

OPTIMASI MANAJEMEN BANDWIDTH DI SMK NASIONAL MALANG MENGUNAKAN METODE HTB DAN DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING

Yohanes Yudha Saputra Bangko¹⁾, Joseph Dedy Irawan²⁾, Deddy Rudhistiar³⁾

^{1,2,3} Teknik Informatika, Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang,

JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153

Co Responden Email: yohanesyudha1908@gmail.com

Abstract

Article history

Received 17 Nov 2024

Revised 14 Dec 2024

Accepted 24 Dec 2024

Available online 31 Jan 2025

Keywords

Hotspot,

Mikrotik,

HTB,

Forecasting,

Bandwidth

At Malang National Vocational School, a MikroTik Hotspot-based computer network is implemented to support learning and administrative activities. However, the current bandwidth management is limited to the Hotspot user profile level, which lacks flexibility and efficiency. Each user receives the same bandwidth allocation without considering actual usage levels, resulting in an imbalance in bandwidth utilization and impacting network performance, especially during user surges. To address this issue, the Hierarchical Token Bucket (HTB) method can be applied for network optimization. This method utilizes a hierarchical structure, allowing bandwidth distribution to be managed flexibly based on hierarchy. HTB enables bandwidth allocation into parent and child queues, offering greater flexibility in managing user priorities. In addition, the Double Exponential Smoothing (DES) forecasting method is used to predict bandwidth usage patterns by accounting for trend changes over time. By combining HTB and DES, Malang National Vocational School can implement a more efficient and dynamic bandwidth management system. The DES forecast results are used to determine the optimal bandwidth allocation within the HTB configuration, allowing bandwidth to be allocated more flexibly according to the varying needs of users.

Abstrak

Riwayat

Diterima 17 Nov 2024

Revisi 14 Des 2024

Disetujui 24 Des 2024

Terbit online 31 Jan 2025

Kata Kunci

Hotspot,

Mikrotik,

HTB,

Peramalan,

Bandwidth

Pada SMK Nasional Malang, menerapkan jaringan komputer berbasis Hotspot MikroTik untuk mendukung aktivitas pembelajaran dan administrasi. Namun, pengelolaan bandwidth saat ini hanya terbatas pada level user profile Hotspot yang memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas dan efisiensi. Setiap pengguna mendapatkan alokasi bandwidth yang sama tanpa memperhitungkan tingkat pemakaian aktual, sehingga menyebabkan ketidakseimbangan dalam pemanfaatan bandwidth dan berdampak pada performa jaringan, terutama saat terjadi lonjakan jumlah pengguna. Untuk mengatasi masalah tersebut, metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dapat diterapkan untuk optimalisasi jaringan, dimana metode ini menggunakan struktur hirarki yang nantinya pembagian bandwidth akan diatur berdasarkan hirarki dan lebih fleksibel dalam penggunaannya. HTB memungkinkan pembagian bandwidth menjadi parent dan child queue yang memberikan fleksibilitas lebih dalam mengelola prioritas pengguna. Selain itu, metode peramalan Double Exponential Smoothing (DES) digunakan untuk memprediksi pola penggunaan bandwidth dengan mempertimbangkan tren perubahan dari waktu ke waktu. Dengan memadukan HTB dan DES, SMK Nasional Malang dapat menerapkan pengelolaan bandwidth yang lebih efisien dan dinamis. Hasil prediksi DES digunakan untuk menentukan alokasi bandwidth yang optimal dalam konfigurasi HTB, sehingga alokasi bandwidth dapat diatur lebih fleksibel sesuai dengan kebutuhan pengguna yang bervariasi.

PENDAHULUAN

Jaringan komputer adalah kumpulan perangkat keras dan perangkat lunak yang terhubung bersama untuk memungkinkan komunikasi antar perangkat. Perangkat-

perangkat yang terhubung dalam jaringan komputer bisa berupa komputer pribadi, laptop, tablet, *smartphone*, printer, dan server (Aldo, 2020). Pada studi kasus SMK Nasional Malang telah mengimplementasikan jaringan

komputer berbasis *Hotspot* MikroTik untuk mendukung proses pembelajaran dan aktivitas administratif. Namun saat ini, pengelolaan *bandwidth* jaringan di sekolah ini dilakukan dengan menggunakan limitasi *bandwidth* di tingkat *user profile Hotspot*.

Pengelolaan *bandwidth* di tingkat *user profile* ini memiliki beberapa kelemahan, terutama dalam hal fleksibilitas dan efisiensi alokasi *bandwidth*. Misalnya, pengguna yang tidak aktif atau hanya menggunakan sedikit *bandwidth* tetap mendapatkan alokasi yang sama dengan pengguna lainnya, yang menyebabkan *bandwidth* tidak dimanfaatkan secara optimal. Akibatnya, performa jaringan seringkali menjadi tidak stabil, terutama saat jumlah pengguna meningkat tajam, seperti pada jam-jam sibuk. Hal ini bisa menyebabkan keterlambatan akses atau bahkan kegagalan koneksi.

Untuk mengatasi masalah ini, *Hierarchical Token Bucket* (HTB) merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja jaringan internet. Dengan menggunakan metode ini, pembagian *bandwidth* akan diatur sesuai tingkatan hirarki sehingga lebih fleksibel dalam penggunaannya. HTB menggunakan algoritma penjadwalan antrian (*queue scheduling*) yang memungkinkan pengaturan *bandwidth* lebih terstruktur dengan membagi alokasi *bandwidth* menjadi *parent queue* dan *child queue*. Dengan adanya *parent* dan *child queue*, administrator jaringan dapat menentukan prioritas pengguna misalnya, guru, siswa, atau tamu berdasarkan kebutuhan.

Di sisi lain, *Double Exponential Smoothing* (DES) adalah metode peramalan yang memperhitungkan dua komponen utama dalam data: *level* dan *trend*. Dalam konteks penggunaan *bandwidth*, DES dapat digunakan untuk memprediksi pola penggunaan *bandwidth* dengan mempertimbangkan trend peningkatan atau penurunan penggunaan *bandwidth* dari waktu ke waktu. Saat ini, pengelolaan *bandwidth* di SMK Nasional Malang belum mempertimbangkan perubahan kebutuhan jaringan yang dinamis karena menggunakan metode pembatasan statis pada *level user profile*. Dengan mengimplementasikan *Double Exponential Smoothing*, prediksi yang lebih akurat mengenai penggunaan *bandwidth* di masa mendatang dapat dihasilkan, dan

memungkinkan pengelolaan *bandwidth* yang lebih efisien. Hasil dari peramalan DES ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan alokasi *bandwidth* dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Berdasarkan prediksi penggunaan *bandwidth* yang dihasilkan oleh perhitungan *Double Exponential Smoothing*, administrator jaringan dapat mengatur pembagian *bandwidth* secara lebih fleksibel melalui konfigurasi HTB. Dengan menggabungkan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Double Exponential Smoothing* (DES) dalam pengelolaan *bandwidth* di SMK Nasional Malang, sekolah dapat mencapai optimasi penggunaan *bandwidth* yang lebih efisien. HTB memungkinkan pembagian *bandwidth* yang lebih terstruktur dan fleksibel, sesuai dengan hierarki kebutuhan pengguna seperti guru, siswa, dan tamu. Sementara itu, DES menyediakan prediksi penggunaan *bandwidth* yang lebih akurat dengan memperhitungkan *trend* dan fluktuasi dari waktu ke waktu.

Beberapa penelitian terdahulu memberikan kontribusi yang signifikan dalam topik ini, baik dalam konteks manajemen *bandwidth* ataupun penerapan metode peramalan. Sebuah penelitian relevan bertujuan untuk memantau dan mengelola jaringan hotspot di Sekolah Menengah Pertama 1 Selorejo, Blitar, dengan fokus utama pada pengawasan penggunaan *bandwidth* oleh pengguna yang terhubung ke jaringan Wi-Fi, khususnya pada layanan hotspot. Penelitian ini menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) untuk mengelola *bandwidth*. Hasil yang dicapai menunjukkan bahwa admin dapat memantau router hotspot MikroTik secara real-time, dengan menampilkan data pengguna aktif serta status koneksi mereka. (David Satria Pradana, 2024)

Penelitian lainnya bertujuan untuk menjamin akses internet yang cepat dan stabil bagi seluruh karyawan yang menggunakan jaringan hotspot di PT. Teknik Zaga Krida. Penelitian ini berfokus pada perancangan jaringan area lokal (LAN) dan pengelolaan *bandwidth* menggunakan metode *queue tree*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan jaringan dan manajemen *bandwidth* yang diterapkan berhasil mengatasi permasalahan distribusi *bandwidth* yang tidak merata. Selain itu, kecepatan internet yang

diterima pengguna juga sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PT. Teknik Zaga Krida. (Abdul Rohmad Basar & Ardi Budi Prastio, 2023)

Dalam konteks peramalan, terdapat penelitian lain yang bertujuan untuk menganalisis dan meramalkan jumlah penjualan beras di Perum Bulog Sub Divre Medan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai α terbaik adalah 0,2. Dengan menggunakan nilai α tersebut, penelitian ini berhasil mencapai tingkat kesalahan peramalan yang sangat rendah, dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu 0,27%. Selain itu, hasil peramalan mengindikasikan bahwa penjualan beras mengalami penurunan setiap bulannya. (Sariaman Manullang & Abil Mansyur, 2023)

Penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar penting untuk pengembangan sistem yang lebih baik. Penelitian ini mencoba menggabungkan metode manajemen *bandwidth* menggunakan *Hierarchical Token Bucket* dengan peramalan *Double Exponential Smoothing* untuk menghasilkan sistem pengelolaan *bandwidth* yang lebih efisien, khususnya dalam konteks jaringan *hotspot* berbasis MikroTik di SMK Nasional Malang.

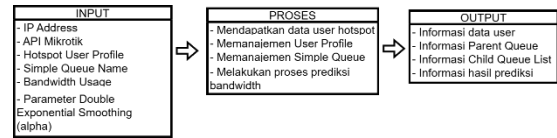
METODE PENELITIAN

Analisis Sistem

Sistem ini dirancang untuk mengelola *bandwidth* dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) sebagai mekanisme optimasi alokasi *bandwidth* yang terstruktur. Selain itu, sistem ini menggunakan metode peramalan *Double Exponential Smoothing* (DES) untuk memprediksi kebutuhan *bandwidth* berdasarkan data penggunaan sebelumnya. Hasil dari peramalan ini menjadi dasar untuk mengalokasikan *bandwidth* secara dinamis, menyesuaikan dengan pola penggunaan yang diprediksi. Sistem ini juga dilengkapi dengan berbagai fitur antarmuka, termasuk halaman data pengguna *hotspot*, konfigurasi *simple queue*, data lalu lintas (*traffic*), halaman peramalan, serta fitur untuk memperbarui profil pengguna sesuai hasil prediksi. Dengan demikian, sistem ini mampu mengoptimalkan alokasi *bandwidth* sekaligus memberikan fleksibilitas dalam pengaturan *user profile* pengguna.

Perancangan Sistem

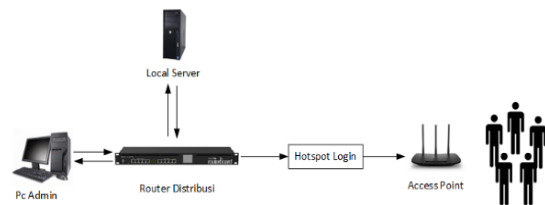
1. Desain Arsitektur sistem



Gambar 1. Desain Arsitektur Sistem

Pada Gambar 1, merupakan desain arsitektur sistem yang diterapkan dalam website manajemen *bandwidth* SMK Nasional. Data diambil dari *router* Mikrotik melalui API berupa informasi pengguna *hotspot*, konfigurasi *queue*, dan parameter untuk perhitungan prediksi. Data tersebut kemudian diproses untuk menghasilkan output berupa informasi detail data *user hotspot*, hierarki *queue* yang disusun sesuai dengan konfigurasi *Hierarchical Token Bucket* (HTB), serta informasi hasil prediksi kebutuhan *bandwidth* menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*.

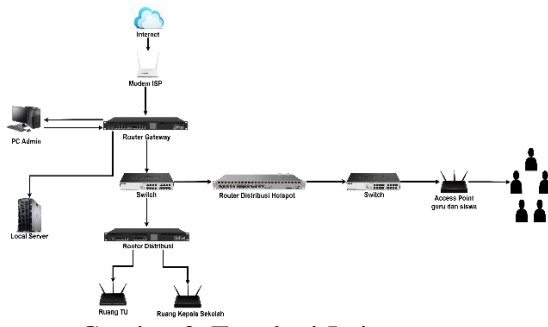
2. Diagram Blok sistem



Gambar 2. Desain Blok Diagram

Pada gambar 2 menampilkan desain dari blok diagram sistem. Dalam diagram blok tersebut terdapat server *local* yang berfungsi untuk mengelola *user profile hotspot*, melakukan peramalan *Double Exponential Smoothing*, dan pengelolaan *bandwidth* dengan metode *Hierarchical Token Bucket*. Website yang dirancang juga dapat memonitoring pengguna aktif dan *upload/download* pada *router* secara *realtime*. Setelah *router* terkonfigurasi melalui website, maka secara langsung akan mendistribusikan *hotspot* ke *access point*. Sehingga *user* yang ingin mengakses *wifi* harus melakukan autentikasi terlebih dahulu.

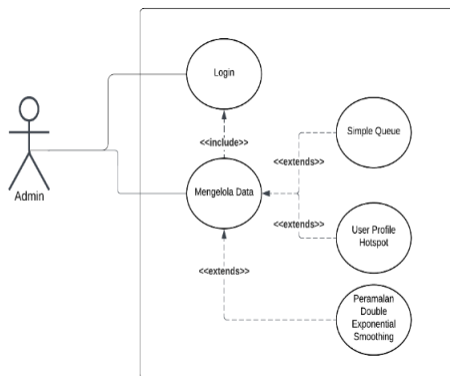
3. Topologi Jaringan



Gambar 3. Topologi Jaringan

Pada gambar 3 merupakan topologi jaringan di SMK Nasional Malang, yang memanfaatkan router Mikrotik 1100Ahx sebagai pusat distribusi *hotspot*-nya. Router tersebutlah yang menjadi perangkat utama untuk dilakukan *monitoring* dan manajemen *bandwidth*. Terdapat *server* lokal yang berfungsi untuk menyimpan *website* pengelolaan *bandwidth*, yang menjadi pusat untuk mengelola sistem. Terdapat juga *switch* yang berfungsi membantu penyebaran IP ke *access point*.

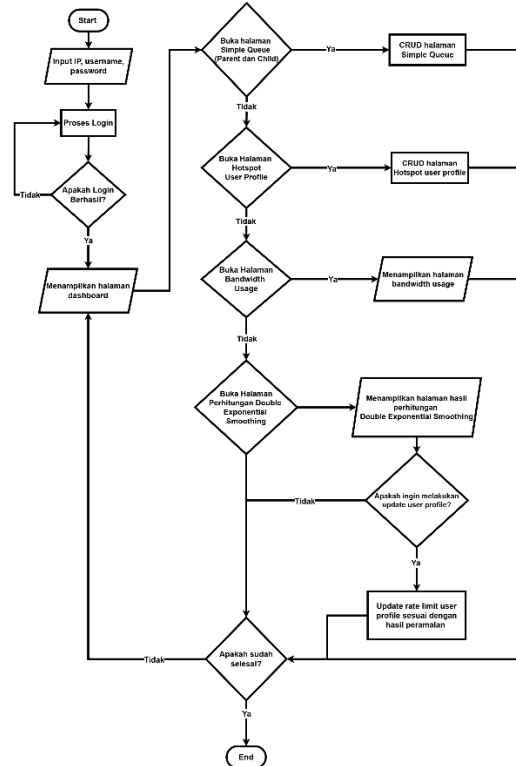
4. Use Case



Gambar 4. Desain Arsitektur Sistem

Pada gambar 4 merupakan *use case* yang dimana hanya *admin* saja yang memiliki akses untuk penggunaan *website* ini. Sebelum dapat mengelola data pada *website*, admin wajib melakukan *login* dengan memasukkan IP *address*, *username* mikrotik beserta *password*-nya. Setelah *login* berhasil maka admin dapat mengakses halaman yang lain. Terdapat *use case* untuk mengelola data seperti mengelola data *Simple Queue*, *User Profile Hotspot*, dan Peramalan *Double Exponential Smoothing*.

5. Flowchart Sistem



Gambar 5. Flowchart Sistem

Pada gambar 5 merupakan *flowchart* sistem. Administrator jaringan harus memasukkan IP *address*, *username*, dan *password* untuk *login*. Setelah berhasil, administrator bisa melakukan pengelolaan data *simple queue* menggunakan metode *hierarchical token bucket*, mengatur profil pengguna *hotspot*, serta memperbarui *rate limit* berdasarkan hasil peramalan. Halaman lainnya juga dapat diakses seperti halaman *bandwidth usage* dan halaman perhitungan *double exponential smoothing*.

Pengumpulan Data

1. Observasi :

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengamati jaringan *hotspot* di SMK Nasional Malang. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan aplikasi *winbox* yang dapat memantau kinerja jaringan khususnya *hotspot* secara *real-time*.

2. Wawancara :

Proses pengumpulan data lainnya adalah dengan melakukan wawancara. Dengan melakukan wawancara maka penulis dapat melakukan analisa terhadap masalah yang dihadapi oleh siswa, guru, dan administrator jaringan di SMK Nasional Malang.

Hierarchical Token Bucket

Menurut Ketut (2020), Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah sebuah metode pada MikroTik yang digunakan untuk mengelola *bandwidth* menggunakan struktur hierarki. HTB berperan dalam mengatur distribusi *bandwidth* menggunakan struktur bertingkat, di mana pembagiannya dikelompokkan ke dalam beberapa kelas.

HTB mempermudah pengelolaan *bandwidth* dengan menyediakan fitur peminjaman dan pembagian trafik yang lebih presisi. Metode antrian pada HTB memungkinkan pembatasan trafik di setiap kategori, sehingga penggunaan *bandwidth* lebih terstruktur. Selain itu, jika ada *bandwidth* yang tidak digunakan, sumber daya tersebut dapat dialokasikan untuk kategori dengan prioritas lebih rendah, sehingga pemanfaatannya menjadi lebih efisien.

Double Exponential Smoothing

Dalam penelitian ini, *double exponential smoothing* digunakan untuk meramalkan penggunaan *bandwidth* karena metode ini memperhitungkan tren data historis.

Pada metode exponential smoothing ini, peramalan dilakukan secara terus menerus dengan memperbarui ramalan berdasarkan data terbaru. Proses ini dilakukan dengan cara menghaluskan nilai dari data historis melalui pengurangan eksponensial, di mana setiap data diberi bobot tertentu. Jika data yang tersedia bersifat stasioner, maka data tersebut dianggap layak untuk digunakan dalam analisis atau peramalan (Makridakis, 2009).

Dalam metode ini, parameter α yang digunakan memiliki nilai antara 0,1 dan 0,9. Semakin banyak data yang digunakan maka persentase kesalahan peramalan akan berkurang, begitu pula sebaliknya. (Cynthia Vairra Hudyanti, dkk, 2019). Pada *Double Exponential Smoothing*, data terbaru diberikan bobot lebih tinggi dibandingkan dengan data sebelumnya. (Makridakis, Wheelwright dan McGee, 2003).

Rumus untuk menghitung *Double Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut.

Menentukan Nilai *Smoothing* Pertama (S'_t)

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

Menentukan Nilai *Smoothing* Kedua (S''_t)

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

Menentukan Nilai Konstanta (a_t)

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

Menentukan Nilai *Slope* (b_t)

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

Menentukan Nilai Peramalan

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

Mean Squared Error

Menurut Suryaningrum (Suryaningrum & W, 2015), *Mean Squared Error* (MSE) adalah salah satu metode untuk menilai akurasi peramalan. Dalam pendekatan ini, kesalahan (*Error*) dihitung dengan mengkuadratkan setiap nilai kesalahan tersebut. Hal ini menyebabkan metode MSE lebih sensitif terhadap kesalahan yang besar, karena kesalahan tersebut akan memberi dampak yang lebih besar setelah dikuadratkan. MSE memberikan gambaran umum tentang tingkat kesalahan dalam peramalan, namun metode ini sering kali menghasilkan nilai kesalahan yang lebih besar, terutama jika terdapat perbedaan yang besar antara nilai yang diprediksi dan nilai yang diamati. Pada penelitian ini, MSE digunakan sebagai nilai evaluasi karena efektif dalam mengukur akurasi peramalan secara keseluruhan dengan menghitung selisih antara nilai yang diramalkan dan nilai yang sebenarnya. Jadi jika ada prediksi yang jauh meleset, MSE akan memberikan bobot lebih pada kesalahan tersebut, sehingga memungkinkan perbaikan yang lebih cepat pada peramalan di masa mendatang. Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut

$$MSE = \sum_{t=1}^n \frac{(X_t - F_t)^2}{n}$$

Dimana:

X_t : data aktual pada periode t

F_t : nilai peramalan pada periode t

n : jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Double Exponential Smoothing

Berikut merupakan data *traffic* Tx dan Rx selama kurang lebih satu bulan yang digunakan untuk melakukan perhitungan *Double Exponential Smoothing*. Data diambil secara berkala selama bulan September hingga bulan Oktober di jam 12 siang.

Tabel 1. Tabel Data *Upload* dan *Download*

Periode	Tx	Rx	Tanggal dan waktu
1	23827325	23559716	2/9/2024 12:00
2	22954514	53671719	3/9/2024 12:00
3	21567736	39107652	4/9/2024 12:00
4	26583623	88750265	5/9/2024 12:00
5	28520751	112737362	6/9/2024 12:00
6	20682182	14501064	7/9/2024 12:00
...
50	24809848	75448808	21/10/2024 12:00
51	44796536	56458816	22/10/2024 12:00
52	55382440	77469200	23/10/2024 12:00
53	62261232	87434632	24/10/2024 12:00
54	53189416	75448520	25/10/2024 12:00

Berdasarkan data pada tabel 1, berikut merupakan perhitungan manual *Double Exponential Smoothing* untuk data *Upload* atau TX dengan nilai alpha 0.1

1) Menentukan Nilai *Smoothing* Pertama

$$(S'_t) S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

a) Iterasi 1

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$S'_2 = 0.1 * 22954514 + (1 - 0.1) * 23827325$$

$$S'_2 = 23740043.9$$

b) Iterasi 2 dst

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$S'_3 = 0.1 * 21567736 + (1 - 0.1) * 23740043.9$$

$$S'_3 = 23522813.11$$

2) Menentukan Nilai *Smoothing* Kedua (S''_t)

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

a) Iterasi 1

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

$$S''_2 = 0.1 * 23740043.9 + (1 - 0.1) * 23827325$$

$$S''_2 = 23818596.89$$

b) Iterasi 2 ... dst

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

$$S''_3 = 0.1 * 23522813.11 + (1 - 0.1) * 23818596.89$$

$$S''_3 = 23789018.51$$

3) Mencari Nilai Konstanta a_t

a) Iterasi 1

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$a_2 = 2 * 23740043.9 - 23818596.89$$

$$a_2 = 23661490.91$$

b) Iterasi 2 ... dst

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$a_3 = 2 * 23522813.11 - 23789018.51$$

$$a_3 = 23256607.71$$

4) Mencari nilai *Slope* $b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$

a) Iterasi 1

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

$$b_2 = \frac{0.1}{1-0.1} (23740043.9 - 23818596.89)$$

$$b_2 = -8728.11$$

b) Iterasi 2 ... dst

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

$$b_3 = \frac{0.1}{1-0.1} (23522813.11 - 23789018.51)$$

$$b_3 = -29578.4$$

5) Mencari nilai peramalan pada periode berikutnya yaitu di tanggal 10/26/2024

$$F_{t+m} = a_t + b_t m$$

$$F_{54+1} = a_{54} + b_{54} * 1$$

$$F_{55} = 47647910.26 + 599187.1 * 1$$

$$F_{55} = 48247097.33$$

Maka nilai peramalan *bandwidth (upload)* di tanggal 26 bulan Oktober 2024 adalah 48247097.33 bytes (48 MB)

Perhitungan peramalan juga dilakukan pada variabel Rx (*download*) dengan cara yang sama, sehingga menghasilkan nilai peramalan Rx adalah 80181159.87. Untuk menentukan hasil peramalan terbaik, dilakukan perhitungan *Mean Squared Error* dari alpha 0.1 hingga 0.9. Perhitungan MSE yang terkecil lah yang dapat dijadikan acuan untuk memilih hasil peramalan terbaik. Hasil Perhitungan tersebut dapat dilihat dari tabel berikut dengan contoh alpha yaitu 0.1

Tabel 2. Hasil Perhitungan MSE Tx

t	Tx	Ft	Error	Error^2
1	23827325			
2	22954514			
3	21567736	23652762.8	-2085026.8	4.34734E+12
4	26583623	23227029.3	3356593.7	1.12667E+13
5	28520751	23868769.7	4651981.3	2.16409E+13
6	20682182	24803153.5	-4120971.5	1.69824E+13
...
50	24809848	39409929.7	-14600081.7	2.13162E+14
51	44796536	36713086.4	8083449.6	6.53422E+13
52	55382440	38406948.5	16975491.5	2.88167E+14
53	62261232	41960053.6	20301178.4	4.12138E+14
54	53189416	46348050.9	6841365.1	4.68043E+13
55		48247097.3		
			Total	8.52348E+15
			MSE	1.63913E+14

Tabel 3. Hasil Perhitungan MSE Rx

t	Rx	Ft	Error	Error ²
1	23559716			
2	53671719			
3	39107652	29582116.6	9525535.4	9.07358E+12
4	88750265	31788343.8	56961921.3	3.24466E+15
5	112737362	43577103.4	69160258.7	4.78314E+15
6	14501064	58375149.7	-43874085.7	1.92494E+15
...
50	75448808	91634604.8	-16185796.8	2.6198E+14
51	56458816	88538694.1	-32079878.1	1.02912E+15
52	77469200	82102109.3	-4632909.3	2.14638E+13
53	87434632	80834119.4	6600512.6	4.35668E+13
54	75448520	81766484.8	-6317964.8	3.99167E+13
55		80181159.9		
Total				6.97648E+16
MSE				1.54395E+15

Pada Tabel 2 dan 3 merupakan hasil peramalan *bandwidth* beserta *Mean Squared Error* dari dua variabel utama *traffic* yaitu Tx (Upload) dan Rx (Download). Setelah dihitung dari *alpha* 0.1 hingga 0.9 ditemukan bahwa hasil peramalan yang terbaik berada di *alpha* 0.1. Hal ini ditentukan berdasarkan nilai MSE terkecil yang menunjukkan tingkat kesalahan peramalan paling rendah. Berikut adalah tabel ringkasan hasil peramalan *bandwidth* berdasarkan nilai MSE terkecil.

Tabel 4. Tabel Hasil Peramalan

No	Traffic	Ft	α	MSE
1	Tx	48247097.33	0.1	1.639130691515 4E+14
2	Rx	80181159.87	0.1	1.543945630321 8E+15

Hasil peramalan ini memungkinkan admin jaringan untuk menentukan alokasi *bandwidth* yang sesuai dengan pola penggunaan aktual, sehingga mengurangi ketidakseimbangan dalam pemanfaatan *bandwidth*.

Halaman Dashboard

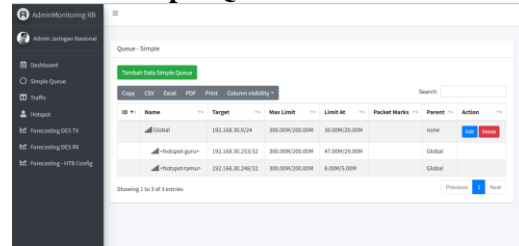


Gambar 6. Halaman Dashboard

Pada gambar 6 merupakan halaman *Dashboard*, pada halaman *dashboard* terdapat beberapa *item* untuk *monitoring*. Mulai dari *item* untuk menampilkan *active host* di *user profile*, *simple queue parent*, dan *bandwidth*

usage statistic. Pada bagian *dashboard* nanti juga akan ditambahkan grafik hasil perhitungan peramalan *Double Exponential Smoothing*.

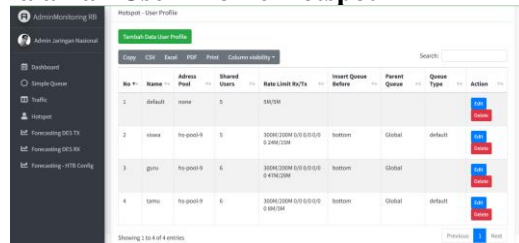
Halaman Simple Queue



Gambar 7. Halaman Simple Queue

Pada gambar 7 ada pengelolaan data *simple queue* melalui API mikrotik. Admin dapat menambahkan *parent* dan diberi *max limit* sesuai kebutuhan. Konfigurasi *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dapat dilakukan dengan membuat *parent* yang memiliki *max limit* sesuai dengan kapasitas *bandwidth* sekolah. Selain melakukan penambahan data, admin jaringan juga dapat melakukan *update* dan *delete* pada *parent* di *simple queue* tersebut.

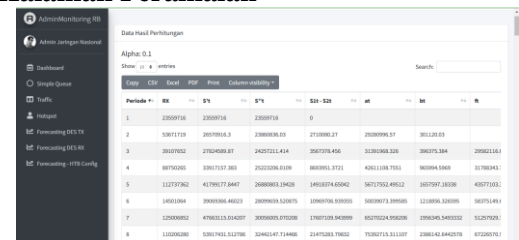
Halaman User Profile Hotspot



Gambar 8. Halaman User Profile Hotspot

Pada gambar 8 merupakan tampilan dari *User Profile Hotspot* yang menampilkan data *user profile hotspot* dari router. Data diambil melalui API dan dapat diolah oleh admin. Admin dapat melakukan tambah data *user profile* serta melakukan *update* dan *delete*.

Halaman Peramalan



Gambar 9. Halaman Peramalan Tx

Pada gambar 9 merupakan tampilan dari perhitungan *Double Exponential Smoothing* untuk data Tx dan Rx atau *upload* dan

download. Data yang telah disimpan pada database akan diambil *upload* dan *download*-nya (Tx/Rx) kemudian dihitung menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Perhitungan menggunakan alpha mulai dari 0.1 hingga 0.9 dan juga terdapat hasil peramalan terbaik menurut nilai MSE terkecil.

Halaman Update User Profile Berdasarkan Hasil Peramalan



Gambar 10. Halaman Update User Profile

Pada gambar 10 merupakan tampilan dari *update user profile* yang dimana data hasil peramalan akan dialokasikan sebesar 60 persen untuk guru, 30 persen untuk siswa, dan 10 persen untuk tamu. Setelah dihitung alokasinya, akan ada *button* untuk melakukan *update user profile* sesuai dengan yang ditentukan.

Pengujian Hierarchical Token Bucket

Skenario 1 yaitu dimana dalam satu *parent Global* terdapat 3 *user profile* yaitu guru, siswa, dan tamu kemudian 1 diantaranya melakukan tes kecepatan *download* dan juga *upload*, hasil menunjukkan bahwa ketika *traffic* tidak padat maka *user* tersebut mendapatkan kecepatan melebihi *limit at* dan dapat menyentuh *max limit* dari *parent* yang telah ditentukan. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Skenario 1

Nama Queue	Max Limit Tx/Rx	Limit At Tx/Rx	Parent	Hasil Limit (Tx/Rx)
Global	300M / 300M	-	-	278M/290M
Guru – Vivo Y20	300M / 300M	50M/50M	Global	265M/288M
Guru – Realme 10	300M / 300M	50M/50M	Global	25M/32M
Siswa – Desktop	300M / 300M	30M/30M	Global	14M/17M
Guru – Galaxy	300M / 300M	50M/50M	Global	22M/35M

J2				
Siswa – Redmi 9	300M / 300M	30M/30M	Global	13M/18M
Siswa – Infinix Hot 10	300M / 300M	30M/30M	Global	10M/16M
Tamu – Redmi 8	300M / 300M	20M/20M	Global	9M/12M

Skenario 2 dimana 3 *user profile* dalam satu *parent Global* melakukan tes kecepatan *download* dan *upload* dalam waktu bersamaan. Hasil menunjukkan bahwa dalam keadaan *traffic* padat setiap *user profile* memiliki kecepatan *download* dan *upload* sesuai atau mendekati *limit at* yang diberikan. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Skenario 2

Nama Queue	Max Limit Tx/Rx	Limit At Tx/Rx	Parent	Hasil Limit (Tx/Rx)
Global	300M / 300M	-	-	285M / 298M
Guru – Vivo Y20	300M / 300M	50M/50M	Global	44.5M / 48.53M
Guru – Realme 10	300M / 300M	50M/50M	Global	45.3M / 46.5M
Siswa – Desktop	300M / 300M	30M/30M	Global	24.5M / 25.8M
Guru – Galaxy J2	300M / 300M	50M/50M	Global	32.3M / 34.7M
Siswa – Redmi 9	300M / 300M	30M/30M	Global	22.5M / 25M
Siswa – Infinix Hot 10	300M / 300M	30M/30M	Global	22.7M / 23M
Tamu – Redmi 8	300M / 300M	20M/20M	Global	16.7M / 17.5M

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) serta *Double Exponential Smoothing* (DES) pada pengelolaan jaringan *hotspot* di SMK Nasional Malang, penelitian ini menunjukkan hasil yang sesuai dengan harapan. Penerapan HTB dalam sistem memungkinkan administrator jaringan untuk mengelola *bandwidth* secara lebih efektif, dengan pembagian yang terstruktur menggunakan hierarki sesuai dengan kebutuhan pengguna, seperti guru, siswa, dan tamu. HTB juga mendistribusikan *bandwidth*

yang tidak terpakai kepada pengguna lain yang lebih membutuhkan. Hal ini memungkinkan *bandwidth* dimanfaatkan secara optimal, mengurangi risiko pemborosan, serta menjaga stabilitas performa jaringan, terutama saat terjadi lonjakan penggunaan.

Di sisi lain, metode DES memberikan prediksi kebutuhan *bandwidth* yang akurat, yang membantu administrator jaringan dalam mengambil keputusan yang tepat untuk menghindari kelebihan atau kekurangan alokasi *bandwidth*, terutama pada periode dengan jumlah pengguna yang tinggi. Selain itu, hasil perhitungan manual menggunakan metode DES dibandingkan dengan hasil yang diperoleh sistem menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat baik. Kombinasi kedua metode ini mendukung stabilitas dan kinerja jaringan sekolah, sehingga dapat menunjang proses pembelajaran dan aktivitas administratif secara optimal.

REFERENSI

- R. Pratama, J. Dedy Irawan, and M. Orisa. (2022). Analisis Quality of Service Sistem Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Laboratorium Teknik Informatika Itn Malang. *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform)*, 6(1), 196–204. Retrieved from <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/4557>.
- N. Ade Pratama, J. Dedy Irawan, and F. Xaverius Ariwibisono, (2023) Rancang Bangun Aplikasi Firewall Pada Jaringan Komputer. *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform)*, 6(2), 1147–1152. Retrieved from <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/5386>.
- D. S. Pradana, M. Orisa, and F. X. Ariwibisono, (2024). Implementasi Dynamic Quality Of Service (Qos) Hotspot Login Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb). *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform)*, 8 (2), 1254–1262. Retrieved from <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/9088>
- J. N. A. Aziza. (2022). Perbandingan Metode Moving Average, Single Exponential Smoothing, dan Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Permintaan Tabung Gas LPG PT Petrogas Prima Services , *JTMIT*, 1(1), 35–41. Retrieved from <https://jurnal-tmit.com/index.php/home/article/view/8>
- Sariaman Manullang, & Abil Mansyur. (2023). Peramalan Penjualan Beras Di Perum Bulog Sub Divre Medan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 26–36. Retrieved from <https://prin.or.id/index.php/JURRIMIPA/article/view/618>
- Zaidan, GA, & Rizaldy, MID. (2024). Peramalan Penjualan Beras Di Toko Barokah Rice Cileungsi Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 2(7) Retrieved from <http://j-economics.my.id/index.php/home/article/view/161>
- Sari, ZA, & Andarwati, M. 2024. Peramalan Double Moving Average Dan Double Exponential Smoothing Jumlah Penumpang Di Stasiun Kotabaru Malang, *Journal of Information Systems Management and Digital Business*, 1(2), Retrieved from <https://journal.ppmi.web.id/index.php/jismdb/article/view/436>.
- Razi, Z. ., Mirunnisa, M., Maryanti , M. ., & Nurhayati, N. (2024). Peramalan Nilai Tukar Petani Provinsi Aceh: Ditinjau Dengan Metode Double Exponential Smoothing Dan Holt Winter. *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 5(2), 974-982. Retrieved from <https://www.lebesgue.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/view/703>
- Ena, M., Adrianingsih, N. Y. ., & Malese, M. A. (2024). Penerapan Double Exponential Smoothing Untuk Memprediksi Jumlah Penerimaan Mahasiswa Baru. *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 5(2), 1005-1012. Retrieved from <https://www.lebesgue.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/view/632>
- T. Rahman, B. Ibrahim, H. Nurdin, and M. Qomaruddin. (2023). Hierarchical Token Bucket (Htb) Pada Quality Of Service Pt.

- Eka Bogainti, *rabit*, 8(1), 82-91. Retrieved from <https://jurnal.univrab.ac.id/index.php/rabit/article/view/2963>
- Siswanto, B., Fuad, A., Ahmad, S., & Rosihan. (2023). Analisis Manajemen Bandwidth Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Penggunaan Video Conference Dan Sosial Media. *Jurnal Jaringan Dan Teknologi Informasi*, 2(2), 16–24. Retrieved from <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/jati/article/view/113>
- Nafa Nandi. (2024). Optimization Of Bandwidth Management With Simple Queue Limitation Using Mikrotik Devices In Sukarajakulon Village. *Seminar Teknologi Majalengka (STIMA)*, 8, 224-232. Retrieved from <https://prosiding.unma.ac.id/index.php/stima/article/view/1169>
- Prayoga, Sandi. (2023). Analisa Manajemen Bandwidth Simple Queue Dan Queue Tree. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi (JMApTeKsi)*, 3(3), 95-101. ISSN 2685-6565. Retrieved from <https://ejournal.pelitaindonesia.ac.id/ojs32/index.php/jmapteksi/article/view/3343>
- Jayanto, R. D. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Jaringan Menggunakan Mikrotik Router OS. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3(1). Retrieved from <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/1408>
- J. A. Tampubolon, S. Suhada, M. Safii, P. Poningsih, and B. Efendi. (2022). Optimasi Bandwidth Menggunakan Metode Peer Connection pada Dinas Lingkungan Hidup Pematangsiantar. *IKOMTI*, 2(2), 27–32. Retrieved from <https://ejournal.uhb.ac.id/index.php/IKOMTI/article/view/705>