

Pengaruh Manajemen Bandwidth Terhadap QoS dengan Standar TIPHON Pada Alur Monitoring SNMP

Alzi¹, Haeruddin²

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Internasional Batam

²Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Internasional Batam

Emai: ¹1932009.alzi@uib.edu

ABSTRAK. Universitas Internasional Batam menyediakan fasilitas internet yang didominasi oleh pengguna jaringan wireless. Para pengguna yang terdiri dari staff, karyawan, tenaga pendidik dan mahasiswa memanfaatkan fasilitas internet di UIB, sehingga diperlukan manajemen bandwidth agar penggunaan trafik di UIB stabil, terbagi secara merata dan terjaga konektivitasnya. Metode yang digunakan adalah Network Development Life Cycle (NDLC). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan stabilisasi trafik penggunaan bandwidth pada protokol Simple Network Management Protocol (SNMP), membagi kecepatan upload dan download secara merata dan proporsional ke masing-masing pengguna, serta meningkatkan Quality of Service melalui parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. Penelitian ini menghasilkan output kuantitatif dari masing-masing tujuan dan parameter QoS yang dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan pembagian bandwidth yang sesuai dengan kapasitas bandwidth yang dimiliki tanpa mengganggu QoS pada jaringan wireless.

Kata Kunci: QoS; Jaringan Wireless; SNMP; Manajemen Bandwidth

ABSTRACT. The Universitas Internasional Batam provides internet facilities which are dominated by wireless network users. Users consisting of staff, employees, lecturers and students take advantage of the internet facilities at UIB, so bandwidth management is needed so that traffic usage at UIB is stable, evenly distributed and connectivity is maintained. The method used is Network Development Life Cycle (NDLC). This study aims to stabilize bandwidth usage traffic on the Simple Network Management Protocol (SNMP), distribute upload and download speeds evenly and proportionally to each user, and improve Quality of Service through throughput, delay, jitter, and packet loss parameters. This research produces quantitative output from each objective and QoS parameters that can be used as a reference to determine the appropriate bandwidth distribution according to the available bandwidth capacity without disturbing the QoS on the wireless network.

Keywords: QoS; wireless network; SNMP; bandwidth management

PENDAHULUAN

Jaringan internet memungkinkan menghubungkan berbagai perangkat baik secara kabel maupun tanpa kabel agar bisa berkomunikasi satu sama lain (Dasanty & Dermawan, 2020; Rokim & Nainggolan, 2021). Jaringan internet menjadi salah satu faktor penunjang terbesar pada suatu instansi ataupun perusahaan (Meinawati et al., 2020; Sinaga et al., 2020). Bahkan dewasa ini jaringan sudah diterapkan sebagai standar fasilitas pendukung bagi tempat umum seperti cafe, sekolah, *mall*, perusahaan bahkan sekolah tinggi. Interkoneksi yang diberikan oleh jaringan internet membuat para pengguna dapat berkomunikasi ke banyak orang tanpa terhalang oleh ruang, jarak dan waktu. Orang memiliki kecenderungan untuk mengakses internet dengan berbagai kebutuhan, mulai dari mencari informasi, memberikan informasi, melakukan komunikasi, mengambil dan melakukan *transfer* data hingga mengendalikan perangkat jarak jauh (Guizhou, 2019). Pada instansi pendidikan seperti kampus, jaringan internet merupakan suatu faktor penunjang utama bagi berbagai kegiatan dan produktivitas kegiatan yang ada di kampus.

Banyaknya jumlah mahasiswa yang mengakses jaringan internet membuat kampus harus menyediakan layanan fasilitas internet yang mencukupi kebutuhan mahasiswa, karyawan serta tenaga pendidik yang ada di kampus. Adanya berbagai layanan digital yang diakses secara *online* dan berbagai data penting kampus yang disimpan didalam server baik secara premis maupun *cloud* membuat kampus dituntut untuk memberikan layanan jaringan internet dengan jumlah kapasitas *bandwidth* yang cukup besar agar dapat mencakup seluruh kebutuhan kampus. Manajemen kapasitas *bandwidth* juga diperlukan agar jumlah *bandwidth* yang dimiliki dapat dibagikan secara proporsional ke masing-masing pengguna. Manajemen *bandwidth* juga dimaksudkan untuk menghindari gangguan kecepatan akses internet pada masing-masing pengguna karena adanya penggunaan yang berlebihan pada beberapa pengguna yang berdampak pada melambatnya kinerja produktivitas kampus.

Manajemen *bandwidth* dilakukan dengan memperhatikan hasil pemantauan pemakaian jaringan secara berkala. Pemantauan secara berkala dilakukan dengan melakukan protokol *Simple Network Management*

Protocols (SNMP) yang menghasilkan data digital aktual berupa grafik lewat layanan pemantauan perangkat dan jaringan PRTG *Network Monitor* (Alip et al. 2018). Pemantauan melalui SNMP dilakukan dengan tujuan untuk melihat titik tertinggi dan terendah suatu *bandwidth* digunakan secara bebas tanpa adanya gangguan jaringan. SNMP dapat memberikan penampakan visual terkait penggunaan *bandwidth* yang bersifat *realtime*. Melalui SNMP juga dapat diketahui historis penggunaan *bandwidth* sehingga admin *IT* yang mengelola jaringan dapat mengetahui waktu penggunaan *bandwidth* tertinggi dan waktu penggunaan *bandwidth* yang rendah (Dyllan et al., 2015).

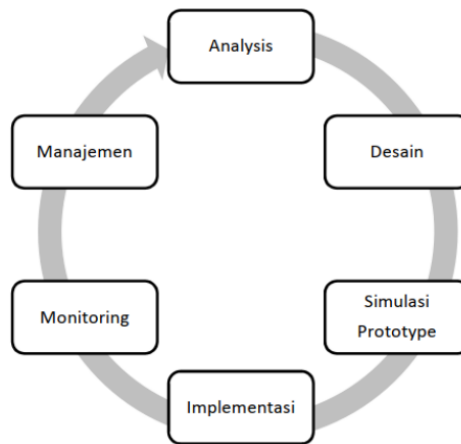
SNMP pada awalnya digunakan secara independen untuk melakukan pengelolaan jaringan TCP/IP dengan melakukan pengelolaan informasi yang berkenaan dengan TCP/IP. Salah satu pengelolaan yang dilakukan menggunakan SNMP adalah konversi alamat IP *Address* menjadi alamat fisik, *collecting data incoming* dan *outgoing* dalam bentuk diagram, dan berbagai tabel informasi terkait TCP (Namrata et al., 2019; Wang, 2020). SNMP dirancang oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF) dan mulai populer digunakan sejak mendapatkan rekomendasi dari *Internet Activities Board* (IAB) yang menetapkan bahwa SNMP merupakan salah satu protokol standar untuk manajemen jaringan Internet dengan status “*Recommended*” sebagaimana yang tercantum dalam *Request For Comments* (RFC) 1157 (Alip et al., 2018).

Manajemen *bandwidth* memiliki urgensi yang cukup vital sehingga sudah banyak diterapkan diberbagai perusahaan maupun instansi (Darmawan et al., 2020; Sabara & Prayogi, 2020). Universitas Internasional Batam (UIB) merupakan salah satu perguruan tinggi swasta yang didirikan oleh Yayasan Marga Tionghoa Indonesia (YMTI) pada tahun 2000. Universitas Internasional Batam didirikan sebagai bentuk dedikasi atas pendidikan di provinsi Kepulauan Riau terutama di kota Batam yang memiliki lokasi strategis diapit oleh negara tetangga Singapura dan Malaysia. Universitas Internasional Batam sendiri memiliki berbagai fasilitas yang menunjang kebutuhan aktivitas belajar mengajar serta kebutuhan administrasi dan produktivitas kampus. Berbagai prasarana seperti komputer, jaringan internet baik LAN maupun WiFi beserta Server *on-premise* yang berisikan berbagai layanan akademik, *database* dan sistem yang bergerak secara *online* menjadikan jaringan internet merupakan sebuah kebutuhan pokok yang penting bagi kampus. Hadirnya mahasiswa, tenaga pendidik, serta staff yang bekerja secara digital baik dalam hal berkomunikasi, mengirim dokumen, serta melakukan pekerjaan administratif lain juga menggunakan jaringan. Ditambah lagi dengan beberapa *event* atau webinar yang dilaksanakan secara *online* oleh beberapa staff tenaga pendidik maupun dosen di UIB, membuat jaringan Universitas Internasional Batam yang memiliki kapasitas sebesar 200 Mbps harus mendapatkan pemantauan dan pengelolaan yang baik agar penggunaan jaringan tetap stabil dan proporsional. Manajemen jaringan di UIB bersifat dinamis dan tidak selalu dalam suatu ketetapan yang pasti, ada kalanya Universitas Internasional Batam memiliki jumlah penggunaan yang melebihi kapasitas dan mengalami pengurangan jumlah penggunaan sehingga kapasitas *bandwidth* yang digunakan kurang maksimal. Pada Manajemen *bandwidth*, pemantauan jaringan menggunakan SNMP memerlukan parameter untuk menentukan kapan saat yang tepat untuk mengaktifkan pembatasan *bandwidth* dan kapan saat yang tepat untuk menonaktifkan pembatasan *bandwidth* agar penggunaan *bandwidth* di Universitas Internasional Batam menjadi maksimal.

Penelitian serupa juga dilakukan untuk menganalisa parameter *bandwidth* pada suatu jaringan dengan memperhatikan kesesuaian kriteria terhadap standar pembagian *bandwidth* yang ditetapkan oleh *Telecommunications and Internet, Harmonization Over Networks* (TIPHON). Penelitian yang dilakukan oleh Subektiningsih et al., (2022) melakukan analisa parameter pembagian *bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) yang menghasilkan pembagian *bandwidth* secara proporsional dan dengan hasil *speed* koneksi yang memberikan hasil yang berbeda secara signifikan. Penelitian ini memanfaatkan standar *Packet Loss*, *Jitter* dan *Delay* dari TIPHON dengan kelas kriteria degradasi bahwa (1) Kualitas dianggap Sangat Bagus apabila *Packet Loss* mencapai 0 ms, *Peak Jitter* mencapai 0 ms dan *Delay* <150 ms. (2) Dianggap Bagus apabila *packet loss* memiliki persentase 3% kebawah, *peak jitter* pada rentang 0 – 75 ms dan *delay* mencapai 150 – 300ms. (3) Dianggap Normal/Sedang/Medium apabila *packet loss* mencapai 15%, *peak jitter* berkisar 76 – 125 ms dan *delay* berkisar 300 – 450 ms dari total koneksi. (4) dan dianggap Jelek apabila *packet loss* mencapai 25%, *peak jitter* mencapai 125 – 225 ms, dan *delay* berada diatas 450 ms. Penelitian tersebut berdasar pada penggunaan *bandwidth* yang tidak merata pada masing-masing pengguna sehingga memberikan dampak penggunaan berlebihan pada satu pengguna yang menyebabkan gangguan kecepatan akses internet pada banyak pengguna lainnya. Penelitian serupa lainnya dilakukan oleh Nurcahyo et al., (2021) namun dengan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) yaitu dengan membagi kelas *bandwidth* menjadi dua kelas yaitu kelas *parent* dan kelas *child* yang memungkinkan administrator dapat membagikan *bandwidth* secara merata dengan jumlah kapasitas *bandwidth* yang tersedia sehingga jaringan dapat mempertahankan stabilitas dan konektivitasnya.

METODE

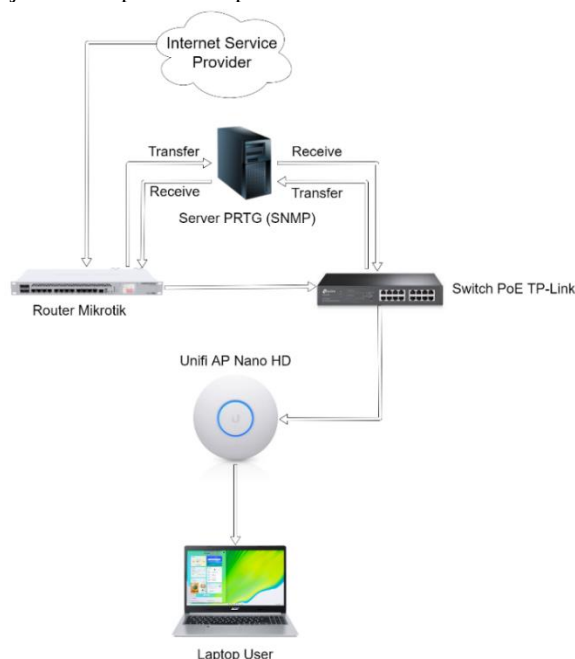
Penelitian ini menggunakan metode *Network Development Life Cycle* (NDLC), dimana pada metode ini akan dilihat pengaruh dari implementasi manajemen *bandwidth* terhadap kualitas jaringan dengan standar QoS TIPHON (Hayati & Kurniawan, 2017; Nurdadyansyah & Hasibuan, 2021; Pelealu et al., 2020) . Metode NDLC ini digambarkan pada Gambar 1 sebagai berikut



Gambar 1. Pola Metode NDLC (Subektiningsih et al., 2022)

Metode dimulai dengan melakukan analisis mengenai permasalahan dan *requirement* terhadap pengendalian *bandwidth* dengan metode yang akan digunakan. Hasil dari analisis tersebut dilanjutkan dengan melakukan perancangan topologi jaringan dan melakukan pengelolaan *bandwidth* berdasarkan data yang didapat dari hasil analisis sebelumnya. Perancangan desain topologi yang telah selesai dilanjutkan dengan melakukan simulasi dari hasil topologi yang telah dibuat untuk melihat kesiapan dan tingkat kegagalan yang akan didapatkan.

Apabila hasil simulasi dianggap sesuai akan dilanjutkan dengan melakukan mengimplementasikan rancangan yang telah disimulasi sebelumnya kedalam konfigurasi. Konfigurasi yang berhasil dilakukan akan dilanjutkan dengan melakukan monitoring untuk memantau kondisi jaringan internet setelah dilakukan pengendalian *bandwidth*, terutama pada jaringan nirkabel (*WiFi*). Pada tahap pemantauan juga akan dilakukan perbandingan kualitas sebelum dan sesudah dilaksanakan manajemen *bandwidth* dimana hasil analisa dari pengujian tersebut akan menjadi kesimpulan dari penelitian ini.



Gambar 2. Topologi Pengujian Manajemen *Bandwidth*

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh manajemen *bandwidth* yang didasarkan oleh hasil *monitoring* menggunakan protokol SNMP terhadap QoS dengan parameter *throughput*, *jitter*, *delay* dan *packet loss*. Penelitian ini memperhatikan apakah parameter QoS TIPHON terpengaruh dengan kondisi grafik yang semula belum pernah dikelola kemudian distabilisasi lewat manajemen *bandwidth* yang memberikan efek berupa terbatasnya aksesibilitas para pengguna jaringan untuk menggunakan *bandwidth* yang ada di Universitas Internasional Batam. Penelitian dimulai dengan pengumpulan data yang didapat dari hasil survei lapangan dan pemantauan jaringan *bandwidth* menggunakan protokol SNMP selama 30 hari. Pemantauan jaringan juga diikuti dengan melakukan *speedtest* pada perangkat laptop yang terhubung ke jaringan melalui koneksi *WiFi* dan pengujian jaringan menggunakan perangkat lunak *wireshark*. Penelitian dimulai dengan melakukan implementasi manajemen *bandwidth* pada jaringan dan memastikan bahwa setiap pengguna dilakukan analisa dengan memasukkan angka atau variabel yang didapatkan kedalam rumus masing-masing parameter yang akan digunakan. Masing-masing parameter yang akan digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

a) *Throughput*

Throughput merupakan rata-rata kecepatan transfer data dalam satuan *bits per second* (bps) (Risnaldy & Neforawati, 2020). *Throughput* dapat dihitung melalui persamaan (T) dan dapat dikonklusikan pada tabel 1 sebagai standar QoS sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Sending Data}}{\text{Waktu Sending Data}} \quad (\text{T})$$

Tabel 1. Tabel Standar TIPHON *Throughput*

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	>25	1

Sumber: (Pamungkas & Pramono, 2018)

b) *Delay*

Merupakan rata-rata waktu yang diperlukan untuk sebuah data bisa sampai di tujuannya (Risnaldy & Neforawati, 2020). *Delay* dipengaruhi ruang dan waktu yang dapat dihitung dengan persamaan (D) yang memiliki tabel standarisasi pada tabel 2 sebagai standar QoS dan rumus sebagai berikut:

$$\text{Delay}(s) = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket yang diterima}} \quad (\text{D})$$

Tabel 2. Tabel Standar TIPHON *Delay*

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

Sumber: (Pamungkas & Pramono, 2018)

c) *Jitter*

Jitter merupakan selisih dari masing-masing *delay* (Risnaldy & Neforawati, 2020). *Jitter* dihitung dengan persamaan (J) dan memiliki tabel standarisasi QoS pada tabel 3 sebagai berikut:

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Jumlah Variasi Delay}}{\text{Jumlah Paket yang diterima}} \quad (\text{J})$$

Tabel 3. Tabel Standar TIPHON *Jitter*

Kategori	Throughput	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	75 ms	3
Sedang	125 ms	2
Jelek	225 ms	1

Sumber: (Pamungkas & Pramono, 2018)

d) *Packet Loss*

Packet Loss merupakan total paket yang gagal dikirim sampai tujuan (Risnaldy & Neforawati, 2020). *Packet Loss* didapat melalui persamaan (P) dengan tabel standarisasi QoS pada tabel 5 sebagai berikut:

$$\text{Packet loss} = \frac{(\text{Paket Sending Data} - \text{Paket Receive Data})}{\text{Paket Data yang dikirim}} \quad (\text{P})$$

Tabel 4. Tabel Standar TIPHON *Packet Loss*

Kategori	Throughput	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

Sumber: (Pamungkas & Pramono, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dari penelitian ini dimuat dengan dua hasil, hasil pertama yaitu perubahan grafik pada trafik penggunaan *bandwidth* sebagai *impact* dari pemberlakuan limitasi dan manajemen *bandwidth* terhadap kecepatan akses internet pada pengguna jaringan, hasil yang kedua merupakan analisa pengaruh dari manajemen limitasi terhadap *Quality of Services* (QoS) pada beberapa parameter standar dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON). Masing-masing parameter standar TIPHON diantaranya *Throughput*, *Delay*, *Jitter* dan *Packet Loss* memiliki *value* yang berbeda-beda sehingga nilai tersebut akan dijadikan sebagai landasan awal penelitian terhadap kualitas jaringan internet pada jaringan *wireless* di Universitas Internasional Batam. Berdasarkan target penelitian yang ingin dicapai, dilakukan pemantauan jaringan menggunakan protokol SNMP pada aplikasi PRTG agar mengetahui penggunaan tertinggi *bandwidth* sebelum dan sesudah dilakukan manajemen *bandwidth*. Protokol SNMP digunakan sebagai media yang memvisualisasikan hasil dari penerapan manajemen *bandwidth* yang dimuat dalam bentuk grafik sebagai langkah awal untuk meneliti pengaruh dari manajemen *bandwidth* terhadap trafik penggunaan *bandwidth* dan parameter QoS berstandar TIPHON.

Seluruh aset yang terhubung ke jaringan UIB seperti Komputer, Printer, AP serta laptop diubah menjadi dari DHCP menjadi static. Kemudian dilakukan konfigurasi menggunakan winbox yang dimulai dengan mengidentifikasi masing-masing VLAN yang telah didistribusikan oleh masing-masing biro dan dilanjutkan dengan konfigurasi DHCP Client, Simple Queue dan Queue Types. Pada Simple Queue dilakukan pengklasifikasian level pengguna, dimana pada masing-masing level memiliki kecepatan akses internet yang berbeda-beda, saat ini level pengguna terbagi menjadi tiga yakni: Level 1 Untuk Ka. Biro dan Ka. Prodi dengan kecepatan upload dan download masing-masing 10 Mbps; Level 2 Untuk Staff dan Tenaga Pendidik dengan kecepatan upload dan download masing-masing 5 Mbps; serta Level 3 untuk Mahasiswa dan tamu dengan kecepatan upload dan download masing-masing 4 Mbps. Perubahan dilakukan dengan memberikan limit akses kecepatan download dan upload pada masing-masing perangkat yang telah dikunci IP Address nya secara static dan dibagi kelas nya melalui Winbox. Pada Kelas Level 3 akan ditambahkan IP Address universal yaitu 0.0.0.0 yang berfungsi agar IP Address yang tidak terdaftar pada Level 1 ataupun Level 2 akan secara otomatis masuk ke Level 3.

a. Trafik Penggunaan Bandwidth SNMP

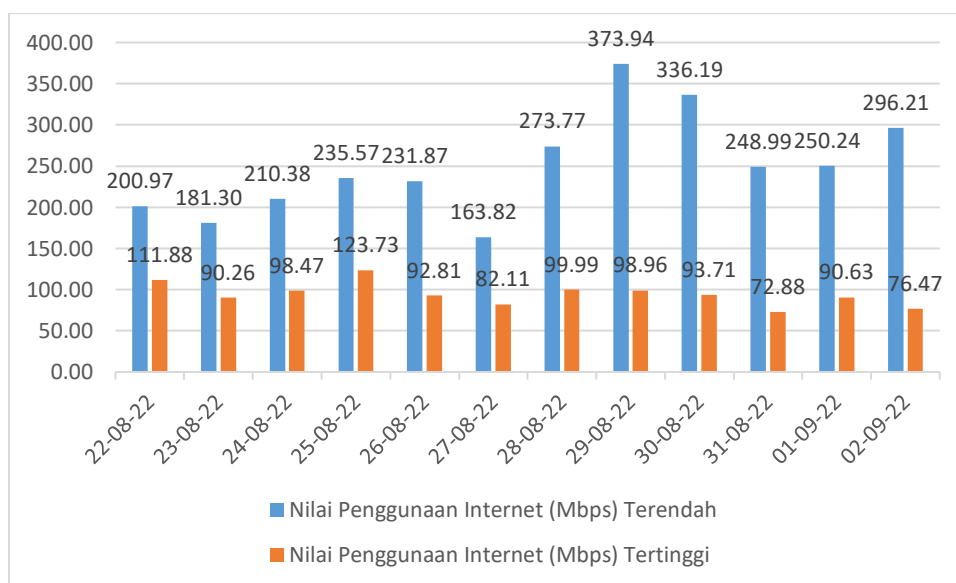
Trafik penggunaan *bandwidth* pada protokol SNMP memberikan hasil berupa perubahan penggunaan jaringan internet secara menyeluruh pada Universitas Internasional Batam. Luaran dari pemantauan protokol SNMP berupa grafik naik turun penggunaan *bandwidth* yang ada di Universitas Internasional Batam. Protokol SNMP menampilkan perubahan yang terjadi setelah dilakukan manajemen *bandwidth* pada Universitas Internasional Batam. Universitas Internasional Batam memiliki fasilitas jaringan internet dengan kapasitas *bandwidth* sebesar 200 Mbps. Pemantauan jaringan internet dilakukan perhari agar dapat melihat rata-rata penggunaan tertinggi yang digunakan oleh *client* jaringan internet di Universitas Internasional Batam, sebelum

dilakukan manajemen *bandwidth*, trafik pemakaian normal di Universitas Internasional Batam ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel. 5 Tabel Monitoring SNMP Sebelum Implementasi

Tanggal	Nilai Penggunaan Internet (Mbps)		Selisih
	Terendah	Tertinggi	
22/08/2022	200,97	111,88	89,09
23/08/2022	181,30	90,26	91,04
24/08/2022	210,38	98,47	111,91
25/08/2022	235,57	123,73	111,85
26/08/2022	231,87	92,81	139,07
27/08/2022	163,82	82,11	81,71
28/08/2022	273,77	99,99	173,78
29/08/2022	373,94	98,96	274,98
30/08/2022	336,19	93,71	242,48
31/08/2022	248,99	72,88	176,11
01/09/2022	250,24	90,63	159,61
02/09/2022	296,21	76,47	219,74

Pemantauan dilakukan selama 14 hari sebelum dilakukan implementasi, dengan mengambil rata-rata penggunaan trafik dari yang tertinggi hingga yang terendah. Penggunaan internet dari yang terendah dan terkecil pada masing-masing pemakaian *bandwidth* memiliki perbedaan yang jauh dan signifikan. SNMP mencatat nilai pemakaian trafik *bandwidth* tertinggi 373,94 Mbps dengan pemakaian terendah 98,96 Mbps dengan selisih 274,98. Selisih dari masing-masing trafik yang sangat tinggi mengartikan ketidakseimbangan penggunaan yang signifikan. Penggunaan tertinggi *bandwidth* yang melebihi angka 200 Mbps mengartikan adanya penggunaan yang melebihi kapasitas atau *peak* sehingga rentan terjadi *overload* yang menyebabkan gangguan jaringan pada pengguna jaringan di Universitas Internasional Batam. Visualisasi tabel pemakaian *bandwidth* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Monitoring SNMP Sebelum Konfigurasi

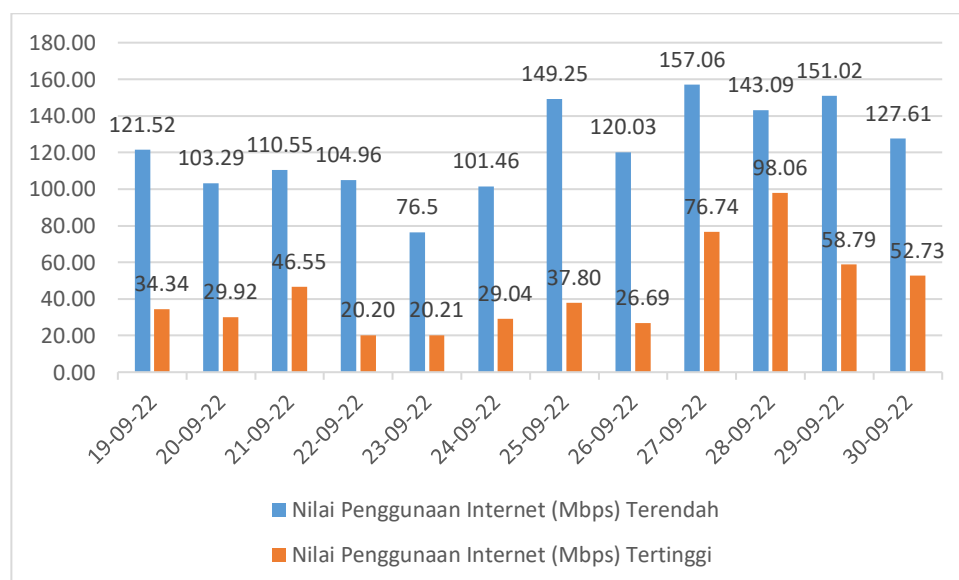
Perubahan yang muncul dari hasil implementasi menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap jumlah pemakaian jaringan yang ada di Universitas Internasional Batam, terutama pada jam kerja. Terdapat

pemakaian yang melebihi kapasitas *bandwidth* akibat penggunaan yang tidak merata. Penggunaan *bandwidth* yang melebihi kapasitas menyebabkan terjadinya ketidakstabilan koneksi internet pada seluruh pengguna jaringan yang ada di UIB. Konfigurasi dilakukan pada minggu berikutnya dan terjadi perubahan titik terendah dan tertinggi pemakaian *bandwidth*. Hasil dari konfigurasi manajemen *bandwidth* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel. 6 Tabel Monitoring SNMP Sesudah Implementasi

Tanggal	Nilai Penggunaan Internet (Mbps)		Selisih
	Terendah	Tertinggi	
19/09/2022	121,52	34,34	87,17
20/09/2022	103,29	29,92	73,37
21/09/2022	110,55	46,55	64,00
22/09/2022	104,96	20,20	84,76
23/09/2022	76,5	20,21	56,29
24/09/2022	101,46	29,04	72,42
25/09/2022	149,25	37,80	111,45
26/09/2022	120,03	26,69	93,34
27/09/2022	157,06	76,74	80,33
28/09/2022	143,09	98,06	45,03
29/09/2022	151,02	58,79	92,23
30/09/2022	127,61	52,73	74,88

Trafik terbaru setelah dilakukan konfigurasi jaringan menunjukkan adanya perubahan pada titik tertinggi dan terendah terhadap pemakaian *bandwidth* pada Universitas Internasional Batam. Pemakaian internet tidak melebihi batas maksimal kapasitas *bandwidth* yang dimiliki oleh Universitas Internasional Batam yakni sebesar 200 Mbps. Dari tabel trafik penggunaan *bandwidth*, tercatat penggunaan tertinggi 157,06 Mbps dan penggunaan terendah 76,74 Mbps dengan selisih 80,33Mbps. Visualisasi tabel dari monitoring SNMP ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Monitoring pada Protokol SNMP Sesudah Konfigurasi

b. Perbandingan Kecepatan Internet

Hasil Kecepatan internet merupakan salah satu tolak parameter untuk memastikan bahwa konfigurasi dan manajemen *bandwidth* pada Universitas Internasional Batam berhasil berjalan dengan baik. Hasil

kecepatan internet juga ditujukan untuk melihat hasil pengalokasian *bandwidth* menggunakan *Simple Queue*. Pengujian kecepatan internet dilakukan dengan menggunakan 3 perangkat dari masing-masing kelas level jaringan. Total *bandwidth* yang digunakan dalam pengujian ini sebesar 200 Mbps. Perbandingan terkait hasil kecepatan *download* sebelum dan sesudah dilakukan manajemen *bandwidth* ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Kecepatan *Download*

Pengguna	Kecepatan <i>Download</i>	
	Sebelum Manajemen <i>Bandwidth</i>	Sesudah Manajemen <i>Bandwidth</i>
Pengguna Level 01 (Ka. Prodi dan Ka. Biro)		
Pengguna 1	33.10 Mbps	10.30 Mbps
Pengguna 2	71.06 Mbps	10.87 Mbps
Pengguna 3	88.86 Mbps	9.96 Mbps
Pengguna Level 02 (Dosen, Sek. Prodi dan Staff Tendik)		
Pengguna 4	65.96 Mbps	4.24 Mbps
Pengguna 5	131.83 Mbps	4.77 Mbps
Pengguna 6	110.15 Mbps	4.57 Mbps
Pengguna Level 03 (Mahasiswa dan Tamu)		
Pengguna 7	92.81 Mbps	2.19 Mbps
Pengguna 8	46.67 Mbps	3.36 Mbps
Pengguna 9	31.36 Mbps	3.94 Mbps

Berdasarkan data hasil perbandingan dari kecepatan *download* sebelum dan sesudah dilakukan manajemen *bandwidth*. Diketahui bahwa sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* diperoleh nilai hasil speedtest tertinggi 131.83 Mbps dan nilai terendah 31.36 Mbps dengan selisih 100.47. Dari hasil tersebut diketahui selisih nilai yang cukup jauh antara nilai tertinggi dan nilai terendah yang artinya terdapat ketidakseimbangan kecepatan *upload* dari masing-masing pengguna. Masing-masing pengguna dapat memiliki kecepatan yang lebih besar atau pun lebih kecil dari pengguna lain meskipun masing-masing pengguna memiliki posisi dan urgensi yang berbeda-beda. Perubahan yang terlihat setelah dilakukan manajemen *bandwidth* adalah pada pengguna Level 01 kecepatan akses internet tertinggi 10.87 Mbps dan angka terendah 9.96 Mbps dengan selisih 1.11. Begitu juga dengan Level 02 yang nilai tertingginya 4.77 Mbps dan nilai terendah 4.24 Mbps dengan selisih 0.53. Pengguna pada Level 03 juga memiliki kapasitas nilai tertinggi sebesar 3.91 Mbps dan nilai terendah sebesar 3.75 dengan selisih 0.16. Hasil tersebut menunjukkan selisih perbedaan yang didapat tidak jauh berbeda sehingga pemakaian *bandwidth* pada protokol *download* dapat digunakan secara merata ke seluruh pengguna jaringan internet. Implementasi manajemen *bandwidth* juga dilakukan pada protokol *Upload*. Perbandingan hasil implementasi berupa sebelum dan sesudah dilakukan manajemen *bandwidth* ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Kecepatan *Upload*

Pengguna	Kecepatan <i>Upload</i>	
	Sebelum Manajemen <i>Bandwidth</i>	Sesudah Manajemen <i>Bandwidth</i>
Pengguna Level 01 (Ka. Prodi dan Ka. Biro)		
Pengguna 1	83.69 Mbps	10.03 Mbps
Pengguna 2	62.37 Mbps	10.50 Mbps
Pengguna 3	75.05 Mbps	9.99 Mbps
Pengguna Level 02 (Dosen, Sek. Prodi dan Staff Tendik)		
Pengguna 4	93.63 Mbps	4.59 Mbps

Pengguna 5	50.41 Mbps	4.54 Mbps
Pengguna 6	128.24 Mbps	5.44 Mbps
Pengguna Level 03 (Mahasiswa dan Tamu)		
Pengguna 7	75.48 Mbps	3.80 Mbps
Pengguna 8	51.47 Mbps	3.75 Mbps
Pengguna 9	124.32 Mbps	3.91 Mbps

Data perbandingan hasil terhadap sebelum dan sesudah dilakukan implementasi pada protokol *upload* juga mengalami perubahan. Pada hasil pengujian kecepatan sebelum dilakukan manajemen *bandwidth*, didapat nilai tertinggi dari kecepatan internet sebesar 128.24 Mbps dan nilai terendah 50.41 dengan selisih 77.83. Perbedaan yang cukup signifikan antara nilai tertinggi dengan nilai terendah menandakan bahwa pembagian *bandwidth* pada masing-masing pengguna di protokol *upload* tidak merata. Juga pada masing-masing perangkat pengguna tidak ditemukan perbedaan pasti antar level pengguna. Setelah dilakukan manajemen *bandwidth* dan pengklasifikasian level penggunaan *bandwidth*, pada pengguna yang berada di Level 01 terdapat hasil uji coba kecepatan internet tertinggi 10.50 Mbps dan terendah 9.99 Mbps dengan selisih 0.50. Pada Level 02 ditemukan kecepatan internet tertinggi 5.44 Mbps dan terendah 4.54 Mbps 0.10. Serta pada Level 03 dengan nilai kecepatan tertinggi 3.91 Mbps dan terendah 3.75 Mbps dengan selisih 0.16.

c. Hasil QoS TIPHON

Pengujian QoS adalah tahap terakhir dari penelitian ini. QoS merupakan tahap pengujian terhadap kualitas jaringan *wireless* sebelum dan dilakukan manajemen *bandwidth*. QoS standar TIPHON merupakan pengujian yang mengacu pada analisis parameter antara lain; *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. *Throughput* merupakan tolak ukur untuk menilai kemampuan suatu jaringan dalam mengirim paket dengan satuan kbps. *Throughput* didapat melalui seberapa lama waktu yang dibutuhkan (s) agar suatu paket dapat terkirim (kb), sehingga nilai *throughput* didapat jumlah paket yang didapat dibagi dengan waktu proses pengiriman. *Throughput* dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas suatu jaringan sehingga nilai nya bersifat dinamis (Pamungkas & Pramono, 2018). *Delay* merupakan lama waktu keterlambatan untuk suatu paket yang dikirim sampai ke penerima, *delay* sering disebut dengan waktu paket tertunda sampai ke tujuan (Pamungkas & Pramono, 2018). Sama halnya dengan *throughput*, *delay* juga dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas jaringan. *Jitter* merupakan waktu kedatangan paket yang bervariasi disebabkan oleh waktu pengiriman, waktu pengolahan, panjang antrian serta waktu *compiling* paket. *Jitter* merupakan parameter yang menilai seberapa besar gangguan konektivitas yang terjadi sehingga mengakibatkan *packet loss* atau paket hilang (Pamungkas & Pramono, 2018).

Pemantauan masing-masing parameter QoS dilakukan menggunakan WireShark dari 4 April hingga 13 Mei 2022. Analisis dilakukan selama 14 hari sebelum impleementasi manajemen *bandwidth* dan 14 hari sesudah implementasi manajemen *bandwidth*. Analisis QoS dilakukan melalui uji konektivitas jaringan *wireless* di Universitas Internasional Batam menggunakan standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON). Hasil analisis QoS jaringan *wireless* pada parameter *throughput*, *packet loss*, *jitter* dan *delay* sebelum dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* di UIB ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil QoS Sebelum Implementasi

Parameter	Frekuensi	Rata-Rata Harian Parameter				Rata-rata	Kategori
		04-Apr-22	08-Apr-22	11-Apr-22	15-Apr-22		
Throughput (Kbps)	2.4 GHz	2945	5697	9125	4936	2862,92 Kbps	Sangat Bagus
	5 GHz	3445	6887	8147	3144	4856,545 Kbps	Sangat Bagus
Packet Loss (%)	2.4 GHz	2,85	3,34	1,67	8,5	4,09%	Bagus
	5 GHz	2,21	4,67	1,54	6,4	3,72%	Bagus
Jitter (ms)	2.4 GHz	2,445	4,531	3,333	10,5	5,14075 ms	Bagus
	5 GHz	1,456	2,983	3,988	5,84	3,567 ms	Bagus
Delay	2.4 GHz	0,652	1,888	1,872	2,33	1,6865 ms	Sangat Bagus

(ms)	5 GHz	0,251	0,742	1,9	2,40	1,3255 ms	Sangat Bagus
------	-------	-------	-------	-----	------	-----------	--------------

Hasil pengujian sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* untuk menunjukkan kualitas pada parameter *throughput* dan *delay* berada dalam kategori ‘Sangat Bagus’. Kesimpulan yang didapat dari kedua parameter ini menunjukkan bahwa jaringan *wireless* di Universitas Internasional Batam memiliki kemampuan *sending packet* yang sangat bagus dengan resiko keterlambatan pengiriman paket yang minim. Pada pengujian yang sama ditemukan parameter *jitter* dan *packet loss* yang berada pada kategori ‘Bagus’ yang memungkinkan adanya keterlambatan, *packet collision*, serta bentrok antrian apabila sedang berada dalam situasi lalu lintas yang padat. Adanya aktivitas penggunaan jaringan yang tidak wajar dan mengalami peningkatan secara tiba-tiba mengakibatkan padatnya lalu lintas yang berdampak pada menyempitnya *bandwidth* (Purwahid & Triloka, 2019).

Pengujian selanjutnya dilakukan setelah proses implementasi manajemen *bandwidth* selesai. Pengujian kedua dilakukan untuk melihat pengaruh manajemen *bandwidth* terhadap kualitas *Quality of Service* (QoS) pada jaringan *wireless* di Universitas Internasional Batam. Hasil analisis QoS jaringan *wireless* dengan parameter *throughput*, *packet loss*, *jitter* dan *delay* ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil QoS Sesudah Implementasi

Parameter	Frekuensi	Rata-Rata Harian Parameter				Rata-rata	Kategori
		02-Mei-22	06-Mei-22	09-Mei-22	11-Mei-22		
Throughput (Kbps)	2.4 GHz	5278	5385	6942	6717	6080,5 Kbps	Sangat Bagus
	5 GHz	6771	3152	7459	9647	6757,25 Kbps	Sangat Bagus
Packet Loss (%)	2.4 GHz	3,56	1,55	2,47	1,54	2,28%	Sangat Bagus
	5 GHz	3,32	0,12	1,13	0,97	1,385%	Sangat Bagus
Jitter (ms)	2.4 GHz	7,413	5,121	3,364	8,669	6,14175 ms	Bagus
	5 GHz	3,221	2,471	1,449	3,694	2,70875 ms	Bagus
Delay (ms)	2.4 GHz	2,641	0,9	1,982	3,36	2,22075 ms	Sangat Bagus
	5 GHz	1,125	0,441	1,178	1,45	0,7985ms	Sangat Bagus

Pengujian QoS setelah implementasi manajemen *bandwidth* memberikan hasil berupa terjadi konsistensi antara sebelum dan sesudah implementasi pada parameter *throughput* dan *delay* yang masih berada pada kategori ‘Sangat Bagus’ dalam standar TIPHON meskipun sudah dilakukan implementasi manajemen *bandwidth*. Konsistensi yang sama ada pada parameter *jitter* yang masih berada di kategori ‘Bagus’ dalam standar TIPHON, meskipun begitu terdapat perubahan pada parameter *packet loss*. *Packet loss* berada pada kategori ‘Bagus’ sebelum dilakukan implementasi *bandwidth*, perubahan terjadi setelah dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* sehingga *packet loss* berganti standar dari kategori ‘Bagus’ menjadi ‘Sangat Bagus’ dalam standar TIPHON. Hal ini berarti implementasi manajemen *bandwidth* yang dilakukan memberikan dampak yang meminimalisir kemungkinan keterlambatan, gangguan atau bahkan hilangnya paket data selama proses pengiriman atau transmisi berlangsung. Tingkat kemungkinan yang rendah akan gangguan selama proses transmisi berlangsung dapat memberikan pengaruh baik sehingga paket yang dikirim memiliki kualitas yang bagus pada saat diterima, sehingga produktivitas dan komunikasi antara pengirim dan penerima dapat berjalan dengan lancar dan minim kegagalan (Melala et al., 2020; Novi Ari Saputro, 2021). Kegagalan yang terjadi dalam proses transmisi data dapat berupa hilangnya paket yang disebabkan karena berbagai gangguan, mulai dari naik turun arus lalu lintas yang signifikan, padatnya lalu lintas jaringan, tabrakan data serta gangguan pada media fisik baik itu dari pengirim maupun penerima (Purwahid & Triloka, 2019).

KESIMPULAN

Pengguna jaringan internet di Universitas Internasional Batam terdiri atas staff tendik, dosen, karyawan, dan mahasiswa. Mayoritas pengguna jaringan internet di Universitas Internasional Batam menggunakan jaringan *wireless* agar dapat terhubung ke internet sehingga diperlukan fasilitas dan kapasitas internet yang dapat mencukupi kebutuhan internet di Universitas Internasional Batam. Namun fasilitas yang disediakan tidak

disertai dengan alokasi dan pembagian *bandwidth* yang proporsional dan merata sehingga kecepatan akses internet dan *transfer* data baik itu unggah maupun unduh menjadi tidak seimbang. Manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Simple Queue* pada jaringan di Universitas Internasional Batam dilakukan agar fasilitas internet yang dimiliki dapat dibagi secara merata dan proporsional ke seluruh pengguna jaringan aktif. Berdasarkan hasil pemantauan trafik menggunakan protokol *Simple Network Management Protocol* (SNMP). Meskipun jaringan di Universitas Internasional Batam telah difasilitasi dengan kapasitas *bandwidth* sebesar 200 Mbps, namun pada fakta dilapangan tercatat penggunaan harian jaringan di Universitas Internasional Batam melebihi angka 200 Mbps setiap harinya. Dari rata-rata penggunaan jaringan yang telah dianalisa tercatat penggunaan *bandwidth* dari nilai tertinggi dan terendah memiliki perbedaan yang jauh secara signifikan, perbedaan yang jauh ini membuktikan adanya ketidakseimbangan terhadap pemakaian *bandwidth* yang ada di Universitas Internasional Batam. Selanjutnya dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* pada Universitas Internasional Batam dan dilakukan pemantauan melalui protokol SNMP kembali untuk melihat pengaruh dari manajemen *bandwidth* terhadap trafik pemakaian *bandwidth*. Hasil dari SNMP menunjukkan nilai *bandwidth* pemakaian tertinggi 132,05 Mbps dan terendah 77,16 Mbps dengan selisih 54,9 Mbps. Hasil tersebut menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* membuat trafik pemakaian berjalan dengan stabil tanpa mengalami naik turun grafik *bandwidth* secara signifikan, hasil dari manajemen *bandwidth* juga memberikan dampak berupa pemakaian *bandwidth* yang tidak melebihi kapasitas *bandwidth*. Perubahan yang diperoleh dari hasil manajemen *bandwidth* juga terdapat pada hasil tes kecepatan internet. Diketahui sebelum dilakukan manajemen *bandwidth*, baik staff, karyawan, dosen maupun mahasiswa masing-masing memiliki kecepatan internet yang acak dan tidak konsisten. Hal ini berakibat pada tidak adanya prioritas pengguna pada jaringan di Universitas Internasional Batam. Perbedaan antara penggunaan tertinggi dan penggunaan terendah antar masing-masing pengguna juga menandakan adanya ketidakstabilan dan tidak meratanya alokasi pembagian *bandwidth* di UIB terutama pada protokol *upload* dan *download*, analisa sebelum dilakukan manajemen *bandwidth* diketahui hasil *speedtest* tertinggi 131.83 Mbps dan nilai terendah 31.36 Mbps dengan selisih 100.47. Perubahan terlihat pada hasil implementasi manajemen *bandwidth* dimana pembagian kelas prioritas kecepatan jaringan yang telah dibuat membuat masing-masing pengguna dengan kebutuhan tertentu mendapatkan akses jaringan sesuai dengan kebutuhannya. Pada hasil perbandingan kecepatan *bandwidth* pada Level 1 tercatat pemakaian tertinggi untuk protokol *upload* yaitu 10,50 Mbps dan pemakaian terendah sebesar 9,99 Mbps dengan selisih 0,50. Sedangkan untuk nilai tertinggi pada protkol *download* yaitu sebesar 10,87 Mbps dan *download* sebesar 9,96. Pada Kelas Level 2 untuk *upload* tercatat nilai kecepatan terendah 4,49 Mbps dan kecepatan tertinggi sebesar 5,44 Mbps dengan selisih 1,05. Untuk *download* sendiri tercatat penggunaan tertinggi pada 4,77 Mbps dan terendah 4,24 Mbps dengan selisih 0,53. Pada Kelas Level 3 juga tercatat untuk *upload* nilai pemakaian tertinggi 3,91 Mbps dan terendah 3,75 Mbps. Sedangkan untuk *download* tercatat pemakaian tertinggi 3,94 Mbps dan pemakaian terendah 2,19 Mbps dengan selisih 1,75. Terdapat perbedaan kecepatan yang tidak terlampaui jauh yang menandakan kestabilan dan konsistensi kecepatan internet di UIB sudah sesuai kriteria target yang ingin dicapai. Pada hasil pengujian *Quality of Service* (QoS) dengan menggunakan parameter berstandar TIPHON yaitu *throughput*, *jitter*, *delay* dan *packet loss*. Diketahui sebelum dilakukan manajemen *bandwidth*, parameter standar pada *throughput* dan *delay* berada pada kategori ‘Sangat Bagus’ pada standar TIPHON. Sedangkan untuk parameter *jitter* dan *packet loss* berada pada kategori ‘Bagus’ sehingga masih ada kemungkinan terjadinya kegagalan dalam *transfer data* apabila terjadi lonjakan lalu lintas *bandwidth* yang tinggi secara tiba-tiba. Setelah dilakukan manajemen *bandwidth*, dilakukan pengujian sekali lagi untuk melihat pengaruh implementasi terhadap *Quality of Service* (QoS) dengan hasil parameter *throughput* dan *delay* berada pada kategori ‘Sangat Bagus’, parameter *jitter* tetap pada kategori ‘Bagus’ dan terjadi perubahan pada parameter *packet loss* yang awalnya berada pada kategori ‘Bagus’ berubah ke kategori ‘Sangat Bagus’ hal ini membuat kemungkinan akan terjadinya kegagalan dan kecacatan dalam pengiriman menjadi lebih minim. Sehingga proses *transfer data* antara pengirim dan penerima menjadi lebih baik dan stabil serta kecil kemungkinan terjadinya kegagalan dalam pengiriman paket dan data.

DAFTAR RUJUKAN

- Alip, N., Fitri, I., & Nathasia, N. D. (2018). Network Monitoring System Data Radar Penerbangan berbasis PRTG dan ADSB. *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, 3(3), 127–134. <https://doi.org/10.31328/jointecs.v3i3.818>
- Darmawan, M. A., Fitri, I., & Iskandar, A. (2020). Manajemen Bandwidth Pada Mikrotik Dengan Limitasi Bertingkat Menggunakan Metode Simple Queue. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 3(2), 270–280. <https://doi.org/10.31539/intecom.v3i2.1821>
- Dasanty, L. V., & Dermawan, D. A. (2020). Studi Literatur Monitoring Manajemen Jaringan Internet Dengan Konsep Snmp Terhadap Akses Siswa. *It-Edu*, 5, 38–48.
- Dyllan, S., Saravanan, D., & Xiao, P. (2015). The usage analysis of web and email traffic on the University

- Internet backbone links. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 1.
<https://doi.org/10.13189/ujcn.2015.030104>
- Guizhou, N. (2019). *Simulasi Dan Analisis Kinerja Qos (Quality Of Service) Jaringan Berbasis Simple Network Management Protocol (SNMP)*. 4734(1), 2–7.
- Hayati, I., & Kurniawan, M. T. (2017). Perancangan Infrastruktur LAN Pada Yayasan Kesehatan (Yakes) Telkom Bandung Dengan Model Cisco Three Layer Hierarchical Menggunakan Metodologi Network Development Life Cycle (NDLC). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(04), 100.
<https://doi.org/10.25124/jrsi.v3i04.278>
- Meinawati, T., Suhendro, S., & Masitoh, E. (2020). Analisis Determinan Pengungkapan Internet Financial Reporting pada Perusahaan Manufaktur yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Owner (Riset Dan Jurnal Akuntansi)*, 4(2), 412. <https://doi.org/10.33395/owner.v4i2.253>
- Melala, O. A., Munadi, R., & Walidainy, H. (2020). ANALISIS KUALITAS LAYANAN VIDEO CALL MENGGUNAKAN APLIKASI SKYPE PADA JARINGAN LONG TERM EVOLUTION (LTE). *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 5(1). <https://doi.org/10.24815/kitektro.v5i1.15537>
- Namrata, Ravi Shankar, S., & Kandukuri, S. B. (2019). Network management using SNMP. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 10(3).
<https://doi.org/10.34218/IJARET.10.3.2019.008>
- Novi Ari Saputro. (2021). Manajemen Bandwidth Melalui IP Filter Mikrotik Hap Lite di FT UNISKA. *Jurnal JEETech*, 2(2). <https://doi.org/10.48056/jeetech.v2i2.178>
- Nurchayho, A. C., Firgia, L., & Mustaqim, Y. (2021). Implementasi dan Analisis Metode Hierarchical Token Bucket pada Manajemen Bandwidth Jaringan (Studi Kasus : Jaringan Rektorat Institut Shanti Bhuana). *Journal of Information Technology*, 1(2), 41–49. <https://doi.org/10.46229/jifotech.v1i2.200>
- Nurdadyansyah, N., & Hasibuan, M. (2021). Tampilan Perancangan Local Area Network Menggunakan NDLC Untuk Meningkatkan Layanan Sekolah. *Konferensi Nasional Ilmu Komputer (KONIK)*.
- Pamungkas, S. W., & Pramono, E. (2018). Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Hotspot SMA Negeri XYZ. *E-Jurnal JUSITI (Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi)*, 7–2(2), 142–152.
<https://doi.org/10.36774/jusiti.v7i2.249>
- Pelealu, R. R. A. A., Wonggo, D., & Kembuan, O. (2020). Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Smk Negeri 1 Tahuna. *Jointer*, 1(1).
- Purwahid, M., & Triloka, J. (2019). Analisis Quality of Service (QOS) Jaringan Internet Untuk Mendukung Rencana Strategis Infrastruktur Jaringan Komputer Di SMK N I Sukadana. *Jtksi*, 2(3), 100–109.
<https://ojs.stmikpringsewu.ac.id/index.php/jtksi/article/view/778/>
- Risnaldy, P., & Neforawati, I. (2020). Analisa QOS (Quality of Service) Zeroshell pada Mekanisme Load Balancing dan Failover. *MULTINETICS*, 6(1). <https://doi.org/10.32722/multinetics.v6i1.2750>
- Rokim, M. N., & Naiggolan, E. R. (2021). Pemanfaatan Manajemen Jaringan Menggunakan Virtual Local Area Network (VLAN) pada PT. Jantra Reka Saksanamas Cengkareng Timur Jakarta Barat. *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 2(1), 11–17. <https://doi.org/10.31294/reputasi.v2i1.121>
- Sabara, M., & Prayogi, A. (2020). Konfigurasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Router Mikrotik Rb2011Uias-Rm Untuk Mengontrol Penggunaan Internet di PT Rekan Usaha Mikro Anda Tegal. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 43–46. <https://doi.org/10.30591/polektro.v9i2.2011>
- Sinaga, I. M., Lubis, A., & Prayudi, A. (2020). Pengaruh Internet Financial Reporting (Ifir) Dan Tingkat Pengungkapan Informasi Website Terhadap Frekuensi Perdagangan Saham Pada Perusahaan Pertambangan Yang Terdaftar Di Bei. *Jurnal Ilmiah Manajemen Dan Bisnis (JIMBI)*, 1(2).
<https://doi.org/10.31289/jimbi.v1i2.394>
- Subektiningsih, Renaldi, & Ferdiansyah, P. (2022). Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ. *Explore*, 12(1), 57–63.
- Wang, H. (2020). Improvement and implementation of Wireless Network Topology System based on SNMP protocol for router equipment. *Computer Communications*, 151.
<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.12.038>