

IMPLEMENTASI *FIREWALL FILTERING* PADA SITUS WEB DAN *GAME ONLINE* MENGGUNAKAN *LAYER 7 PROTOCOLS* DAN MANAJEMEN *BANDWIDTH* DENGAN METODE *HIERARCHICAL TOKEN BUCKET*

Muhlis Tahir^{1*}, Abdullah Bachtiar Rifai²

Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia¹

Email*: muhlis.tahir@trunojoyo.ac.id

Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia²

Email: 210631100087@student.trunojoyo.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi jaringan komputer memberikan dampak signifikan dalam mendukung proses pembelajaran. Namun, tanpa manajemen jaringan yang baik, penggunaan internet dapat menimbulkan permasalahan seperti akses situs yang tidak relevan dan pembagian *bandwidth* yang tidak merata. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *firewall filtering* menggunakan *Layer 7 protocols* dan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical token bucket (HTB)* pada perangkat Mikrotik di laboratorium komputer SMK Negeri 3 Bangkalan. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian pengembangan dengan menggunakan model pengembangan jaringan NDLC (*Network Development Life Cycle*). Hasil implementasi menunjukkan bahwa *firewall* berhasil memblokir akses ke situs web dan *game online* yang tidak sesuai. Berdasarkan hasil pengujian *Quality of service (Qos)*, terjadi peningkatan *throughput* dari 189 bps menjadi 2534 bps, *packet loss* berhasil dipertahankan pada angka 0%, *delay* dari 49,85 ms menjadi 3,94 ms, serta *jitter* dari 47,8 ms menjadi 6,75 ms. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *HTB* berdampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan kestabilan jaringan.

Kata kunci: *Hierarchical token bucket, layer 7 protocols, quality of service*

ABSTRACT

The development of computer network technology has a significant impact in supporting the learning process. However, without good network management, the use of the internet can cause problems such as accessing irrelevant sites and uneven bandwidth distribution. This research aims to implement firewall filtering using Layer 7 protocols and bandwidth management using the Hierarchical token bucket (HTB) method on Mikrotik devices in the computer laboratory of SMK Negeri 3 Bangkalan. This research is included in the type of development research using the NDLC (Network Development Life Cycle) network development model. The implementation results show that the firewall successfully blocks access to inappropriate websites and online games. Based on the Quality of service (Qos) test results, there was an increase in throughput from 189 bps to 2534 bps, packet loss was successfully maintained at 0%, delay from 49.85 ms to 3.94 ms, and jitter from 47.8 ms to 6.75 ms. These results show that the implementation of HTB has a significant impact on improving network efficiency and stability.

Keywords: Hierarchical token bucket, layer 7 protocols, quality of service

1. PENDAHULUAN

Keamanan jaringan adalah komponen penting dalam sebuah jaringan komputer. Keamanan jaringan berfungsi untuk mencegah dan mendeteksi akses tidak sah ke jaringan, dengan tujuan melindungi sistem dari berbagai ancaman, baik fisik maupun logis, yang dapat mengganggu operasional jaringan [6]. Di Indonesia, keamanan jaringan dan penggunaan internet telah diatur oleh Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2016 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE), yang menjadi landasan hukum untuk mengatur pemakaian internet, termasuk di lingkungan Pendidikan. Selain itu, Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 24 Tahun 2014 tentang Peran Guru Teknologi Informasi dan Komunikasi serta Guru Keterampilan Komputer juga memberikan pedoman mengenai penggunaan internet di sekolah [1].

Firewall digunakan untuk mengatur akses siapa saja yang diperbolehkan mengakses jaringan pribadi dari luar [2]. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa hanya lalu lintas yang diizinkan sesuai dengan aturan yang ditetapkan yang dapat melewati batas jaringan tersebut. Jika *bandwidth* tidak diatur secara efektif, jaringan bisa mengalami kemacetan, peningkatan waktu tunda (*latency*), atau distribusi *bandwidth* yang tidak merata. Hal ini dapat mengganggu kenyamanan serta menurunkan produktivitas pengguna, sehingga diperlukan adanya manajemen *bandwidth* yang baik [3]. Manajemen *bandwidth* merupakan metode yang digunakan untuk mengelola dan mengoptimalkan berbagai jenis jaringan dengan menerapkan layanan *Quality of service (Qos)* untuk mengidentifikasi jenis-jenis lalu lintas jaringan [4]

Perkembangan teknologi jaringan komputer saat ini terus berkembang dengan pesat [5]. Penggunaan teknologi jaringan komputer menjadi elemen kunci meningkatkan efisiensi serta efektivitas proses belajar mengajar dalam dunia Pendidikan [6]. SMK Negeri 3 Bangkalan memiliki laboratorium komputer dengan akses internet 50 Mbps dari *ISP* Telkom, namun belum dilengkapi sistem pembagian *bandwidth*. Menurut Ibu Afifatul Lail, ST. selaku Kepala Program TKJ, sering terjadi penumpukan *traffic* pada jam tertentu yang menyebabkan penurunan kecepatan internet. Selain itu, peserta didik kerap mengakses situs dan *game* yang tidak relevan, mengganggu jalannya pembelajaran. Laboratorium SMK Negeri 3 Bangkalan memiliki 1 *Access Point*, 1 *PC server*, 2 *switch*, dan 30 *PC client* yang terhubung ke internet tanpa pembagian *bandwidth* dan *filtering* konten. Kondisi ini menurunkan kecepatan internet dan mengganggu pembelajaran. Diperlukan solusi berupa manajemen *bandwidth* dan *firewall* untuk meningkatkan kualitas koneksi dan menciptakan lingkungan belajar yang kondusif.

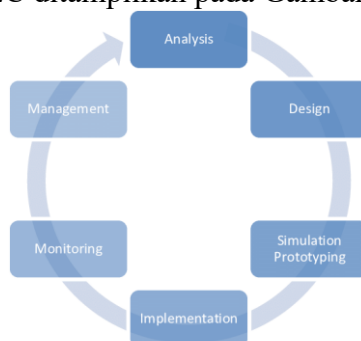
Beberapa penelitian mendukung efektivitas pembatasan akses dan manajemen *bandwidth* dengan Mikrotik. Assiddiqi (2023) berhasil menerapkan *firewall* dan *Layer 7 protocols* untuk menyaring situs serta mendistribusikan *bandwidth* berdasarkan parameter *Qos* [7]. Mhd. Ilham et al. (2022) menunjukkan *firewall filtering* dengan Mikrotik efektif memblokir situs tidak relevan, mendukung pembelajaran. (Asy et al., 2024) membuktikan metode *HTB* mampu membagi *bandwidth* secara merata dengan hasil *Qos* yang baik: *delay* 5,6 ms, *jitter* 4,04 ms, *throughput* 0,921 Mbit, dan *packet loss* 0% [8].

Dari hasil observasi, wawancara, dan penelitian relevan tersebut maka peneliti mengimplementasikan *firewall filtering* situs web dan *game online* menggunakan *layer 7 protocols* serta pengelolaan manajemen *bandwidth* dengan metode *Hierarchical token bucket* di laboratorium komputer SMK Negeri 3 Bangkalan. Penggunaan metode *layer 7 protocols* akan diuji menggunakan 4 parameter *Qos* yakni *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Dan peneliti pun tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul

“Implementasi *Firewall filtering* pada Situs Web dan *Game online* Menggunakan *Layer 7 protocols* dan Manajemen *Bandwidth* dengan Metode *Hierarchical Token Bucket*”

2. METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan dengan model NDLC yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem manajemen *bandwidth* serta filtering situs web dan *game online* menggunakan perangkat Mikrotik. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Komputer SMK Negeri 3 Bangkalan. Tahapan-tahapan model NDLC ditampilkan pada Gambar dibawah:



Gambar 1. Tahapan NDLC [9]

Network Development Lifecycle (NDLC) adalah metode yang digunakan untuk mengembangkan atau merancang topologi jaringan yang memungkinkan pemantauan guna mengetahui statistik dan kinerja jaringan (Husnaini et al., 2019). Dalam pelaksanaan penelitian ini, peneliti memanfaatkan berbagai alat dan bahan yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang akan diimplementasikan. Setiap alat dan bahan yang digunakan dilengkapi dengan spesifikasi teknis guna memastikan kesesuaian dan efektivitas dalam mendukung proses instalasi dan pengujian sistem. Spesifikasi masing-masing komponen dijelaskan secara rinci agar proses replikasi atau pengembangan lanjutan dapat dilakukan secara sistematis dan akurat.

Tabel 1. Analisis kebutuhan *hardware*

| No. | Hardware | Spesifikasi |
|-----|-------------|---|
| 1 | Laptop | Processor intel core i5-1135G7 2.40 GHz, RAM 8 Gb, VGA intel iRis Xe Graphics, Ssd 512 Gb |
| 2 | Mikrotik RB | CPU AR9344 600MHz, Memory 128 MB, Data storage 64 MB, 5 Lan port |
| 3 | Kabel LAN | RJ-45 |

Tabel 2. Analisis kebutuhan *software*

| No. | Software | Versi |
|-----|----------------|-----------------|
| 1 | OS Laptop | 11 Pro (64 bit) |
| 2 | Routerboard OS | 6.49.7 |
| 3 | Google Chrome | 131.0.6778.86 |
| 4 | Winbox | 3.18 |
| 5 | Wireshark | 4.2.5 |

Pada pelaksanaan penelitian ini, tahap awal dimulai dengan wawancara untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada di lapangan. Berdasarkan hasil wawancara

tersebut, peneliti merumuskan masalah yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Selanjutnya, dilakukan implementasi sistem berupa *firewall filtering* dan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical token bucket (HTB)*. Pengujian dilakukan dalam dua skenario, yaitu pengujian *firewall filtering* dengan mencoba mengakses situs web dan *game online* yang telah diblokir, dan pengujian kinerja manajemen *bandwidth* berdasarkan parameter *Quality of service (Qos)* yang meliputi *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

Adapun teknik analisis data yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif. Data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem dianalisis dengan membandingkan kondisi jaringan sebelum dan sesudah implementasi. Pengolahan data dilakukan dengan menghitung nilai dari masing-masing parameter *Qos* untuk melihat peningkatan performa jaringan. Selain itu, validasi dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada ahli dan pengguna untuk menilai kelayakan dan efektivitas sistem. Hasil analisis digunakan sebagai dasar evaluasi keberhasilan implementasi dan efektivitas solusi yang diterapkan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan prosedur Network Development Life Cycle (NDLC) yang terdiri dari enam tahap, yaitu *Analysis*, *Design*, *Simulation Prototyping*, *Implementation*, *Monitoring*, dan *Management*. Berdasarkan hasil implementasi, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Analysis

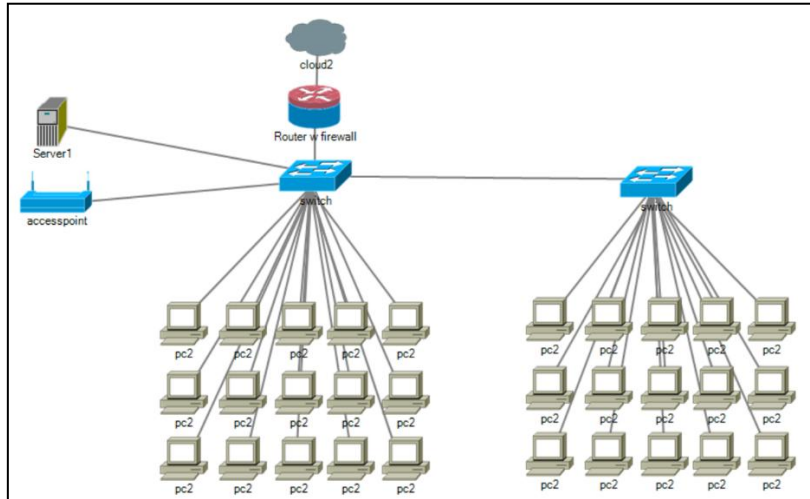
Dalam tahap ini, peneliti menganalisis kebutuhan jaringan berdasarkan kondisi yang ada dan merancang strategi solusi melalui implementasi *firewall filtering* berbasis *Layer 7 protocols* untuk membatasi akses ke situs web dan *game online* yang tidak relevan, serta menerapkan metode *Hierarchical Token Bucket (HTB)* untuk manajemen *bandwidth*. Solusi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan jaringan dan menjaga kestabilan koneksi internet selama proses pembelajaran berlangsung. Pada Gambar 2 ditampilkan *flowchart* sistem yang telah dikembangkan



Gambar 2. *Flowchart* sistem

Design

Pada tahap *design* (perancangan), dilakukan desain skema jaringan secara lengkap dengan pengaturan *IP Address* untuk meminimalkan kesalahan dalam implementasi, khususnya pada pengaplikasian *firewall filtering* dan manajemen *bandwidth*.



Gambar 3. Topologi jaringan

Topologi jaringan yang ditampilkan pada Gambar 3 mencakup perangkat seperti *router*, *switch*, *PC*, dan *access point (AP)*, yang menjadi acuan awal dalam pengembangan sistem.

Tabel 3. Skema IP address

| No. | Perangkat | IP Address |
|-----|-----------------|-----------------|
| 1 | Router MikroTik | 192.168.1.0/24 |
| 2 | Komputer Server | 192.168.20.1/24 |
| 3 | Komputer Client | 192.168.30.1/24 |
| 4 | Wireless | 192.168.40.1/24 |

Skema IP address yang terdapat pada Tabel 3 menunjukkan pengalamanan untuk perangkat seperti *router*, *server*, *client*, dan perangkat *wireless* yang nantinya akan dikonfigurasi melalui Winbox

Tabel 4. Daftar blokir

| No. | Kategori | Nama Situs/Game |
|-----|-------------|-----------------|
| 1 | Game online | Mobile legends |
| 2 | Game online | Pubg mobile |
| 3 | Game online | Free fire |
| 4 | Game online | Clash of clans |
| 5 | Situs Web | Youtube |

Pada Tabel 4 ditampilkan daftar situs web dan *game online* yang menjadi target pemblokiran dalam proses pengembangan.

Tabel 5 Pembagian *bandwidth*

| No. | Queue | Min | Max |
|-----|-----------|---------|---------|
| 1 | PC Server | 10 Mbps | 20 Mbps |
| 2 | PC Siswa | 10 Mbps | 20 Mbps |
| 3 | Wireless | 5 Mbps | 10 Mbps |

Skema Pembagian *bandwidth* yang terdapat pada Tabel 4 menunjukkan jumlah Batasan minimal dan maksimal *bandwidth* untuk perangkat *PC Server*, *PC Client*, dan perangkat *wireless* yang menggunakan akses internet.

Simulation Prototyping

Pada tahap *Simulation Prototyping*, peneliti melakukan simulasi implementasi jaringan menggunakan aplikasi Oracle VM VirtualBox untuk membangun lingkungan virtual yang menyerupai kondisi jaringan nyata di SMK Negeri 3 Bangkalan. Dalam simulasi ini, peneliti membuat sebuah mesin virtual yang diinstal sistem operasi MikroTik RouterOS. Melalui aplikasi Winbox, peneliti melakukan konfigurasi awal jaringan, seperti pengaturan *IP Address*, *DNS Server*, dan *DHCP Server*. Selanjutnya, dilakukan konfigurasi *firewall* rules yang mengimplementasikan protokol Layer 7 untuk memblokir akses ke situs web YouTube dan *game online* Mobile legends, Pubg mobile, Clash of clans dan Free fire.

Implementation

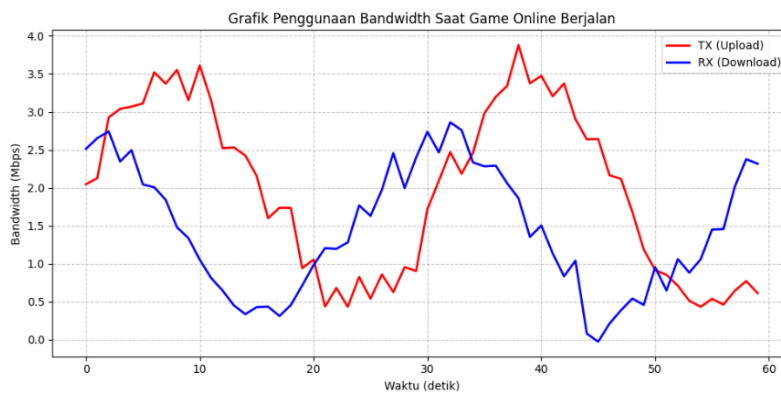
Pada tahap implementasi, peneliti mulai menerapkan sistem yang sebelumnya telah diuji melalui simulasi ke dalam lingkungan nyata. Langkah awal yang dilakukan adalah proses crimping kabel *UTP*, dilanjutkan dengan pemasangan kabel ke perangkat jaringan, serta pengaturan perangkat seperti *router*, *switch*, dan *PC client* agar dapat saling terhubung dengan baik. Setelah seluruh perangkat keras terpasang, tahap selanjutnya adalah konfigurasi *DHCP* pada *PC client*. Kemudian, dilakukan pengaturan sistem keamanan yang difokuskan pada dua aspek utama, yaitu penyaringan *firewall* berbasis *Layer 7 protocols* dan pengelolaan *bandwidth* dengan metode *Hierarchical token bucket (HTB)*.

| # | Action | Chain | Src. Address | Dest. Address | Proto | Src. Port | Dest. Port | In. Inter | Out. Int | In. Len | Out. Len | Src. Ad. | Dest. Ad. | Byte | Packets |
|----|--------|---------|--------------|---------------|-------|-------------|------------|-----------|----------|---------|----------|----------|-----------|----------|---------|
| 0 | drop | forward | 192.168.30.0 | | | | | | | | | | | 0 B | 0 |
| 1 | drop | forward | 192.168.30.0 | 17 (u...) | | | | | | | | | | 4266 B | 54 |
| 2 | drop | forward | 192.168.40.0 | 6 (tcp) | | | | | | | | | | 42.0 KB | 66 |
| 3 | drop | forward | 192.168.40.0 | 17 (u...) | | | | | | | | | | 1021 B | 17 |
| 4 | drop | forward | 192.168.40.0 | 6 (tcp) | | 5551-5556 | | | | | | | | 116.4 KB | 1.995 |
| 5 | drop | forward | 192.168.40.0 | 6 (tcp) | | 9330-9340 | | | | | | | | 660 B | 11 |
| 6 | drop | forward | 192.168.40.0 | 6 (tcp) | | 12006-12... | | | | | | | | 5.5 KB | 94 |
| 7 | drop | forward | 192.168.40.0 | 17 (u...) | | 8030 | | | | | | | | 18.6 KB | 381 |
| 8 | drop | forward | 192.168.40.0 | 6 (tcp) | | 20371,17... | | | | | | | | 19.3 KB | 330 |
| 9 | drop | forward | 192.168.40.0 | | | | | | | | | | youtube | 195.2 KB | 472 |
| 10 | drop | forward | 192.168.30.0 | | | | | | | | | | | 674.1 KB | 2.069 |

Gambar 4. Hasil konfigurasi *firewall filtering*

Gambar 4. menunjukkan hasil konfigurasi *firewall* pada RouterOS Mikrotik yang dirancang untuk menyaring lalu lintas jaringan secara selektif demi mendukung

keamanan dan efisiensi penggunaan *bandwidth*. Seluruh aturan diterapkan pada chain forward, sehingga hanya memfilter paket yang melewati *router*, bukan yang berasal atau ditujukan langsung ke *router*. Beberapa aturan menggunakan aksi *drop* untuk memblokir akses ke aplikasi hiburan dan *game online* seperti Mobile Legends (*port TCP 5551–5560*), Clash of Clans (*port TCP 9330–9340*), dan PUBG Mobile (*port UDP 12000–12100*), karena aplikasi tersebut umumnya mengonsumsi *bandwidth* tinggi dan berpotensi mengganggu produktivitas. Sementara itu, YouTube difilter menggunakan pendekatan *Layer 7 Protocol* yang memungkinkan *firewall* mengenali pola data aplikasi secara lebih akurat dibandingkan metode identifikasi berbasis *port*.



Gambar 5. Grafik trafik jaringan

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan penggunaan bandwidth saat game online berjalan. Tampak bahwa trafik TX (upload) dan RX (download) mengalami fluktuasi yang cukup signifikan. Pola ini mencerminkan aktivitas *real-time* khas dari game online, seperti pertukaran data posisi pemain, aksi dalam permainan, hingga proses sinkronisasi dengan server. Lonjakan penggunaan *bandwidth* terjadi pada momen tertentu, menandakan bahwa aplikasi game online memerlukan kapasitas jaringan yang cukup besar dan stabil. Hal ini menjadi bukti bahwa tanpa pengaturan bandwidth yang tepat, aktivitas semacam ini dapat mendominasi trafik dan berpotensi mengganggu performa jaringan secara keseluruhan.

| Name | Parent | Packet Marks | Limit At (bi) | Max Limit | Avg. Rate | Queued Bytes | Bytes | Packets |
|-------------------|--------------|---------------|---------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|
| PC-Download | ether2 - SER | packet-siswa | 10M | 20M | 0 bps | 0 B | 10.6 GiB | 8 089 3... |
| PC-Upload | ether1 - ISP | packet-siswa | 4M | 8M | 755.8 k... | 0 B | 842.2 M... | 9 171 6... |
| Server-Download | ether2 - SER | packet-server | 10M | 20M | 127.4 k... | 0 B | 428.4 M... | 397 755 |
| Server-Upload | ether1 - ISP | packet-server | 4M | 8M | 3.4 Mbps | 0 B | 131.9 M... | 302 703 |
| Wireless-Download | wlan1 | packet-wifi | 5M | 10M | 0 bps | 0 B | 44.5 MiB | 67 384 |
| Wireless-Upload | ether1 - ISP | packet-wifi | 2M | 4M | 0 bps | 0 B | 15.7 MiB | 66 588 |

Gambar 6. Hasil konfigurasi manajemen *bandwidth*





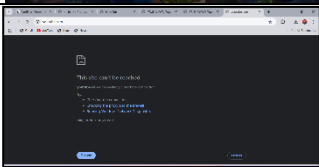
Gambar 6. menampilkan konfigurasi manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical token bucket (HTB)* pada Mikrotik RouterOS dengan struktur parent-child untuk mengatur lalu lintas berdasarkan jenis perangkat dan arah koneksi. Enam entri antrian dibuat untuk *upload* dan *download* pada *PC*, *server*, dan perangkat nirkabel, masing-masing dengan batas minimum dan maksimum *bandwidth*, seperti *PC-Download* (10–20 *Mbps*) dan *Wireless-Download* (5–10 *Mbps*). Kolom Bytes dan

Packets menunjukkan volume data yang ditransmisikan secara nyata. Konfigurasi ini mencerminkan penerapan efektif manajemen *bandwidth* dan *Quality of service (Qos)* untuk menjaga distribusi jaringan tetap proporsional dan efisien.

Monitoring



Tahap *Monitoring* mencakup tiga aspek utama yang saling berkaitan dan penting dalam menjaga efektivitas sistem jaringan, yaitu performa filtering situs web dan *game online*, kestabilan manajemen *bandwidth*, serta pengujian parameter *Quality of service (Qos)* yang meliputi *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*.

Tabel 6. Pengujian *firewall filtering*

| No. | Situs/Game | Dokumentasi |
|-----|----------------|--|
| 1 | Mobile legends |  |
| 2 | Pubg mobile |  |
| 3 | Free fire |  |
| 4 | Clash of clans |  |
| 5 | Youtube |  |

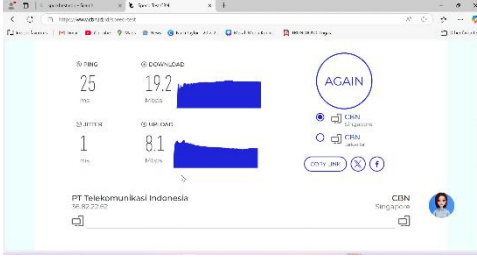
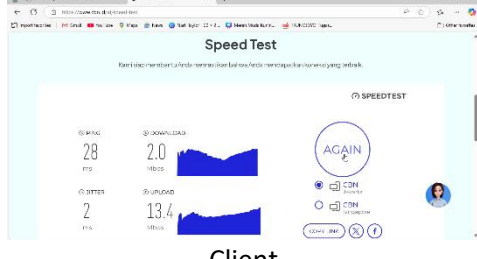
Berdasarkan hasil yang tercantum dalam Tabel 6. terlihat bahwa seluruh layanan yang sebelumnya dapat diakses dengan bebas, seperti YouTube dan *game online* Mobile legends, Pubg mobile, Free fire, serta Clash of clans, kini mengalami pemblokiran total. Akses terhadap situs YouTube gagal dilakukan karena halaman tidak dapat dimuat (timeout), sedangkan keempat *game online* gagal terhubung ke *server*, baik saat login maupun saat mencoba memuat data permainan.

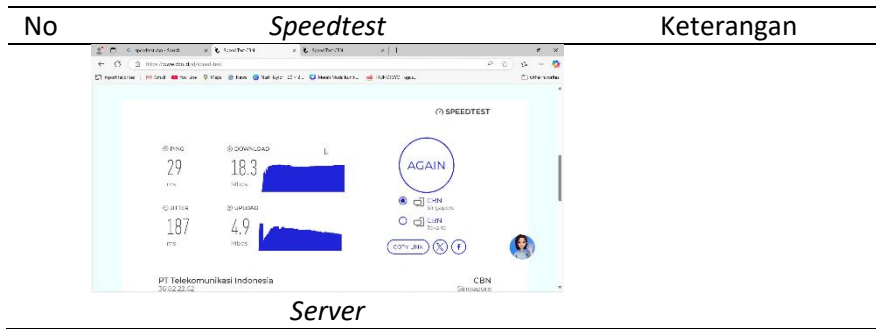
Tabel 7. *Speedtest* sebelum penerapan HTB

| No | <i>Speedtest</i> | Keterangan |
|----|---|--|
| 1. |  | Hanya <i>server</i> yang mengakses internet |
| 2. |  | Client dan <i>server</i> mengakses internet secara bersamaan |

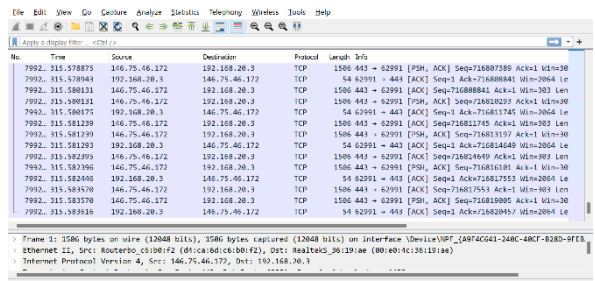
Sebelum diterapkannya manajemen bandwidth dengan *Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)*, jaringan mengalami ketidakseimbangan trafik antara *server* dan *client*. Tanpa sistem pembagian *bandwidth* yang mengatur prioritas, trafik data menjadi bebas dan tidak terkendali. Akibatnya, *client* mendominasi kanal transmisi, menyebabkan server kekurangan akses ke sumber daya internet dan menurunkan performa layanan yang seharusnya diprioritaskan.

Tabel 8. *Speedtest* setelah penerapan HTB

| No | <i>Speedtest</i> | Keterangan |
|----|---|--|
| 1. |  | Hanya <i>server</i> yang mengakses internet |
| 2. |  Client | Client dan <i>server</i> mengakses internet secara bersamaan |



Setelah manajemen bandwidth diterapkan, dilakukan uji kecepatan untuk mengevaluasi kesesuaian dengan pembagian yang telah diatur. Berdasarkan Tabel 8, metode *Hierarchical Token Bucket (HTB)* berhasil membatasi dan mengalokasikan koneksi internet sesuai tujuan, menunjukkan efektivitas konfigurasi yang diterapkan.



Gambar 7. *Capture packet* menggunakan Wireshark

Setelah dilakukan proses *capture packet* untuk mengamati kinerja jaringan. *Quality of Service (QoS)* mengacu pada kemampuan suatu jaringan dalam menyediakan layanan yang optimal untuk lalu lintas jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda [10], tahap selanjutnya adalah menghitung setiap parameter *Quality of service (Qos)*, yaitu *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*.

a. *Throughput*

$$\begin{aligned}
 \text{Throughput} &= \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} & (1) \\
 &= \frac{799933170}{315.584} \\
 &= 2.534,770995994727 \text{ b}
 \end{aligned}$$

b. *Packet Loss*

$$\begin{aligned}
 \text{Packet Loss} &= \frac{\text{Paket data terkirim} - \text{Paket data diterima}}{\text{Paket data dikirim}} \times 100\% & (2) \\
 &= \frac{799219 - 799219}{799219} \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

c. *Delay*

$$\begin{aligned} \text{Delay} &= \frac{\text{Total delay}}{\text{Jumlah total paket}} & (3) \\ &= \frac{3155,83616}{799219} \\ &= 3,94 \text{ ms} \end{aligned}$$

d. *Jitter*

$$\begin{aligned} \text{Jitter} &= \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Jumlah total paket yang diterima}} & (4) \\ &= \frac{0,00054}{799219} \\ &= 6,75 \text{ ms} \end{aligned}$$

Management

Tahap manajemen ini dilakukan supaya sistem *firewall* dan pengaturan *bandwidth* yang sudah diterapkan tetap berjalan dengan baik dan bisa terus dikembangkan sesuai kebutuhan. Pengelolaannya dilakukan dengan cara memperbarui aturan filtering layer 7 jika ada situs atau aplikasi baru yang perlu diblokir, misalnya *game* atau layanan streaming yang mulai diakses siswa. Selain itu, antrian *bandwidth (queue tree)* juga disesuaikan kalau jumlah pengguna jaringan bertambah atau ada perubahan kapasitas internet dari penyedia layanan. Pada Tabel 4 ditampilkan daftar situs web dan *game online* yang menjadi target pemblokiran dalam proses pengembangan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Implementasi *firewall filtering* situs web dan *game online* menggunakan *Layer 7 protocols* pada perangkat Mikrotik di laboratorium komputer SMKN 3 Bangkalan terbukti efektif, di mana hasil pengujian menunjukkan kemampuan *firewall* dalam memblokir akses ke situs yang tidak diinginkan seperti YouTube dan *game online*. Pendekatan *Layer 7 Protocol* berhasil mengidentifikasi dan menyaring lalu lintas berdasarkan konten aplikasi, sehingga menciptakan lingkungan internet yang lebih terkendali dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Selain itu, pengelolaan *bandwidth* dengan metode *Hierarchical Token Bucket (HTB)* juga berjalan dengan baik, memastikan distribusi akses internet yang lebih adil dan proporsional, di mana setiap perangkat mendapat alokasi *bandwidth* sesuai kebutuhan. Pengujian melalui Speedtest menunjukkan peningkatan kecepatan dan kestabilan koneksi pada perangkat uji coba tanpa mengganggu perangkat lain di jaringan. Hasil *Quality of service (Qos)* dari implementasi *HTB* turut menunjukkan peningkatan performa jaringan secara keseluruhan, ditandai dengan peningkatan *throughput*, *packet loss* sebesar 0%, serta penurunan nilai *delay* dan *jitter* secara signifikan, yang membuktikan bahwa metode ini mampu meningkatkan efisiensi dan kestabilan jaringan dalam lingkungan pendidikan dengan trafik tinggi dan kebutuhan akses data yang beragam.

Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat dikembangkan dengan menerapkan metode seperti *Deep Packet Inspection (DPI)* untuk menganalisis lalu lintas jaringan secara lebih mendetail hingga pada tingkat isi paket.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Styorini, W., Azwar, H., and Mochammad Susantok, "Implementasi *Firewall* Pada Laboratorium Jaringan Komputer SMAIT AL-ITTIHAD" (2024) *JITER-PM (Jurnal Inovasi Terapan - Pengabdian Masyarakat)*, 2(1), 38–44. <https://doi.org/10.35143/jiter-pm.v2i1.6162>
- [2] Mubarkeya, A. L., "Implementasi *Firewall* Di Sekolah Untuk Mengatasi Penyalahgunaan Internet Pada Saat Proses Pembelajaran Di SMPN 3 Indrajaya " (2023), [Skripsi Pendidikan Teknologi Informasi]. Program Sarjana Universitas Islam Ar-Raniry
- [3] Mukhlisin. M., " Literatur Tinjauan: Implementasi Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ)" (2025) *JUTIK : Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 11(1), 57–68. <https://doi.org/10.36002/jutik.v11i1.3756>
- [4] Yel, M. B., Mulyana, D. I., F, J. R., Nurfaishal, M. D., & B, M. H. T. "Optimalisasi Keamanan *Firewall* Pada Infrastruktur Jaringan SMK IDN Bogor", (2023). *Jurnal Cahaya Mandalika*, 4(1), 594–610. <https://www.ojs.cahayamandalika.com/index.php/JCM/article/view/1393>
- [5] Triswanti, N. Y. "Analisis Perbandingan Metode *Htb, Pcq* Dan *Queue Tree* Pada Mikrotik Sebagai Upaya Optimalisasi Jaringan Komputer", (2022), *TeknologiPintar.Org*, 2(4), 2022–2023.
- [6] Mhd. Ilham, Indra Gunawan, & Zulia Almaida Siregar. "Keamanan Jaringan Wlan Dengan Metode *Firewall filtering* Menggunakan Mikrotik Pada Smp Negeri 1 Dolok Merawan." (2022) *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(3), 01–16. <https://doi.org/10.55606/juisik.v2i3.309>
- [7] Assiddiqi, H., Wibowo, N., & Kartika, D. "Penerapan *Filtering* Situs Web dan *Game online* dengan *Layer 7 protocols* serta Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode Peer Connection Queueing di Labotarium SMKN 2 Surabaya." (2023). *JSSTEK-Jurnal Studi Sains Dan Teknik*, 1 No. 1.
- [8] Asy, M., Iriansyah, S., Rahman, M., & Pater, D. L. "Implementasi Manajemen Bandwidth Hierarchical token bucket (HTB) Menggunakan Metode Network Development Life Cycle (NDLC)." (2024). 5(2), 120–128.
- [9] Aryanti, S., Khairil, & Aspriyono, H. "Pengembangan Sistem Keamanan Jaringan Wifi Berbasis Mikrotik Menggunakan Metode Network Development Life Cycle (Ndlc)." (2023). *Teknosia*, 17(2), 88–95. <https://doi.org/10.33369/teknosia.v17i2.31582>
- [10] Putri Cathliniya Diyanti Faliha, Fenella Claresta Sismanto, Putrylia Handayani, & Rifky Alif Ridho Aditianto. "Analisis Kualitas Protokol Service Routing Ospf Pada Jaringan IPV4 Menggunakan Simulator Cisco Packet Tracer." (2023) *JUTIK : Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 9 (3). <https://doi.org/10.36002/jutik.v9i3.2519>