadinya penggunaan bandwidth secara berlebihan oleh pengguna tertentu. Selain itu, HTB juga memungkinkan administrator jaringan menentukan prioritas bandwidth sehingga pengguna yang memiliki prioritas lebih tinggi dapat memperoleh kualitas layanan internet yang lebih baik. Dalam penelitian ini, metode HTB digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan bandwidth internet di SMP IT Robbani Rantauprapat agar akses internet dapat berjalan lebih stabil dan merata(Siregar et al., 2025).

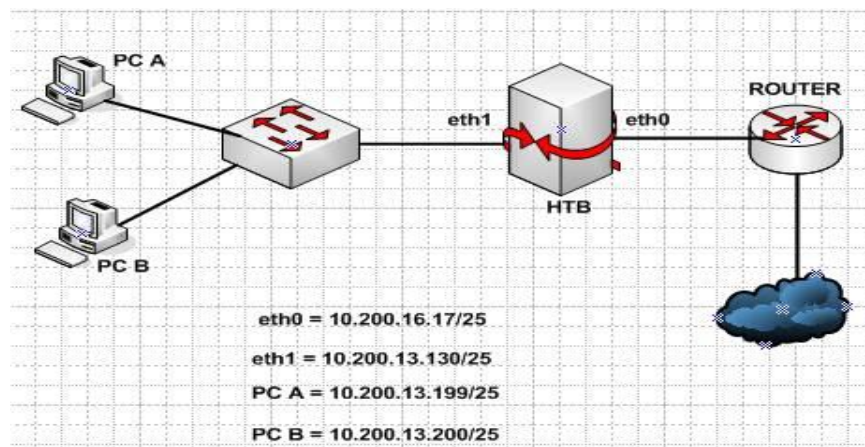


Gambar 2.22 Hierarchical Token Bucket (HTB)

2.5.5.1 Cara Kerja HTB

Metode HTB bekerja dengan cara membagi bandwidth ke dalam beberapa kelas atau tingkatan berdasarkan aturan yang telah ditentukan oleh administrator jaringan. Setiap kelas bandwidth dapat diberikan batas minimum (*limit-at*) dan batas maksimum (*max-limit*) sesuai kebutuhan pengguna jaringan. HTB akan mendistribusikan bandwidth secara otomatis berdasarkan prioritas dan penggunaan bandwidth pada masing-masing pengguna.

Apabila terdapat bandwidth yang tidak digunakan oleh suatu pengguna, maka bandwidth tersebut dapat dipinjam sementara oleh pengguna lain yang membutuhkan. Sistem ini membuat penggunaan bandwidth menjadi lebih efisien dan optimal. Dengan cara kerja tersebut, HTB mampu menjaga kestabilan jaringan internet serta mencegah terjadinya monopoli bandwidth oleh pengguna tertentu (Alamsyah et al., 2022a).

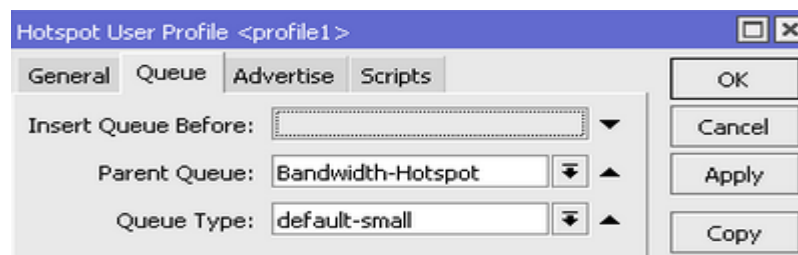


Gambar 2.23 Cara Kerja HTB

2.5.5.2 Parent dan Child Queue

Dalam metode HTB, pembagian bandwidth dilakukan menggunakan sistem parent dan child queue. Parent queue merupakan queue utama yang berfungsi sebagai pembatas total bandwidth pada suatu jaringan, sedangkan child queue merupakan queue turunan yang digunakan untuk membagi bandwidth kepada pengguna atau kelompok pengguna tertentu. Sistem ini memungkinkan pengaturan bandwidth dilakukan secara bertingkat dan lebih terstruktur.

Dengan adanya parent dan child queue, administrator jaringan dapat mengontrol penggunaan bandwidth secara lebih fleksibel sesuai kebutuhan jaringan. Selain itu, sistem hirarki pada HTB juga mempermudah proses pengawasan dan pengaturan lalu lintas data pada jaringan komputer. Oleh karena itu, metode ini sangat cocok digunakan pada jaringan dengan jumlah pengguna yang banyak seperti jaringan sekolah (Naufal Anwari et al., 2022).

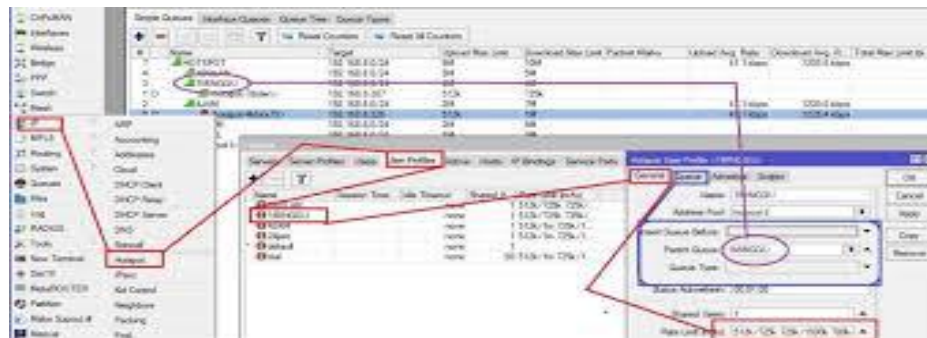


Gambar 2.24 Parent dan Child Queue

2.5.5.3 Limit-at dan Max-limit

Limit-at merupakan batas minimum bandwidth yang dijamin akan diterima oleh pengguna atau kelompok pengguna dalam metode HTB. Dengan adanya limit-at, setiap pengguna akan tetap memperoleh bandwidth minimum meskipun kondisi jaringan sedang padat. Sementara itu, max-limit merupakan batas maksimum bandwidth yang dapat digunakan oleh pengguna agar penggunaan bandwidth tetap terkontrol dan tidak melebihi kapasitas yang telah ditentukan (Alamsyah et al., 2022a).

Penggunaan limit-at dan max-limit sangat penting dalam manajemen bandwidth karena dapat membantu menciptakan pembagian bandwidth yang adil dan stabil. Administrator jaringan dapat menentukan nilai bandwidth sesuai kebutuhan masing-masing pengguna sehingga kualitas layanan internet dapat berjalan lebih optimal. Dalam penelitian ini, limit-at dan max-limit digunakan untuk mengatur distribusi bandwidth internet di lingkungan sekolah.

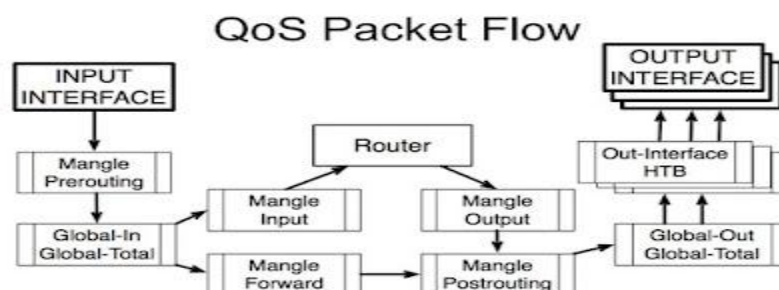


Gambar 2.25 Limit-at dan Max-limit

2.5.5.4 Priority pada HTB

Priority pada HTB merupakan fitur yang digunakan untuk menentukan tingkat prioritas penggunaan bandwidth pada jaringan komputer. Pengguna atau layanan yang memiliki prioritas lebih tinggi akan mendapatkan akses bandwidth lebih dahulu dibandingkan pengguna dengan prioritas lebih rendah. Pengaturan priority sangat penting untuk menjaga kualitas layanan jaringan terutama pada aktivitas yang membutuhkan koneksi internet stabil seperti pembelajaran daring dan akses administrasi sekolah.

Dalam MikroTik, nilai priority biasanya diberikan dalam bentuk angka dengan tingkat prioritas tertentu. Dengan adanya pengaturan priority, administrator jaringan dapat mengatur distribusi bandwidth sesuai kebutuhan pengguna jaringan. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth serta menjaga kestabilan koneksi internet pada jaringan sekolah (Valia Yoga Pudya Ardhana & Mulyodiputro, 2023a).

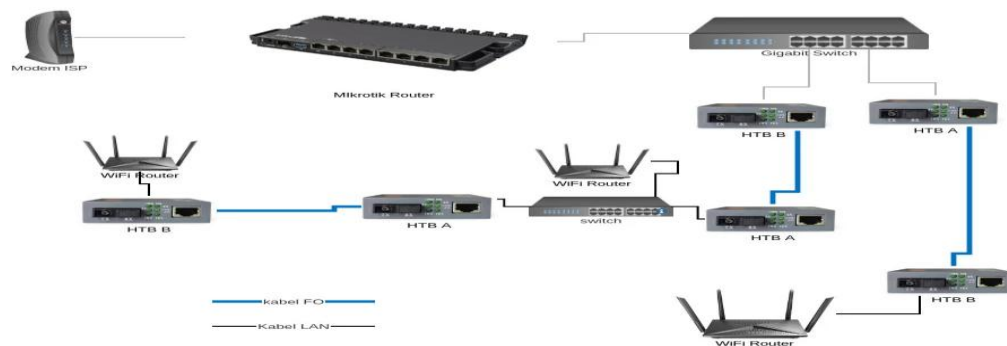


Gambar 2.26 Priority Pada HTB

2.5.5.5 Kelebihan HTB

Metode HTB memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode manajemen bandwidth lainnya, terutama dalam pengaturan bandwidth secara bertingkat dan terstruktur. HTB mampu membagi bandwidth secara lebih merata sehingga setiap pengguna dapat memperoleh akses internet sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Selain itu, metode ini juga mendukung pengaturan prioritas bandwidth sehingga kualitas layanan jaringan dapat menjadi lebih optimal.

Kelebihan lain dari HTB adalah kemampuannya dalam memanfaatkan bandwidth yang tidak terpakai agar dapat digunakan sementara oleh pengguna lain. Dengan sistem tersebut, penggunaan bandwidth menjadi lebih efisien dan tidak terbuang sia-sia. Oleh karena itu, metode HTB sangat cocok diterapkan pada jaringan sekolah yang memiliki banyak pengguna dan membutuhkan kestabilan akses internet dalam mendukung aktivitas pembelajaran dan administrasi sekolah(Alamsyah et al., 2022a).

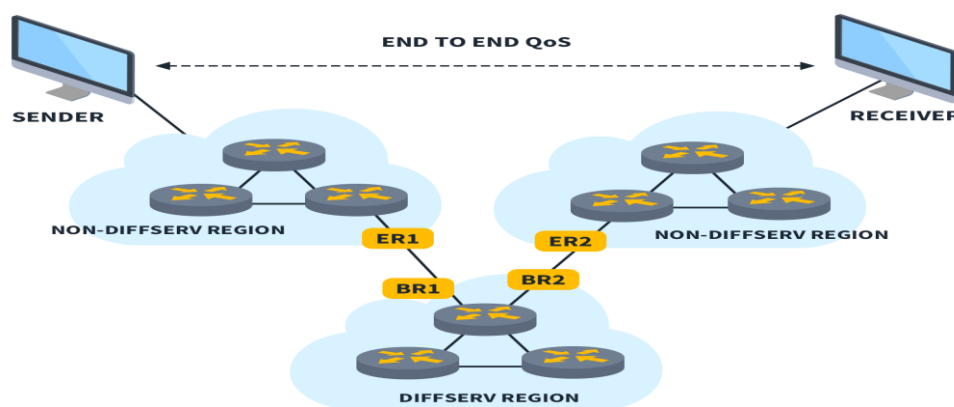


Gambar 2.25 Kelebihan HTB

2.6 Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) merupakan metode pengukuran kualitas layanan jaringan komputer berdasarkan beberapa parameter tertentu. QoS digunakan untuk mengetahui tingkat performa jaringan dalam proses pengiriman data sehingga dapat diketahui apakah jaringan tersebut berjalan dengan baik atau tidak. Dalam implementasi jaringan komputer, QoS sangat penting karena dapat digunakan untuk mengukur kestabilan koneksi internet dan kualitas layanan yang diterima oleh pengguna jaringan(Alamsyah et al., 2022b).

Pengukuran QoS biasanya dilakukan menggunakan beberapa parameter, seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk mengetahui kualitas jaringan sebelum dan sesudah dilakukan penerapan manajemen bandwidth. Dalam penelitian ini, QoS digunakan sebagai metode pengujian untuk menganalisis pengaruh penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) terhadap kualitas jaringan internet di SMP IT Robbani Rantauprapat (Anang Andhika Setyo Utomo^{1*}, 2025).



Gambar 2.26 Quality of Service (QoS)

2.6.1 Throughput

Throughput merupakan jumlah data yang berhasil dikirim atau diterima dalam suatu jaringan selama periode waktu tertentu. Throughput biasanya diukur menggunakan satuan bit per second (bps), seperti Kbps atau Mbps. Nilai throughput yang tinggi menunjukkan bahwa jaringan memiliki performa yang baik dalam proses transfer data, sedangkan nilai throughput yang rendah menunjukkan adanya gangguan atau keterbatasan pada jaringan komputer.

Dalam pengukuran kualitas jaringan, throughput digunakan untuk mengetahui kecepatan efektif transfer data yang diterima oleh pengguna jaringan. Nilai throughput dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kapasitas bandwidth, jumlah pengguna, dan kondisi lalu lintas jaringan. Pada penelitian ini, throughput digunakan untuk membandingkan performa jaringan internet sebelum dan sesudah penerapan metode HTB pada MikroTik (Hurul Ainina¹, 2024).

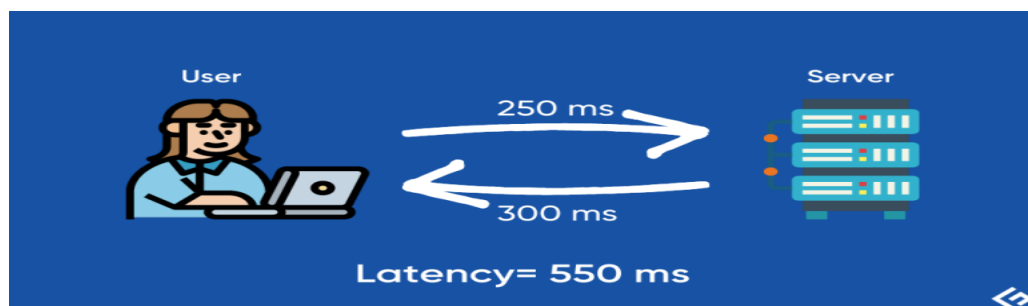


Gambar 2.27 Throughput

2.6.2 Delay

Delay merupakan waktu tunda yang dibutuhkan oleh data untuk berpindah dari sumber ke tujuan dalam suatu jaringan komputer. Delay sering disebut juga sebagai latency dan biasanya diukur menggunakan satuan milisecond (ms). Nilai delay yang kecil menunjukkan bahwa jaringan memiliki respons yang baik, sedangkan delay yang besar dapat menyebabkan keterlambatan komunikasi data dan menurunkan kualitas layanan jaringan.

Delay dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kepadatan lalu lintas jaringan, kapasitas bandwidth, jarak antar perangkat, serta kualitas perangkat jaringan yang digunakan. Dalam penggunaan internet, nilai delay sangat berpengaruh terhadap aktivitas yang membutuhkan komunikasi real-time seperti video conference, game online, dan pembelajaran daring. Oleh karena itu, pengukuran delay sangat penting untuk mengetahui tingkat kestabilan jaringan internet setelah penerapan metode HTB (Anang Andhika Setyo Utomo^{1*}, 2025).

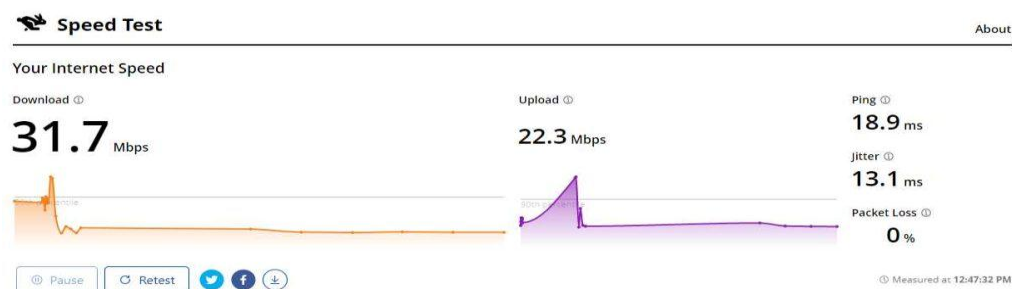


Gambar 2.28 Delay

2.6.3 Jitter

Jitter merupakan variasi waktu tunda (*delay variation*) yang terjadi selama proses pengiriman data pada jaringan komputer. Jitter biasanya muncul akibat ketidakstabilan lalu lintas jaringan atau adanya kepadatan trafik data. Nilai jitter yang tinggi dapat menyebabkan proses komunikasi data menjadi tidak stabil sehingga kualitas layanan jaringan menurun, terutama pada layanan yang membutuhkan komunikasi secara real-time.

Dalam penggunaan jaringan internet, jitter sangat berpengaruh terhadap kualitas layanan seperti video streaming, panggilan suara, dan video conference. Semakin kecil nilai jitter, maka semakin baik kualitas jaringan yang digunakan. Oleh karena itu, pengukuran jitter digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan pengiriman data pada jaringan komputer sebelum dan sesudah penerapan metode manajemen bandwidth menggunakan HTB(Valia Yoga Pudya Ardhana & Mulyodiputro, 2023b).



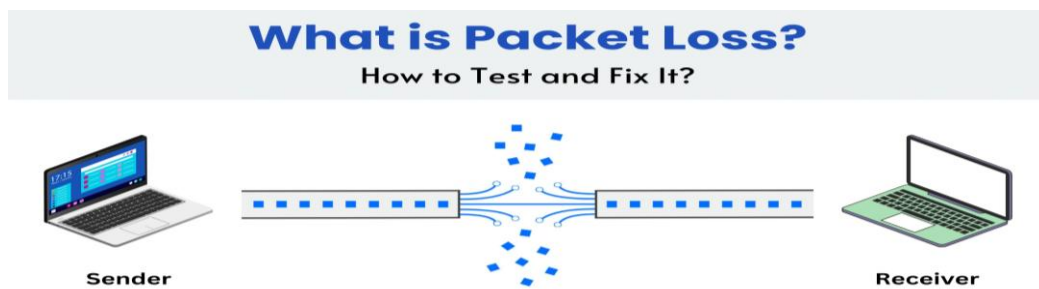
Gambar 2.29 Jitter

2.6.4 Packet Loss

Packet loss merupakan kondisi hilangnya paket data saat proses transmisi data pada jaringan komputer. Packet loss dapat terjadi akibat gangguan jaringan, kepadatan lalu lintas data, kerusakan perangkat jaringan, atau kualitas koneksi internet yang kurang baik. Tingginya nilai packet loss dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan jaringan seperti koneksi yang lambat, buffering, dan gangguan komunikasi data(Hurul Ainina1, 2024).

Dalam pengukuran Quality of Service (QoS), packet loss digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengiriman data pada jaringan komputer. Semakin kecil nilai packet loss, maka semakin baik kualitas jaringan yang digunakan. Pada penelitian ini, pengukuran packet loss dilakukan untuk mengetahui pengaruh penerapan

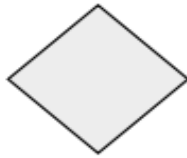
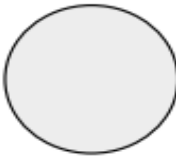
metode HTB terhadap kualitas jaringan internet sehingga dapat diketahui apakah metode tersebut mampu meningkatkan kestabilan jaringan di lingkungan sekolah(Alamsyah et al., 2022c; Asep Rizkiawan et al., 2024).



Gambar 2.30 Packet Loss

Flowchart tabel referensi yang berisi daftar simbol visual standar beserta nama dan fungsinya untuk menjelaskan alur kerja, logika, atau proses suatu sistem.

Tabel 2.1 Flowchart

No	Simbol <i>Flowchart</i>	Nama Simbol	Arti Simbol
1		Terminator	Simbol ini menunjukkan awal atau akhir dari suatu proses dalam <i>Flowchart</i> . Contoh: Terminator digunakan untuk menandai titik mulai atau selesai dalam suatu alur proses.
2		Process	Simbol ini menggambarkan langkah atau tindakan yang dilakukan dalam suatu proses. Contoh: Process digunakan untuk menunjukkan operasi atau aktivitas yang terjadi dalam sistem.
3		Document	Simbol ini digunakan untuk menunjukkan pengeluaran atau hasil dalam bentuk dokumen atau laporan. Contoh: Document digunakan untuk menggambarkan pembuatan atau pencetakan dokumen dalam alur proses.
4		Decision	Simbol ini digunakan untuk menunjukkan titik keputusan atau kondisi dalam alur, yang menghasilkan cabang keputusan. Contoh: Decision digunakan untuk menentukan jalur alur berdasarkan kondisi tertentu, seperti "Ya" atau "Tidak."
5		Data	Simbol ini menunjukkan input atau output data dalam sistem. Contoh: Data digunakan untuk menggambarkan pengambilan data dari pengguna atau menampilkan hasil dari proses.
6		On-Page Reference/Connect or	Simbol ini digunakan untuk menghubungkan bagian-bagian <i>Flowchart</i> yang ada di halaman yang sama, memudahkan pemahaman alur yang lebih kompleks. Contoh: On-Page Reference digunakan untuk menghubungkan langkah-langkah dalam <i>Flowchart</i> yang tersebar di halaman yang sama.

7		Off-Page Reference/Odd- Page Connector	Simbol ini digunakan untuk menghubungkan bagian <i>Flowchart</i> yang terletak di halaman berbeda atau dalam alur yang lebih besar. Contoh: Off-Page Reference digunakan untuk merujuk ke proses atau langkah yang ada di halaman lain dalam <i>Flowchart</i> yang lebih besar.
8		Flow	Simbol ini menunjukkan arah aliran proses atau data dalam <i>Flowchart</i> . Contoh: Flow digunakan untuk mengarahkan pembaca mengikuti langkah-langkah proses sesuai urutannya.