

Fast Ethernet Interface Capacity Evaluation Based on Actual Contention Ratio

Ahmad Ripai¹, Lifyana Nailah Azzahra^{2*}

* Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung
ahmadripai.no3@gmail.com¹, lifyana.na@gmail.com²

Article Info

Article history:

Received 2026-07-25

Revised 2026-09-11

Accepted 2026-10-15

Keyword:

Bandwidth Overbooking,
Contention Ratio,
Fast Ethernet,
MikroTik,
Network Capacity Evaluation.

ABSTRACT

Bandwidth overbooking is widely adopted by Internet Service Providers (ISPs) to improve bandwidth utilization efficiency. However, excessive overbooking may increase the risk of interface saturation and degrade network performance. This study evaluates the capacity of a Fast Ethernet interface by analyzing the actual contention ratio in a MikroTik-based network. A quantitative observational approach was employed through passive traffic monitoring using the RouterOS Graphing feature over a continuous 14-day observation period during peak hours (19:00–23:00 WIB). The observed network consisted of 67 active clients with a Total Allocated Bandwidth (TAB) of 460 Mbps distributed over a 100 Mbps Fast Ethernet interface. The highest outbound traffic recorded during the observation period was 76.26 Mbps, resulting in an actual contention ratio of approximately 1:6. The results indicate that the actual contention ratio of 1:6 does not lead to interface saturation, with utilization reaching 76.26% of the available interface capacity and a remaining headroom of 23.74 Mbps. These findings demonstrate that the current bandwidth allocation strategy remains feasible strictly from an interface capacity standpoint, based on interface headroom availability. Nevertheless, because this feasibility has not been validated against Quality of Service (QoS) metrics (e.g., latency, jitter, packet loss), upgrading the distribution infrastructure to Gigabit Ethernet is recommended to enhance network scalability and mitigate future interface saturation.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan akses internet yang cepat, stabil, dan berkapasitas tinggi terus mengalami peningkatan seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi [1], [2]. Internet tidak lagi hanya dimanfaatkan sebagai media komunikasi, tetapi juga telah menjadi infrastruktur utama yang mendukung berbagai aktivitas, seperti pendidikan, pemerintahan, perdagangan elektronik, layanan keuangan digital, hingga hiburan. Kondisi tersebut mendorong penyedia layanan internet (*Internet Service Provider* (ISP)) untuk menyediakan layanan yang mampu memenuhi kebutuhan pelanggan dengan tetap mempertimbangkan efisiensi penggunaan sumber daya jaringan [1]. Pada jaringan berskala *Small Office/Home Office* (SOHO) maupun RTRWNet, tantangan utama yang dihadapi adalah bagaimana mendistribusikan bandwidth secara

optimal agar kualitas layanan (QoS) tetap terjaga meskipun kapasitas fisik infrastruktur memiliki keterbatasan [3].

Salah satu pendekatan yang umum diterapkan oleh ISP untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan *bandwidth* adalah mekanisme *bandwidth overbooking* atau *contention ratio* [2]. Konsep ini memungkinkan penyedia layanan mengalokasikan total *bandwidth* kepada pelanggan melebihi kapasitas fisik jalur utama dengan asumsi bahwa seluruh pengguna tidak akan menggunakan *bandwidth* maksimum secara bersamaan [2]. Pendekatan tersebut telah lama digunakan dalam industri telekomunikasi karena dinilai mampu meningkatkan tingkat utilisasi jaringan tanpa harus menyediakan kapasitas khusus (*dedicated bandwidth*) untuk setiap pelanggan [2]. Namun demikian, penerapan *bandwidth overbooking* harus dilakukan secara terukur karena rasio alokasi yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya *congestion*, *packet loss*, peningkatan latensi, hingga penurunan kualitas layanan

apabila kapasitas antarmuka jaringan telah mencapai titik jenuh [3].

Pada studi kasus ini, jaringan memperoleh layanan *Dedicated Internet Access* (DIA) berkapasitas 100 Mbps yang didistribusikan melalui *Router Gateway* menuju *Main Switch* dengan antarmuka *Fast Ethernet* berkapasitas maksimum 100 Mbps. Infrastruktur tersebut melayani dua segmen layanan, yaitu 11 klien pada jaringan PPPoE dan rata-rata 56 pengguna aktif harian pada segmen *Hotspot*. Berdasarkan konfigurasi manajemen bandwidth yang diterapkan, total *Allocated Bandwidth* yang diberikan kepada seluruh pengguna mencapai 460 Mbps. Nilai tersebut secara teoretis mencapai 4,6 kali kapasitas fisik antarmuka distribusi (100 Mbps). Namun, perlu ditekankan bahwa perbandingan 4,6:1 ini hanyalah rasio *overbooking* berdasarkan desain perangkat keras, bukan *contention ratio* operasional. Kondisi tersebut belum tentu menunjukkan bahwa jaringan mengalami kelebihan beban karena mekanisme *bandwidth overbooking* bergantung pada pola penggunaan bandwidth pelanggan. Untuk mendapatkan *contention ratio* aktual, TAB sebesar 460 Mbps tersebut harus dibandingkan dengan lalu lintas puncak aktual, bukan dengan kapasitas fisik antarmuka. Oleh sebab itu, diperlukan evaluasi terhadap kondisi operasional jaringan untuk mengetahui apakah kapasitas antarmuka masih mampu mengakomodasi beban lalu lintas aktual.

Evaluasi kapasitas jaringan tidak cukup dilakukan hanya berdasarkan spesifikasi perangkat keras atau kapasitas bandwidth yang dialokasikan kepada pengguna [4]. Kondisi lalu lintas jaringan bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh jumlah pengguna aktif, pola penggunaan layanan, waktu akses, serta karakteristik aplikasi yang digunakan [4], [5]. Pada periode *peak hours*, peningkatan aktivitas pengguna dapat menyebabkan utilisasi antarmuka meningkat secara signifikan sehingga berpotensi menimbulkan *bottleneck* apabila kapasitas fisik tidak lagi mampu menampung beban trafik [5]. Oleh karena itu, pengukuran utilisasi jaringan berdasarkan data operasional aktual menjadi aspek penting dalam perencanaan kapasitas (*capacity planning*) agar pengelola jaringan dapat menentukan waktu yang tepat untuk melakukan peningkatan infrastruktur.

Berbagai penelitian mengenai manajemen bandwidth pada jaringan berbasis MikroTik memang telah banyak dilakukan. Namun, kajian-kajian tersebut umumnya hanya berfokus pada perbandingan implementasi metode antrean (*queueing* seperti HTB atau PCQ), atau evaluasi parameter QoS sesaat seperti *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* melalui metode pengujian jangka pendek (insidental) [1], [3], [5], [6]. Terkait kapasitas antarmuka, beberapa penelitian terdahulu umumnya memperlakukan *contention ratio* dan utilisasi bandwidth sebagai variabel desain yang bersifat statis, yaitu semata-mata membandingkan total konfigurasi *rate-limit* pengguna secara teoretis terhadap spesifikasi fisik perangkat keras [2], [4]. Pendekatan teoretis dan pengujian QoS jangka pendek tersebut belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasional sebenarnya karena gagal menangkap pola

fluktuasi *burst traffic* pengguna yang berubah secara dinamis dari hari ke hari [5].

Berdasarkan telaah literatur tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang signifikan mengenai bagaimana *contention ratio* dievaluasi secara dinamis pasca-implementasi. Sebagian besar penelitian masih mengandalkan asumsi matematis awal saat melakukan *bandwidth overbooking* [2], [4], tanpa melakukan validasi apakah limitasi teoretis tersebut memicu saturasi nyata di lapangan. Akibatnya, informasi mengenai korelasi aktual antara tingginya rasio *overbooking* teoretis dengan pemanfaatan ruang kosong antarmuka (*headroom*) belum dapat dijelaskan secara komprehensif berlandaskan data operasional historis [6].

Untuk memperjelas posisi penelitian ini terhadap literatur sebelumnya, Tabel I menyajikan perbandingan eksplisit pada empat dimensi: metode pengukuran, perlakuan *contention ratio*, karakteristik jaringan yang diuji, dan pendekatan evaluasi kapasitas.

TABEL I
PERBANDINGAN POSISI PENELITIAN INI TERHADAP PENELITIAN TERDAHULU

Aspek Pembeding	Penelitian Terdahulu	Penelitian Ini
Metode pengukuran	Pengujian QoS sesaat/insidental (<i>throughput</i> , <i>delay</i> , <i>jitter</i> , <i>packet loss</i>) [1], [3], [5], [6]	<i>Continuous passive monitoring</i> 14 hari berturut-turut via RouterOS Graphing pada <i>peak hours</i>
Perlakuan <i>contention ratio</i>	Variabel desain statis: rasio <i>rate-limit</i> teoretis vs kapasitas fisik perangkat [2], [4]	Dihitung dinamis: $TAB \div Max\ Out$ aktual hasil observasi lapangan
Karakteristik jaringan yang diuji	Umumnya fokus perbandingan metode antrean (HTB vs PCQ) tanpa validasi trafik jangka panjang [9]-[13]	Jaringan SOHO nyata, 67 pengguna campuran PPPoE+Hotspot, TAB 460 Mbps pada interface 100 Mbps
Pendekatan evaluasi kapasitas	Perbandingan kapasitas fisik vs alokasi bandwidth teoretis (<i>single-point comparison</i>)	Analisis statistik deskriptif (mean, CI 95%, P95/P99, Peak-to-Average Ratio) + simulasi sensitivitas pertumbuhan trafik dengan breakeven point kuantitatif

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini adalah mengubah paradigma evaluasi *contention ratio* dari sekadar metrik perencanaan awal yang statis, menjadi alat evaluasi performa pasca-implementasi yang didasarkan pada rekam jejak utilisasi empiris. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengandalkan pengujian QoS sesaat, penelitian ini

mengevaluasi kapasitas antarmuka *Fast Ethernet* melalui metode *continuous passive monitoring* menggunakan log metrik dari fitur *Graphing RouterOS* selama 14 hari berturut-turut pada periode beban puncak (*peak hours*). Dengan mengekstraksi nilai *Maximum Out* historis, penelitian ini membuktikan secara kuantitatif apakah rasio desain alokasi teoretis yang sangat ekstrem hingga melebihi batas fisik antarmuka, berdampak pada terjadinya *bottleneck* secara aktual. Pendekatan pasif ini memungkinkan perhitungan batas kapasitas (*headroom*) secara presisi tinggi tanpa memberikan beban buatan (*stress-testing*) yang mengganggu operasional jaringan [7], [8].

Kontribusi utama penelitian ini adalah: (1) merumuskan metode evaluasi contention ratio aktual berbasis data trafik operasional riil (bukan asumsi teoretis rate-limit), melalui Persamaan $CR = TAB/Max\ Out$; (2) menyediakan kerangka validasi statistik (mean, CI 95%, P95/P99, Peak-to-Average Ratio) untuk membedakan *burst traffic* sesaat dari beban puncak tipikal, sehingga keputusan *capacity planning* tidak salah diambil berdasarkan outlier; (3) memberikan metode simulasi sensitivitas pertumbuhan trafik yang menghasilkan titik ambang saturasi kuantitatif (*breakeven point*) sebagai dasar objektif kapan infrastruktur perlu ditingkatkan ke Gigabit Ethernet; dan (4) menyajikan studi kasus empiris pada jaringan SOHO nyata (67 klien, TAB 460 Mbps pada antarmuka 100 Mbps) yang menghasilkan nilai contention ratio aktual terverifikasi (1:6), berbeda dari penelitian-penelitian terdahulu [2], [4] yang masih memperlakukan rasio ini sebagai variabel desain statis.

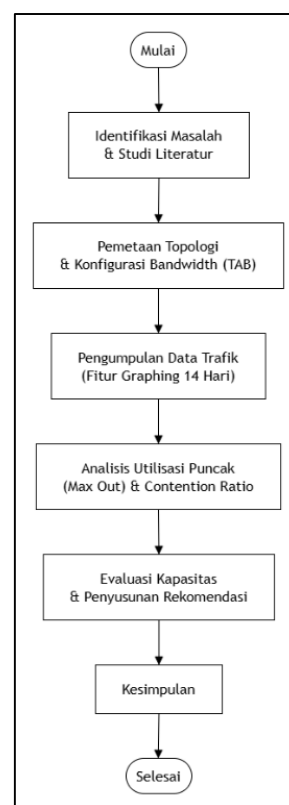
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kapasitas antarmuka *Fast Ethernet* melalui analisis *contention ratio* aktual pada jaringan berbasis MikroTik. Pengumpulan data dilakukan secara observasional pasif menggunakan fitur *Graphing RouterOS* selama 14 hari berturut-turut dengan fokus pada periode *peak hours* pukul 19.00-23.00 WIB. Parameter yang dianalisis meliputi *Total Allocated Bandwidth* (TAB), *Maximum Out* (*Max Out*), dan *Average Out* untuk mengukur tingkat utilisasi antarmuka serta mengevaluasi kelayakan implementasi *bandwidth overbooking* pada infrastruktur yang digunakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode evaluasi kapasitas jaringan berbasis data empiris serta menjadi dasar dalam *capacity planning*, penentuan batas penambahan pelanggan, dan pengambilan keputusan terkait peningkatan infrastruktur menuju *Gigabit Ethernet* apabila kapasitas antarmuka telah mendekati batas operasionalnya.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan observasional pasif (*passive monitoring*) untuk mengevaluasi kapasitas antarmuka *Fast Ethernet* berdasarkan kondisi lalu lintas jaringan yang sebenarnya [7], [8]. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan proses pengumpulan data dilakukan tanpa memberikan beban tambahan (*stress testing*) maupun melakukan perubahan

konfigurasi pada jaringan yang sedang beroperasi [7]. Dengan demikian, data yang diperoleh merepresentasikan kondisi operasional jaringan secara nyata sehingga hasil evaluasi kapasitas dapat menggambarkan tingkat utilisasi antarmuka pada kondisi layanan normal [8].

Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan pada implementasi *bandwidth overbooking* pada jaringan berbasis MikroTik [1], [9]. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data melalui observasi konfigurasi manajemen *bandwidth* dan pemantauan trafik jaringan menggunakan fitur *Graphing* pada RouterOS [7], [10]. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menghitung *Total Allocated Bandwidth* (TAB), menentukan nilai contention ratio, mengevaluasi tingkat utilisasi antarmuka *Fast Ethernet*, serta menghitung kapasitas tersisa (*headroom*) [1], [2]. Tahapan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

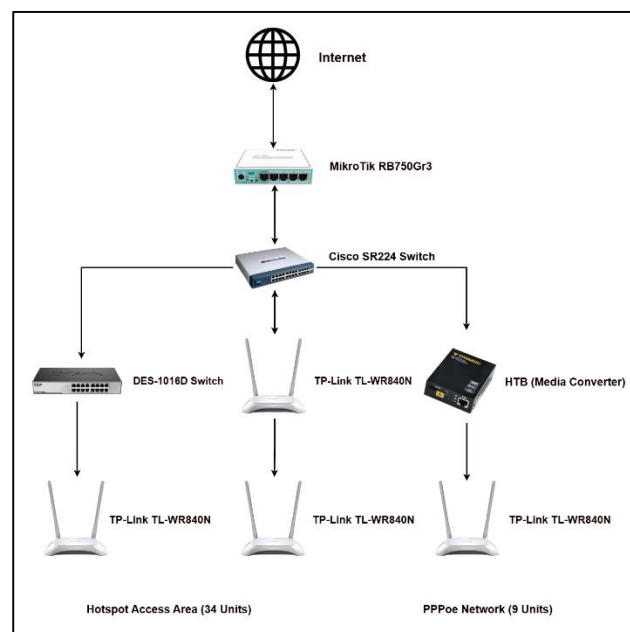
Objek penelitian merupakan infrastruktur jaringan berbasis MikroTik dengan arsitektur *Extended Star Topology* pada lingkungan *Small Office/Home Office* (SOHO). Jaringan memperoleh layanan *Dedicated Internet Access* (DIA) berkapasitas 100 Mbps yang didistribusikan melalui Router Gateway MikroTik RB750Gr3 menuju *Main Switch* Cisco SR224 menggunakan antarmuka *Fast Ethernet* berkapasitas maksimum 100 Mbps. Infrastruktur tersebut melayani dua segmen layanan dengan total 67 pengguna. Jumlah 67 pengguna ini terdiri atas 11 klien PPPoE yang seluruhnya berstatus aktif (karena memerlukan autentikasi *login*

eksplisit), serta rata-rata 56 pengguna aktif harian pada segmen Hotspot. Angka 56 pengguna pada segmen Hotspot ini ditetapkan berdasarkan data administratif dan profil operasional rutin pengelola jaringan. Karena sifat pengguna Hotspot yang dinamis dan fluktuatif, angka rata-rata operasional ini digunakan sebagai garis dasar (*baseline*) konservatif untuk menghitung asumsi beban Total Allocated Bandwidth (TAB) jaringan. Dengan menetapkan *baseline* ini, evaluasi rasio kapasitas dapat dilakukan secara terukur terhadap beban trafik aktual (*Maximum Out*) tanpa harus melakukan pelacakan sesi *login* pengguna secara *real-time*. Fokus pengamatan dilakukan pada antarmuka penghubung antara Router Gateway dan *Main Switch* karena seluruh lalu lintas jaringan melewati jalur tersebut sebelum didistribusikan kepada pengguna.

Perlu ditekankan bahwa status "aktif" pada penelitian ini merujuk pada status administratif akun, bukan status penggunaan bandwidth secara *real-time*. Pada segmen PPPoE, seluruh 11 klien tercatat berstatus aktif karena mekanisme PPPoE mensyaratkan autentikasi *login* eksplisit, sehingga status koneksinya dapat diverifikasi melalui *Active Connections* pada RouterOS. Namun, status aktif ini hanya menunjukkan bahwa klien memiliki sesi terautentikasi dan berhak menggunakan alokasi bandwidth sesuai profil *rate-limit*-nya, bukan indikasi bahwa klien sedang mentransmisikan data pada waktu tertentu. Pada segmen Hotspot, angka 56 pengguna merupakan rata-rata jumlah sesi aktif harian berdasarkan data administratif, mengingat sifat penggunaan Hotspot yang dinamis dan tidak selalu memerlukan pelacakan sesi secara *real-time* untuk tujuan penelitian ini. Ketidakpastian mengenai kondisi transmisi data instan per klien tidak memengaruhi validitas perhitungan *contention ratio* pada penelitian ini, karena nilai *Maximum Out* yang digunakan sebagai basis perhitungan merupakan hasil pengukuran agregat beban aktual pada interface distribusi, terlepas dari jumlah klien yang secara bersamaan benar-benar mentransmisikan data pada momen tersebut.

Arsitektur jaringan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Topologi tersebut menggambarkan hubungan antara sumber layanan internet, Router Gateway, *Main Switch*, serta distribusi layanan menuju segmen PPPoE dan Hotspot. Selain itu, gambar tersebut menunjukkan posisi antarmuka *Fast Ethernet* yang menjadi objek utama evaluasi kapasitas pada penelitian ini.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan fitur Graphing pada RouterOS selama 14 hari berturut-turut dengan fokus pengamatan pada periode *peak hours* pukul 19.00-23.00 WIB [7], [10]. Periode tersebut dipilih karena merupakan waktu dengan aktivitas pengguna tertinggi sehingga mampu merepresentasikan kondisi beban maksimum jaringan [8].



Gambar 2. Topologi Jaringan Penelitian Berbasis MikroTik (angka dalam tanda kurung menunjukkan jumlah access point per segmen)

Pemilihan durasi observasi selama 14 hari didasarkan pada prinsip *baseline* dalam praktik *network capacity planning*, yang merekomendasikan periode pengamatan minimal mencakup dua siklus mingguan penuh (*two full weekly business cycles*) agar pola trafik harian maupun mingguan—termasuk perbedaan karakteristik antara hari kerja dan akhir pekan, dapat terekam secara representatif [16]. Durasi tujuh hari umumnya dianggap sebagai batas minimum untuk menangkap tren kinerja jaringan, sedangkan periode 14 hari memberikan redundansi satu siklus mingguan tambahan untuk memvalidasi konsistensi pola yang teramati [16]. Hal ini terkonfirmasi pada penelitian ini melalui kemiripan nilai *Maximum Out* yang berulang pada hari-hari berdekatan (dibahas lebih lanjut pada Bagian III.B), yang mengindikasikan bahwa pola trafik telah mencapai kestabilan (*saturation of observed pattern*) dalam rentang waktu tersebut. Dengan demikian, durasi 14 hari dinilai cukup representatif untuk mengevaluasi kondisi *peak hours* tanpa memerlukan periode observasi yang berkepanjangan yang berisiko memasukkan variasi musiman (*seasonal variation*) di luar cakupan penelitian ini.

Penelitian ini secara sengaja membatasi ruang lingkup pengamatan pada periode *peak hours* karena tujuan utama evaluasi adalah menilai risiko saturasi pada kondisi beban tertinggi. Perbandingan dengan periode non-peak tidak dilakukan karena pola trafik non-peak secara inheren berada di bawah kondisi puncak sehingga tidak berkontribusi terhadap evaluasi risiko saturasi antarmuka. Data trafik dikumpulkan menggunakan tampilan Daily Graph pada fitur Graphing RouterOS, yang secara bawaan (default) merekam nilai rata-rata setiap 5 menit. Resolusi ini dipilih karena representatif untuk periode observasi 14 hari sekaligus tersedia langsung dari perangkat tanpa memerlukan

konfigurasi tambahan. Selain itu, analisis penelitian ini difokuskan secara eksklusif pada trafik *outbound* karena antarmuka distribusi yang dievaluasi berperan sebagai jalur utama penyaluran bandwidth kepada pelanggan. Dengan demikian, nilai Maximum Out dan Average Out merepresentasikan beban yang paling relevan terhadap kondisi contention ratio dan risiko saturasi pada sisi distribusi. Evaluasi trafik *inbound* dari sisi *upstream* ISP berada di luar cakupan penelitian ini dan dapat menjadi topik penelitian lanjutan. Selain observasi trafik, dilakukan inventarisasi konfigurasi profil pengguna pada layanan PPPoE dan Hotspot untuk menghitung Total Allocated Bandwidth (TAB) berdasarkan konfigurasi rate-limit yang diterapkan pada setiap profil pengguna [1].

Analisis data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama menghitung Total Allocated Bandwidth (TAB) melalui akumulasi nilai *rate-limit* seluruh profil pengguna pada layanan PPPoE dan Hotspot [1]. Tahap kedua menghitung nilai contention ratio dengan membandingkan TAB terhadap nilai *Maximum Out* tertinggi yang diperoleh selama periode observasi [2]. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk mengevaluasi tingkat utilisasi antarmuka *Fast Ethernet*, menentukan kapasitas tersisa (*headroom*), serta menilai kebutuhan peningkatan infrastruktur menuju Gigabit Ethernet sebagai bagian dari *capacity planning* [2], [11]. Selanjutnya, hasil analisis dibandingkan dengan kondisi operasional jaringan untuk menentukan apakah implementasi *bandwidth overbooking* masih berada dalam batas operasional yang aman.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil observasi terhadap utilisasi trafik jaringan serta pembahasan mengenai kapasitas antarmuka *Fast Ethernet* berdasarkan analisis contention ratio [2], [4]. Pembahasan diawali dengan penyajian konfigurasi manajemen *bandwidth* sebagai dasar perhitungan Total Allocated Bandwidth (TAB), kemudian dilanjutkan dengan analisis utilisasi trafik aktual, perhitungan contention ratio, serta evaluasi kapasitas jaringan berdasarkan hasil observasi selama 14 hari [1], [2].

A. Konfigurasi Manajemen Bandwidth

Konfigurasi manajemen bandwidth dilakukan pada Router Gateway MikroTik untuk mengatur alokasi bandwidth bagi pengguna layanan PPPoE dan Hotspot [5], [11]. Pengaturan tersebut dilakukan melalui konfigurasi rate-limit pada setiap profil pengguna sehingga setiap layanan memperoleh alokasi bandwidth sesuai kebutuhan operasional jaringan [5], [12]. Mekanisme ini diterapkan untuk menjaga pemerataan distribusi bandwidth sekaligus mendukung implementasi *bandwidth overbooking* pada jaringan penelitian [2], [11].

Berdasarkan konfigurasi yang diterapkan, jaringan melayani 11 klien PPPoE dan rata-rata 56 pengguna aktif pada segmen Hotspot. Setiap profil layanan memiliki nilai rate-limit yang berbeda sesuai karakteristik pengguna [11], [12]. Akumulasi seluruh konfigurasi tersebut menghasilkan

Total Allocated Bandwidth (TAB) sebesar 460 Mbps, sedangkan kapasitas fisik antarmuka distribusi hanya sebesar 100 Mbps. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jaringan menerapkan mekanisme *bandwidth overbooking* dengan total alokasi bandwidth yang melebihi kapasitas fisik antarmuka [2], [13].

Konfigurasi profil manajemen bandwidth pada Router Gateway MikroTik ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut memperlihatkan konfigurasi rate-limit yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan Total Allocated Bandwidth (TAB) pada penelitian ini [5], [11].

Name	Local Address	Remote Address	Bridge	Rate Lim...	Only One
30_MB	172.16.3.1	30_mb		30M/30M ...	default
20_M	172.16.2.1	20_Mb		20M/20M ...	default
10_Mb	172.16.1.1	10_Mb		10M/10M ...	no

Name	Session Timeo...	Idle Timeout	Shared U...	Rate Limit (rx/b)
1_Hari_Monitoring		none	1	20M/5M 0/0 0/0 5 1500K/1500K
6_Hari_Monitoring		none	1	20M/5M 0/0 0/0 5 1500K/1500K
7_Hari_Monitoring		none	1	20M/5M 0/0 0/0 5 1500K/1500K
28_Hari_Monitoring		none	1	20M/5M 0/0 0/0 5 1500K/1500K
30_Hari_Monitoring		none	1	20M/5M 0/0 0/0 5 1500K/1500K

Gambar 3. Konfigurasi Profil Rate-Limit (a) Segmen PPPoE dan (b) Segmen Hotspot pada RouterOS

Rekapitulasi alokasi bandwidth pada setiap segmen layanan disajikan pada Tabel II. Nilai TAB diperoleh dari akumulasi.

TABEL II
RINCIAN TOTAL ALLOCATED BANDWIDTH

Segmen Layanan	Jumlah Pengguna	Total Bandwidth
PPPoE	11	180 Mbps
Hotspot	56	280 Mbps
Total Allocated Bandwidth (TAB)	67	460 Mbps

Hasil konfigurasi menunjukkan bahwa Total Allocated Bandwidth (TAB) mencapai 460 Mbps atau sekitar 4,6 kali lebih besar dibandingkan kapasitas fisik antarmuka *Fast Ethernet* sebesar 100 Mbps. Perbedaan antara rasio teoretis ini (460 berbanding 100) dan *contention ratio* aktual sering kali menimbulkan kerancuan dalam evaluasi kapasitas. Kondisi tersebut tidak serta-merta menunjukkan terjadinya kelebihan beban (*overload*), karena pada mekanisme *bandwidth overbooking* diasumsikan bahwa seluruh pengguna tidak menggunakan bandwidth maksimum secara bersamaan [2], [14]. Oleh karena itu, penentuan *contention ratio* yang sebenarnya tidak didasarkan pada kapasitas fisik antarmuka, melainkan diperoleh dari pembagian antara nilai TAB (460 Mbps) dengan beban utilisasi aktual tertinggi di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap utilisasi trafik aktual untuk mengevaluasi apakah kapasitas antarmuka masih

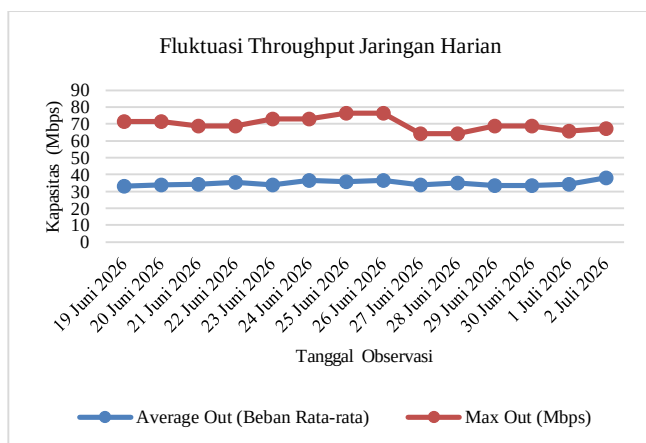
mampu mengakomodasi beban jaringan pada kondisi operasional [1], [15].

Secara umum, hasil konfigurasi menunjukkan bahwa penerapan *bandwidth overbooking* pada jaringan penelitian masih berada pada tahap perencanaan kapasitas (*capacity planning*), yaitu menyediakan alokasi bandwidth yang lebih besar daripada kapasitas fisik dengan mempertimbangkan karakteristik penggunaan pelanggan [2], [4]. Namun, efektivitas strategi tersebut tidak dapat dinilai hanya berdasarkan nilai TAB, melainkan harus divalidasi menggunakan hasil pemantauan trafik aktual [1], [7]. Oleh karena itu, analisis utilisasi trafik pada periode *peak hours* menjadi tahapan penting untuk menentukan apakah implementasi *bandwidth overbooking* masih berada dalam batas operasional yang aman [8], [15].

B. Analisis Utilisasi Trafik

Analisis utilisasi trafik dilakukan berdasarkan hasil pemantauan menggunakan fitur Graphing pada RouterOS MikroTik selama 14 hari berturut-turut [3], [10]. Pengamatan difokuskan pada periode *peak hours*, yaitu pukul 19.00–23.00 WIB, karena pada rentang waktu tersebut aktivitas pengguna berada pada tingkat tertinggi sehingga mampu merepresentasikan kondisi beban maksimum jaringan [8], [15]. Parameter yang diamati meliputi Maximum In, Maximum Out, Average In, dan Average Out untuk menggambarkan tingkat pemanfaatan kapasitas antarmuka distribusi selama periode observasi [3], [9].

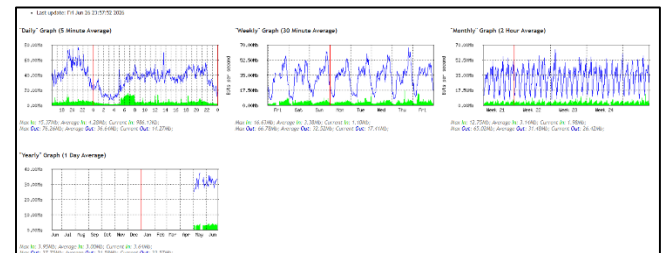
Hasil pemantauan trafik pada antarmuka distribusi utama yang menghubungkan Router Gateway dengan *Main Switch* ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik tersebut merupakan hasil pemantauan menggunakan fitur Graphing RouterOS yang merekam kondisi lalu lintas jaringan secara berkelanjutan selama periode penelitian [3], [10]. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk menentukan nilai utilisasi maksimum (Maximum Out) sebagai representasi beban trafik tertinggi yang terjadi pada jaringan [1], [15].



Gambar 4. Fluktuasi Throughput Jaringan Harian Berdasarkan Data Hasil Pemantauan Menggunakan Fitur Graphing RouterOS

Berdasarkan Gambar 4, nilai Maximum Out mengalami fluktuasi selama periode pengamatan dengan puncak utilisasi sebesar 76,26 Mbps, sedangkan nilai Average Out relatif stabil pada kisaran 30–35 Mbps, jauh di bawah nilai puncak tersebut, yang menunjukkan bahwa rata-rata penggunaan bandwidth harian masih berada jauh di bawah kapasitas maksimum antarmuka *Fast Ethernet* [1], [4]. Hal ini juga menunjukkan bahwa peningkatan lalu lintas jaringan hanya terjadi pada waktu-waktu tertentu dan tidak berlangsung secara terus-menerus, sehingga kondisi beban puncak (*peak traffic*) hanya terjadi sesaat ketika aktivitas pengguna meningkat [7], [8], [10], [15]. Pola tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas pengguna bersifat dinamis dan tidak seluruh pelanggan menggunakan bandwidth maksimum pada waktu yang sama [2], [14].

Sebagai bukti pendukung validitas sumber data, Gambar 5 menampilkan tangkapan layar langsung dari antarmuka Graphing RouterOS yang mencakup empat skala waktu (Daily, Weekly, Monthly, dan Yearly Graph), menegaskan bahwa nilai Maximum Out dan Average Out yang dianalisis diperoleh langsung dari fitur monitoring bawaan perangkat [3], [9].



Gambar 5. Tangkapan Layar Antarmuka Graphing RouterOS (Daily, Weekly, Monthly, dan Yearly Graph) sebagai Bukti Sumber Data Mentah pada Antarmuka Distribusi

Untuk memperkuat interpretasi terhadap nilai Maximum Out, dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap 14 titik data harian menggunakan Persamaan (1), (2), dan (3) [7], [10].

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$CI_{95\%} = \bar{x} \pm t_{(0.025, n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Hasil perhitungan menggunakan Persamaan (1)–(3) terhadap 14 data harian disajikan pada Tabel III.

TABEL III
RINGKASAN STATISTIK DESKRIPTIF MAXIMUM OUT DAN AVERAGE OUT (14 HARI OBSERVASI)

Parameter Statistik	Maximum Out (Mbps)	Average Out (Mbps)
Mean	69,89	34,84
Median	69,01	34,21

Std. Dev	3,90	1,48
CI 95%	67,64 - 72,14	33,98 - 35,70
P95	76,26	-
P99	76,26	-
Hari dengan Max Out ≥ 70 Mbps	6/14 (42,86%)	-

Hasil pada Tabel II menunjukkan bahwa sebaran data *Maximum Out* memiliki rata-rata 69,89 Mbps dengan nilai tengah (*median*) sebesar 69,01 Mbps, mengindikasikan distribusi beban puncak yang cenderung simetris pada kondisi operasional normal. Nilai *Maximum Out* tertinggi sebesar 76,26 Mbps berada di luar batas atas CI 95% (72,14 Mbps). Lebih lanjut, nilai persentil ke-95 (P95) dan ke-99 (P99) yang terpusat pada angka 76,26 Mbps secara kuat mengindikasikan bahwa nilai tersebut merupakan kondisi *outlier* atau *burst traffic* sesaat, bukan representasi beban puncak tipikal harian [7], [10]. Sementara itu, nilai *Average Out* (dengan *median* 34,21 Mbps) menunjukkan variasi yang jauh lebih kecil (standar deviasi 1,48 Mbps dibandingkan 3,90 Mbps pada *Maximum Out*), yang mengonfirmasi bahwa beban rata-rata jaringan relatif stabil sepanjang periode observasi meskipun terjadi lonjakan trafik pada momen-momen tertentu [8], [14]. Untuk mengukur magnitudo lonjakan ini, analisis rasio puncak terhadap rata-rata atau Peak-to-Average Ratio (PAR) menghasilkan rasio sebesar 2,19. Nilai PAR ini menegaskan bahwa saat terjadi *burst traffic*, beban antarmuka dapat melonjak hingga 2,19 kali lipat dari kondisi normalnya.

Untuk mengukur durasi paparan jaringan terhadap kondisi beban puncak, dilakukan analisis frekuensi terhadap 14 nilai *Maximum Out* harian menggunakan ambang perhatian 70 Mbps (70% kapasitas interface). Hasil analisis menunjukkan bahwa sebanyak 6 dari 14 hari observasi (42,86%) mencatat nilai *Maximum Out* ≥ 70 Mbps, sedangkan nilai puncak absolut 76,26 Mbps hanya tercatat pada 2 hari (14,29%), yaitu pada hari ke-7 dan ke-8 periode observasi. Sebaliknya, mayoritas periode observasi (8 dari 14 hari, atau 57,14%) mencatat *Maximum Out* di bawah 70 Mbps. Temuan ini mengonfirmasi hasil analisis P95/P99 sebelumnya bahwa nilai puncak 76,26 Mbps merupakan kondisi *burst traffic* yang terjadi pada sebagian kecil periode observasi, bukan representasi beban tipikal harian. Selain itu, catatan observasi lapangan menunjukkan bahwa nilai *Maximum Out* cenderung stagnan pada beberapa angka tertentu (71,57 Mbps pada hari ke-1–2; 72,93 Mbps pada hari ke-5–6; 76,26 Mbps pada hari ke-7–8), yang mengindikasikan bahwa nilai-nilai tersebut kemungkinan mencerminkan batas throttling atau kapasitas burst dari sisi upstream *Internet Service Provider* (ISP), bukan semata-mata batas fisik antarmuka *Fast Ethernet* distribusi. Verifikasi hipotesis ini memerlukan data tambahan dari sisi ISP yang berada di luar cakupan penelitian ini.

Meskipun terjadi lonjakan trafik hingga lebih dari dua kali lipat beban rata-rata seperti yang ditunjukkan oleh nilai PAR, nilai utilisasi puncak sebesar 76,26 Mbps menunjukkan bahwa beban trafik aktual belum mencapai kapasitas maksimum antarmuka *Fast Ethernet* sebesar 100 Mbps. Dengan demikian, tingkat utilisasi antarmuka hanya

mencapai 76,26%, sehingga masih tersedia kapasitas (*headroom*) sebesar 23,74 Mbps atau sekitar 23,74% dari kapasitas fisik antarmuka [4], [15]. Kapasitas tersisa tersebut menunjukkan bahwa antarmuka distribusi masih memiliki ruang untuk mengakomodasi peningkatan lalu lintas jaringan tanpa mengalami saturasi pada periode pengamatan [4], [8].

Hasil observasi ini juga menunjukkan bahwa meskipun Total Allocated Bandwidth (TAB) mencapai 460 Mbps, pola penggunaan bandwidth oleh pengguna tidak terjadi secara bersamaan [2], [13]. Dengan kata lain, nilai TAB yang melebihi kapasitas fisik antarmuka tidak secara otomatis menyebabkan *overload* [2], [14]. Temuan ini mengonfirmasi bahwa implementasi *bandwidth overbooking* pada jaringan penelitian masih berjalan sesuai dengan asumsi dasarnya, yaitu memanfaatkan keberagaman pola penggunaan bandwidth antar pengguna sehingga kapasitas fisik antarmuka tetap mampu melayani kebutuhan trafik aktual selama periode observasi [2], [15].

C. Evaluasi Contention Ratio

Evaluasi kelayakan kapasitas jaringan dengan skema *bandwidth overbooking* tidak dilakukan dengan membandingkan Total Allocated Bandwidth (TAB) terhadap kapasitas fisik antarmuka (100 Mbps), melainkan melalui perhitungan *contention ratio* (CR) aktual [2], [4]. *Contention ratio* aktual mendefinisikan rasio perbandingan antara total *bandwidth* yang secara teoretis dialokasikan kepada seluruh pengguna (TAB) terhadap beban lalu lintas aktual tertinggi (*Maximum Out* atau M_{out}) yang direkam selama periode observasi. Berdasarkan hasil konfigurasi manajemen *bandwidth*, nilai TAB mencapai 460 Mbps. Sementara itu, hasil pemantauan menggunakan fitur *Graphing RouterOS* menunjukkan bahwa nilai M_{out} tertinggi sebesar 76,26 Mbps [3], [10]. Nilai M_{out} tersebut digunakan sebagai representasi beban trafik puncak (*peak traffic*) karena menggambarkan utilisasi tertinggi antarmuka distribusi selama periode pengamatan [8], [15].

Untuk mendapatkan rasio *overbooking* aktual, nilai TAB sebesar 460 Mbps tersebut dibagi dengan utilisasi puncak 76,26 Mbps. Perhitungan *contention ratio* secara matematis dilakukan menggunakan Persamaan (4) [2], [13].

$$\text{Contention Ratio} = \frac{TAB}{M_{out}} \quad (4)$$

Berdasarkan Persamaan (4), derivasi perhitungan untuk jaringan observasi dijabarkan secara eksplisit pada Persamaan (5) berikut.

$$\text{Contention Ratio} = \frac{460}{76,26} = 6,03 \approx 1:6 \quad (5)$$

Melalui derivasi tersebut, didapatkan nilai *contention ratio* aktual sebesar 1:6. Nilai tersebut menunjukkan secara harfiah bahwa setiap 1 Mbps trafik aktual di antarmuka digunakan untuk melayani sekitar 6 Mbps *bandwidth* yang telah dialokasikan kepada pengguna [2], [14]. Rasio tersebut

mengindikasikan bahwa implementasi *bandwidth overbooking* pada jaringan penelitian masih berada dalam batas operasional yang dapat diterima karena utilisasi maksimum antarmuka (76,26 Mbps) belum mencapai kapasitas fisik yang tersedia (100 Mbps) [2], [15]. Meskipun tidak terdapat standar baku universal mengenai ambang kritis utilisasi *interface* jaringan, penelitian ini menetapkan rentang 70–80% sebagai ambang perhatian internal berdasarkan pertimbangan bahwa nilai tersebut merepresentasikan margin konservatif antara rata-rata utilisasi terobservasi (*Average Out*, CI 95%: 33,98–35,70 Mbps) dan kapasitas fisik *interface*, sekaligus memberi ruang deteksi dini sebelum utilisasi mendekati *breakeven point* saturasi (31,1% pertumbuhan trafik, dibahas pada Bagian III.D). Berdasarkan penetapan ambang tersebut, utilisasi aktual sebesar 76,26% telah memasuki rentang perhatian yang ditetapkan, sehingga meskipun belum kritis, kondisi ini tetap memerlukan pemantauan berkelanjutan.

Sebagai validasi tambahan, apabila *contention ratio* dihitung menggunakan batas atas CI 95% (72,14 Mbps) alih-alih nilai puncak absolut, diperoleh rasio sebesar $460/72,14 \approx 6,38$ atau setara 1:6,4 yang tidak jauh berbeda dari hasil perhitungan pada Persamaan (5) (1:6). Kesamaan ini menunjukkan bahwa hasil evaluasi *contention ratio* pada penelitian ini cukup *robust* terhadap variasi statistik data harian [13], [15].

Selain itu, hasil observasi menunjukkan bahwa utilisasi maksimum antarmuka hanya mencapai 76,26% dari kapasitas *Fast Ethernet* sebesar 100 Mbps, sehingga masih tersedia kapasitas (*headroom*) sebesar 23,74 Mbps atau sekitar 23,74% dari total kapasitas antarmuka [4], [15]. Kapasitas tersisa tersebut menunjukkan bahwa antarmuka distribusi masih memiliki ruang yang cukup untuk mengakomodasi fluktuasi lalu lintas jaringan tanpa mengalami saturasi selama periode pengamatan [8], [14].

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa kapasitas antarmuka *Fast Ethernet* masih memadai untuk mendukung implementasi *bandwidth overbooking* pada kondisi operasional saat ini [2], [15]. Meskipun demikian, peningkatan jumlah pelanggan, perubahan pola penggunaan internet, atau bertambahnya aplikasi yang memerlukan *bandwidth* tinggi berpotensi meningkatkan utilisasi antarmuka [4], [12]. Oleh karena itu, evaluasi kapasitas jaringan secara berkala tetap diperlukan sebagai bagian dari proses *capacity planning* untuk memastikan kualitas layanan (*Quality of Service*) tetap terjaga [4], [12], [15].

D. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Total Allocated Bandwidth (TAB) sebesar 460 Mbps tidak menyebabkan terjadinya overload pada antarmuka distribusi meskipun kapasitas fisik *Fast Ethernet* hanya sebesar 100 Mbps. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh nilai Maximum Out tertinggi yang hanya mencapai 76,26 Mbps atau sekitar 76,26% dari kapasitas maksimum antarmuka. Temuan ini menunjukkan bahwa implementasi *bandwidth overbooking*

masih berjalan sesuai dengan prinsip dasarnya, yaitu tidak seluruh pengguna memanfaatkan alokasi bandwidth maksimum secara bersamaan [2], [13], [15].

Temuan tersebut memperlihatkan bahwa besarnya nilai TAB tidak dapat dijadikan satu-satunya indikator dalam mengevaluasi kapasitas jaringan [4], [14]. Nilai TAB hanya menunjukkan total alokasi bandwidth yang diberikan kepada pengguna berdasarkan konfigurasi rate-limit, sedangkan kondisi operasional jaringan dipengaruhi oleh pola penggunaan bandwidth yang bersifat dinamis [11], [12]. Oleh karena itu, evaluasi berdasarkan data trafik aktual memberikan informasi yang lebih representatif mengenai tingkat utilisasi antarmuka dibandingkan pendekatan yang hanya mengacu pada kapasitas teoretis perangkat [1], [4], [15].

Nilai contention ratio aktual sebesar 1:6 menunjukkan bahwa kapasitas jaringan masih mampu mengakomodasi kebutuhan trafik selama periode pengamatan [2], [15]. Rasio tersebut mengindikasikan bahwa mekanisme bandwidth overbooking yang diterapkan masih berada dalam batas operasional yang dapat diterima secara kapasitas metrik antarmuka [2], mengingat utilisasi 76,26% masih berada jauh di bawah kapasitas maksimum meskipun telah memasuki ambang perhatian internal yang ditetapkan penelitian ini (70–80%, lihat Bagian III.C). Namun, perlu ditekankan bahwa status “aman” ini murni ditinjau dari ketersediaan sisa bandwidth (*headroom*). Tanpa adanya pengukuran parameter QoS aktual secara berdampingan, tidak menutup kemungkinan terjadinya penurunan kualitas pengalaman pengguna (*user experience*) akibat micro-bursts yang tidak terekam pada interval Graphing 5 menit. Dengan demikian, strategi alokasi bandwidth yang digunakan masih mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya jaringan [4], [5], [11].

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa antarmuka *Fast Ethernet* masih memiliki kapasitas tersisa (*headroom*) sebesar 23,74 Mbps. Kapasitas tersebut memberikan ruang bagi jaringan untuk mengakomodasi peningkatan lalu lintas pada kondisi tertentu [4], [15]. Untuk memvalidasi ketahanan *headroom* tersebut terhadap penambahan pelanggan di masa depan, dilakukan simulasi skenario sensitivitas pertumbuhan trafik. Simulasi menunjukkan bahwa peningkatan trafik sebesar 25% dari kondisi *Maximum Out* saat ini (76,26 Mbps) akan mendorong beban antarmuka menjadi 95,33 Mbps. Pada titik ini, utilisasi mencapai 95,33% dan jaringan berada pada kondisi kritis mendekati saturasi dengan sisa kapasitas hanya 4,67 Mbps. Lebih lanjut, apabila terjadi lonjakan pertumbuhan trafik sebesar 50% hingga 100%, beban proyektif akan melonjak ke rentang 114,39 Mbps hingga 152,52 Mbps. Kondisi ini dipastikan melampaui kapasitas fisik *Fast Ethernet* dan akan mengakibatkan saturasi total. Hal ini mengindikasikan bahwa *headroom* yang tersisa saat ini (23,74 Mbps) memberikan ruang yang relatif terbatas terhadap pertumbuhan trafik jangka menengah. Dengan demikian, peningkatan infrastruktur ke antarmuka Gigabit Ethernet menjadi keputusan *capacity planning* yang sangat

rasional dan perlu dipertimbangkan sebelum utilisasi aktual mendekati ambang 90-95% [4], [8], [12], [15].

TABEL IV
SIMULASI SENSITIVITAS PERTUMBUHAN TRAFIK TERHADAP UTILISASI
ANTARMUKA

Skenario	Max Out (Mbps)	Status
Saat ini (0%)	76,26	Aman
+25%	95,33	Kritis
+50%	114,39	Saturasi
+100%	152,52	Saturasi

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel IV, peningkatan trafik sebesar 25% mendorong utilisasi antarmuka menjadi 95,33% dengan sisa *headroom* hanya 4,67 Mbps, sedangkan pertumbuhan 50% dan 100% masing-masing menghasilkan proyeksi beban 114,39 Mbps dan 152,52 Mbps — keduanya telah melampaui kapasitas fisik antarmuka (defisit -14,39 Mbps dan -52,52 Mbps). Untuk menentukan batas kapasitas secara lebih objektif, dilakukan perhitungan titik ambang (*breakeven point*) saturasi, yaitu persentase pertumbuhan trafik yang menyebabkan antarmuka mencapai 100% kapasitas fisik: $100 \text{ Mbps} \div 76,26 \text{ Mbps} \approx 1,311$, sehingga saturasi total diproyeksikan terjadi pada pertumbuhan trafik sekitar 31,1% dari kondisi Maximum Out saat ini. Nilai ini menunjukkan bahwa batas kritis pertumbuhan trafik yang dapat ditoleransi antarmuka jauh lebih rendah dibandingkan skenario pertumbuhan sedang (50%) sekalipun, sehingga mempertegas urgensi peningkatan infrastruktur ke Gigabit Ethernet.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah bahwa pengelola jaringan tidak perlu melakukan peningkatan infrastruktur hanya berdasarkan besarnya Total Allocated Bandwidth [4], [15]. Keputusan peningkatan kapasitas sebaiknya didasarkan pada hasil pemantauan trafik aktual dan evaluasi contention ratio secara berkala [2], [8], [15]. Pendekatan tersebut memungkinkan proses *capacity planning* dilakukan secara lebih efektif, sehingga investasi pengembangan infrastruktur dapat disesuaikan dengan kebutuhan operasional jaringan yang sebenarnya [4], [12], [15].

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang signifikan terkait validasi performa. Pengamatan hanya dilakukan selama 14 hari pada satu lokasi penelitian dengan menggunakan antarmuka *Fast Ethernet* berkapasitas 100 Mbps, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh karakteristik jaringan. Selain itu, penelitian ini belum membandingkan performa jaringan setelah dilakukan peningkatan ke antarmuka Gigabit Ethernet, dan yang paling utama, belum menyertakan pengukuran parameter QoS aktual seperti delay, jitter, dan packet loss. Penelitian ini tidak melakukan pemantauan terhadap interface error counter (RX/TX drops) selama periode observasi, sehingga tidak dapat dipastikan apakah terjadi packet loss pada level interface meskipun nilai Maximum Out belum mencapai kapasitas maksimum. Evaluasi kondisi saturasi pada penelitian ini murni didasarkan

pada indikator utilisasi bandwidth (Maximum Out terhadap kapasitas interface). Ketidadaan metrik QoS ini menjadi batasan utama dalam menyimpulkan kelayakan implementasi overbooking secara komprehensif. Selain itu, penelitian ini hanya mengamati kondisi trafik pada periode *peak hours* dan tidak membandingkannya dengan pola trafik non-peak, karena fokus evaluasi adalah risiko saturasi yang secara definitif hanya relevan pada kondisi beban tertinggi. Perbandingan pola trafik sepanjang hari (peak vs non-peak) dapat menjadi topik penelitian lanjutan untuk memahami karakteristik utilisasi jaringan secara lebih holistik. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan analisis dengan periode observasi yang lebih panjang, melibatkan lebih banyak lokasi penelitian, serta mengombinasikan evaluasi contention ratio dengan parameter Quality of Service untuk memperoleh gambaran performa jaringan yang lebih komprehensif [8], [12], [13], [15].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengevaluasi kapasitas antarmuka *Fast Ethernet* melalui analisis contention ratio berdasarkan data trafik aktual yang diperoleh selama 14 hari observasi pada jaringan berbasis MikroTik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Total Allocated Bandwidth (TAB) sebesar 460 Mbps menghasilkan nilai contention ratio aktual sekitar 1:6, dengan utilisasi maksimum antarmuka sebesar 76,26 Mbps atau 76,26% dari kapasitas *Fast Ethernet* sebesar 100 Mbps. Nilai tersebut menunjukkan bahwa implementasi bandwidth overbooking masih berada dalam batas operasional yang dapat diterima, karena utilisasi 76,26% belum mendekati kapasitas maksimum interface meskipun telah memasuki ambang perhatian internal yang ditetapkan penelitian ini (70–80%, lihat Bagian III.C), serta kapasitas antarmuka masih memiliki *headroom* sebesar 23,74 Mbps yang mengindikasikan perlunya pemantauan berkelanjutan. Walaupun demikian, kelayakan (feasibility) ini bersifat terbatas pada aspek utilitas kapasitas fisik, dan belum merepresentasikan stabilitas kualitas layanan (QoS) pada level pengguna akhir.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa evaluasi kapasitas jaringan berdasarkan data trafik aktual memberikan hasil yang lebih representatif dibandingkan pendekatan yang hanya mengacu pada kapasitas *bandwidth* yang dialokasikan. Dengan demikian, analisis *contention ratio* dapat dimanfaatkan sebagai salah satu indikator dalam *capacity planning*, penentuan batas penambahan pelanggan, serta pengambilan keputusan terkait kebutuhan peningkatan infrastruktur jaringan menuju Gigabit Ethernet ketika utilisasi antarmuka mendekati kapasitas maksimum.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada satu jaringan *Small Office/Home Office* (SOHO) berbasis MikroTik dengan antarmuka *Fast Ethernet* serta periode observasi selama 14 hari. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengamatan dalam periode yang lebih panjang, melibatkan

karakteristik jaringan yang lebih beragam, serta membandingkan implementasi *contention ratio* pada infrastruktur Gigabit Ethernet atau teknologi jaringan lainnya agar hasil penelitian memiliki tingkat generalisasi yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. Prakosa, Y. Afrianto, S. Agustian, and I. H. Setiadi, "Evaluating Bandwidth Management Techniques on Mikrotik Routers: A Multiple Linear Regression Approach," *Ingénierie des Systèmes d'Information*, vol. 29, no. 4, pp. 1227–1236, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18280/isi.290429>
- [2] C. Sexton, N. Marchetti, and L. A. DaSilva, "On Provisioning Slices and Overbooking Resources in Service Tailored Networks of the Future," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 29, no. 3, pp. 1298–1311, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNET.2020.3004443>
- [3] A. Ardiansyah et al., "Analysis of Quality of Service Bandwidth Management on Computer Network Using Mikrotik RB951Ui-2HnD," *Techno: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 18, no. 1, pp. 1–10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33480/techno.v18i1.2164>
- [4] D. N. Ilham et al., "Optimization of Computer Network Performance through Traffic Management and Bandwidth Allocation," *PERFECT: Journal of Information System and Technology*, vol. 3, no. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.62671/perfect.v3i1.243>
- [5] R. Rudiyanto and S. D. Asri, "Bandwidth Optimization of Mikrotik-Based School Wi-Fi Networks Using Queue Tree and QoS," *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, vol. 4, no. 4, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55537/cosie.v4i4.1284>
- [6] A. Saputra et al., "Bandwidth Management using Per Connection Queue and Queue Tree: A Case Study on a High School Network," *Emerging Information Science and Technology Journal*, vol. 5, no. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18196/eist.v5i1.22376>
- [7] Anton, M. Wahyudi, C. A. Theofilus, H. Supendar, H. Amalia, S. Alfarizi, and L. Pujiastuti, "Analysis and Implementation of the PCQ Method in MikroTik-Based Bandwidth Management," *Infortech*, vol. 8, no. 1, 2026. DOI: <https://doi.org/10.31294/infortech.v8i1.12752>
- [8] Seyhan and J. Triloka, "Implementation of Mikrotik Firewall and QoS for Secure and Efficient Internet Networking," *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, vol. 18, no. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.24036/jtip.v18i2.1056>
- [9] K. S. Syahrani, Suroso, and E. Susanti, "Analysis of Mikrotik Network Bandwidth Management Using the Hierarchical Token Bucket Method at the Sriwijaya State Polytechnic," *Jurnal Inovtek Polbeng - Seri Informatika*, vol. 10, no. 2, pp. 1260–1270, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35314/isi.v10i2.836>
- [10] M. J. Gumeular and D. R. Akbi, "Optimalisasi QoS Manajemen Bandwidth Menggunakan PCQ dan FQ-Codel Berbasis Mikrotik," *Repositor*, vol. 7, no. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22219/repositor.v7i2.34417>
- [11] M. A. Shofa, "Implementasi Manajemen Bandwidth pada Mikrotik Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket dan Queue Tree," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITKOM)*, vol. 9, no. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22441/jitkom.v9i1.008>
- [12] R. B. S. Wibowo and Y. Komalasari, "Penerapan Quality of Service Menggunakan Hierarchical Token Bucket pada Jaringan Internet Menggunakan Mikrotik di PT. Triwall Indonesia," *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 3, no. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.70052/jka.v3i2.734>
- [13] I. Awaliyani and R. A. Aziz, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Pelanggan pada ISP Jalurdata.Net Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ)," *Jurnal Algoritma*, vol. 21, no. 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33364/algoritma.v21i2.1792>
- [14] A. Fadli and M. A. Asis, "Bandwidth Management Analysis Using Hierarchical Token Bucket (HTB) with MikroTik on the Network of Lisna Clinic YPK PLN Makassar 01," *International Journal of Network and Information Technology (IJONIT)*, vol. 1, no. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56705/ijonit.v1i1.163>
- [15] M. H. A. Husen and Firmansyah, "Implementation of Mikhmon Server for Qos Optimization and Traffic Control on Mikhmon Hotspot Network at Amicom Net," *Mobile and Forensics*, vol. 7, no. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.12928/mf.v7i2.14076>
- [16] Cisco Systems, Inc., "Baseline Process Best Practices White Paper," *Cisco Technical Support Documentation*, Doc. ID 15112, Updated Oct. 3, 2005. [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/availability/high-availability/15112-HAS-baseline.html>. [Accessed: Aug. 1, 2026].