



## Optimization of Wireless Network Performance Using the Hierarchical Token Bucket

(Case Study: Muhammadiyah University of Palembang)

## Optimasi Kinerja Jaringan *Nirkabel* Menggunakan *Hierarchical Token Bucket*

(Studi Kasus: Universitas Muhammadiyah Palembang)

Yukos Pratama<sup>1</sup>, Usman Ependi<sup>2</sup>, Heri Suroyo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Informatics Department, Universitas Bina Darma

Jl. A. Yani No. 3 Seberang Ulu I, Palembang - Indonesia 30624

Email: yukos@student.binadarma.ac.id<sup>1</sup>, u.ependi@binadarma.ac.id<sup>2</sup>, herisuroyo@binadarma.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Computer networks have penetrated into various fields including education for the learning process which is used as a medium for delivering scientific concepts to be more attractive and easily accepted. Muhammadiyah University of Palembang currently has very high mobility, both used for browsing information, downloading data and using other facilities. For the need for bandwidth management to manage each passing data so that the distribution of bandwidth becomes evenly distributed by using the queue tree method that is applied to the proxy. To evaluate internet bandwidth analyse QoS (Quality of Service) using typhoid standardization in terms of measurement of throughput, delay, and packet loss. The results of this study show that the quality of the network with the hierarchical token bucket method is more optimal, this is because the bandwidth will be divided according to the rules applied to bandwidth management and does not cause clients to fight over bandwidth.

**Keywords:** Computer network, HTB, QoS, Muhammadiyah University of Palembang.

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi informasi saat ini khususnya jaringan komputer berkembang dengan sangat cepat seiring dengan kebutuhan masyarakat akan layanan yang memanfaatkan jaringan computer Hal ini bisa di lihat semakin banyaknya organisasi dan perusahaan yang menggunakan jaringan komputer untuk mempercepat arus informasi di dalam aktivitas sehari-hari. Perkembangan teknologi tidak lepas dari perkembangan teknologi jaringan, software maupun hardwarenya. Jaringan komputer dapat dikelompokan yang terdiri dari tiga jenis diantaranya adalah LAN (Local Area Network) MAN (Metropolitan Area Network) dan WAN (Wide Area Network). Kebutuhan akan koneksi internet



terutama jaringan hotspot sangat diminati oleh pengguna layanan internet, karena jaringan hotspot sangat relative mudah untuk diimplementasikan dan memberikan kebebasan kepada penggunanya untuk dapat mengaksesnya kapan dan di mana saja melalui perangkat seperti Netbook, Laptop, Smart Phonedan yang lainnya. Dalam membangun suatu jaringan komputer dibutuhkan teknik dalam bidang jaringan, namun pada kenyataannya tidak banyak orang menguasai pengetahuan tersebut dibandingkan dengan para pengguna internet. Untuk itu masih banyak dibutuhkan orang-orang yang dapat membangun suatu jaringan sampai dapat dimanfaatkan agar lebih baik lagi.

Pada perkembangan teknologi saat ini yang sering digunakan adalah jaringan wireless, yang memberikan banyak kemudahan dalam melancarkan komunikasi melalui media internet [1]. *Wireless* adalah daerah atau wilayah atau area dimana kita dapat terkoneksi ke jaringan internet melalui media *wireless* (nirkabel/tanpa kabel) menggunakan perangkat personal (PC) ataupun menggunakan perangkat bergerak (mobile) seperti notebook, ataupun smartphone yang memiliki wireless LAN dalam jangkauan area tertentu. Setiap perangkat WiFi atau biasa disebut dengan Access Point yang dijual dipasaran pasti memiliki sertifikasi WiFi. Tiap perangkat ini memiliki standar yang berbeda-beda tergantung kemampuannya, akan tetapi saat ini sebagian besar telah menggunakan standar 802.11n [2]. Jaringan komputer merupakan sesuatu yang kita harus dijaga kestabilan operasionalnya. Untuk mengatasi masalah yang dihadapi dan supaya kondisi jaringan stabil, maka diperlukan adanya pengamatan jaringan yang baik. Tujuan dari pengamatan jaringan adalah memanfaatkan sumber daya yang terdapat pada suatu sistem jaringan komputer dengan semaksimal dan seefisien mungkin. Selain itu diharapkan dengan adanya pengamatan jaringan suatu sistem jaringan akan lebih mudah memantau atau memonitoring aktifitas yang ada di dalam sistem jaringan tersebut [3]. Penerapan jaringan berbasis nirkabel harus memiliki sebuah standar layanan atau yang dikenal sebagai *Quality of Services* (QoS). QoS adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan trafik data yang melewatinya. Terdapat beberapa parameter yang dipakai untuk menentukan kualitas dari jaringan WLAN diantaranya *Delay, Packet Loss dan Throughput* [4]. Jaringan komputer bisa dinilai bagus dapat diketahui dengan QoS (Quality of Service) jaringan tersebut. QoS (Quality of Service) adalah suatu teknologi yang dapat diimplementasikan kedalam sebuah jaringan komputer agar dapat memberikan kualitas layanan yang optimal dan merata bagi para pengguna jaringan komputer. QoS memungkinkan admin jaringan agar dapat menyelesaikan beberapa dampak akibat terjadinya kemacetan (congestion) pada lalu lintas aliran paket di dalam sebuah jaringan. Quality of Service (QoS) adalah metode untuk mengukur seberapa baik sebuah jaringan dan merupakan suatu tindakan untuk menerapkan karakteristik dan sifat dari satu service dalam sebuah jaringan [5]. Manajemen bandwidth merupakan teknik pengelolaan jaringan sebagai usaha untuk memberikan performa jaringan yang adil dan memuaskan. Manajemen bandwidth juga digunakan untuk memastikan

bandwidth yang memadai untuk memenuhi kebutuhan traffic data dan informasi serta mencegah persaingan antara aplikasi. sebenarnya management bandwidth adalah satu hal yang wajib bagi jaringan multi layanan, semakin banyak dan varian aplikasi yang dapat dilayani oleh suatu jaringan akan mempengaruhi pada penggunaan dalam suatu jaringan tersebut. Link-link yang ada harus mampu menanggapi kebutuhan user akan aplikasi tersebut bahkan dalam keadaan kongesti sekalipun. Ada beberapa metode yang dapat diterapkan untuk mengimplementasikan bandwidth management ini diantaranya melalui proxy server, QoS atau *traffic shapping*, atau pembatasan *bandwith* atau *limited* [6].

Metode manajemen bandwidth HTB (*Hierarchy Token Bucket*) merupakan teknik antrian yang dapat memberikan pembatasan trafik pada setiap level maupun klasifikasi. Dengan manajemen HTB ini, bandwidth yang tidak terpakai bisa digunakan oleh klasifikasi yang lebih rendah. HTB termasuk dalam *Classfull Queueing Discipline* yaitu suatu metode antrian dengan multiple class, sehingga dimungkinkan konfigurasi yang berbeda untuk setiap kelasnya. Dengan manajemen *bandwidth* diharapkan kualitas koneksi dalam jaringan yang dapat diartikan sebuah proses pengiriman data hingga sampai pada tujuan dengan kualitas koneksi yang lebih baik menjadi penilaian *Quality of Service* yang dapat dievaluasi [7]. jaringan komputer memiliki beberapa jenis gangguan atau masalah, seperti contohnya masalah bandwidth, trougphut dan dealy, yang bisa membuat layanan cukup terganggu bagi banyak aplikasi. salah satu contohnya komunikasi panggilan suara ( VoIP atau IP Telephony) serta menonton video online dapat membuat pengguna menjadi kesal ketika paket data aplikasi tersebut dialirkan di atas jaringan dengan bandwidth yang kurang memenuhi latency yang tidak dapat dikendalikan, atau jitter yang berlebih. layanan *Quality of Service* (QoS) ini bisa menyebabkan bandwidth, trougphut, dan delay dapat diprediksi dan dicocokkan dengan kebutuhan aplikasi yang digunakan di dalam jaringan tersebut.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metodologi Penelitian

Metode penelitian disini menggunakan metode Action Research (AR), metode tindakan bertujuan bahwa teori dan praktik dapat secara tertutup diintegrasikan dengan pembelajaran dari hasil intervensi yang direncanakan setelah diagnosis yang rinci terhadap konteks masalahnya. Action research adalah salah satu cara atau proses perbaikan sesuatu yang evaluasi pelaksanaan, perencanaan, dan dilakukan secara sistematis dan sistematis agar mendapatkan validitas dan reliabilitasnya untuk mencapai tingkatan riset [8]. Untuk pengukuran QoS metodenya terdiri dari beberapa parameter bandwidth, throughput, delay, dan paket loss dari user pengirim sampai ke user penerima atau bisa disebut juga

dari ujung ke ujung (end to end) [9]. Dengan mengacu pada model penelitian ini penulis melakukan pendekatan dalam kegiatan penelitian yaitu [10]:

- a) Melakukan diagnosa (diagnosing)
- b) Membuat rencana tindakan (*action planning*)
- c) Melakukan tindakan (*action taking*)
- d) Melakukan evaluasi (*evaluating*)
- e) Pembelajaran (*learning*)

## 2.2 Metodologi Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang penulis pergunakan adalah sebagai berikut [11]:

- a) Pengamatan ( Observasi)  
Yaitu metode pengumpulan data dengan cara mengadakan tinjauan atau pengamatan secara langsung ke objek yang diteliti. Observasi dilakukan langsung pada Universitas Muhammadiyah Palembang dengan cara mengamati kinerja jaringan yang ada.
- b) Pengujian (Testing)  
Data yang diperoleh dari hasil pengujian langsung pada system jaringan Universitas Muhammadiyah Palembang dengan melakukan beberapa tahap pengujian sehingga memperoleh data yang efektif.
- c) Studi Kepustakaan  
Di lakukan berdasarkan pengetahuan teoritis yang telah di terima penulis selama masa perkuliahan serta membaca buku-buku yang ada hubungannya dengan penyusunan skripsi ini yaitu data yang diperoleh dari perpustakaan dan dokumentasi.

## 2.4 Paramater Kualitas Jaringan

Ada 4 karakteristik untuk melakukan kualitas jaringan [12] :

- a) Bandwidth  
Secara umum pengertian bandwidth adalah perbedaan angka antara komponen sinyal berfrekuensi rendah dan sinyal berfrekuensi tinggi atau dapat juga disebut lebar dari cakupan frekuensi yang digunakan sinyal di dalam sebuah medium transmisi. Selain itu, secara umum bandwidth dapat juga diartikan sebagai jumlah data yang dapat dikirimkan melalui saluran komunikasi dalam jangka waktu tertentu [13].
- b) Delay  
Delay merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh data atau informasi untuk sampai ke tempat tujuan data atau informasi tersebut dikirim. Delay pada suatu jaringan akan menentukan langkah apa yang akan kita ambil ketika kita memajemen suatu jaringan. Ketika Delay besar, dapat diketahui jaringan tersebut sedang sibuk atau kemungkinan yang lain adalah kapasitas jaringan tersebut yang kecil

sehingga bisa melakukan tindakan pencegahan agar tidak terjadi overload.

**Tabel 1.** Standarisasi *Delay*

Kategori	Delay
Sangat Bagus	<150 ms
Bagus	150 s/d 300 ms
Sedang	300 s/d s/d 450 ms
Jelek	>450 ms

d) *Packet Loss*

*Packet Loss* merupakan banyaknya paket yang gagal mencapai tempat tujuan paket tersebut dikirim. Ketika *Packet Loss* besar maka dapat diketahui bahwa jaringan sedang sibuk atau terjadi overload. *Packet Loss* mempengaruhi kinerja jaringan secara langsung. Ketika nilai *Packet Loss* suatu jaringan besar, dapat dikatakan kinerja jaringan tersebut buruk.

**Tabel 2.** Standarisasi *Packet Loss*

Kategori	Packet Loss
Sangat Bagus	0 %
Bagus	3%
Sedang	15%
Jelek	25%

e) *Troughput*

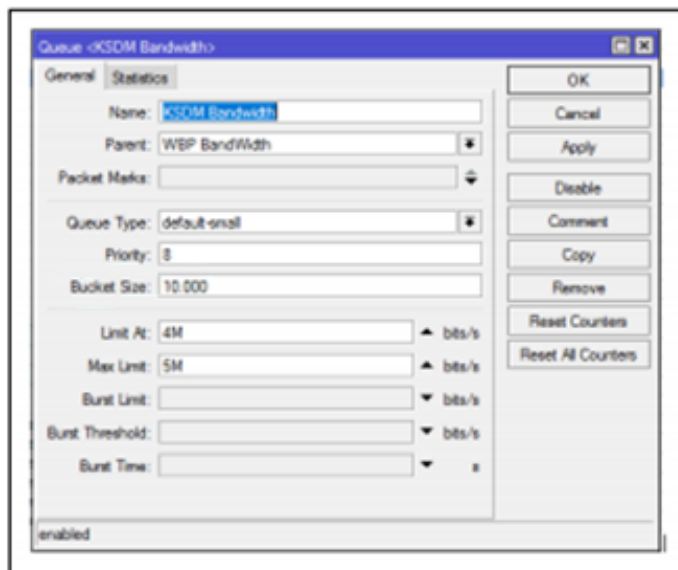
Kemampuan *troughput* dalam menopang hardware (perangkat keras) disebut dengan *bandwidth*. Kecepatan data rata - rata yang diterima oleh suatu node dalam selang waktu pengamatan tertentu. Dimana kita sedang

**Tabel 3.** Standarisasi *troughput*

Kategori	Troughput
Sangat Bagus	100 %
Bagus	75%
Sedang	50%
Jelek	25%

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Hierarchical Token Bucket (HTB)* Konfigurasi HTB sebenarnya telah dilakukan hanya dengan membuat queue. Akan tetapi, HTB memiliki fungsi sebagai penyedia ekstra bandwidth yang diberikan persatuan waktu. Dengan mengatur *bucket size*, maka ekstra bandwidth akan didapatkan. Sebenarnya bucket size default telah diisi dengan nilai 0.1 akan tetapi nilai tersebut tidak akan memberikan ekstra bandwidth kepada client atau user. Ekstra bandwidth akan didapatkan jika bucket size bernilai lebih dari 1 (>1) atau bucket capacity lebih dari MIR, karena bandwidth akan diterima client dari bucket capacity yang dapat diketahui dari hasil perkalian antara MIR (Max-Limit) \* Bucket Size. Jika bucket size bernilai 0.1 maka bucket capacity bernilai lebih kecil dari MIR yang menyebabkan bandwidth yang diberikan mengacu pada max-limit yang diberikan. Akan tetapi jika mengatur bucket size dengan nilai lebih dari 1, maka bucket capacity lebih besar dari max-limit yang menyebabkan bandwidth menjadi lebih besar dari maxlimit. Konsep token bucket mirip seperti konsep menabung tanpa bunga. Berikut konfigurasi yang dilakukan pada mikrotik.



**Gambar 1.** Konfigurasi Hierarchical Token Bucket (HTB)

Hasil dari pengukuran parameter Quality of service (Qos) jaringan komputer pada Universitas Muhammadiyah Palembang dengan menggunakan metode hierarchical token bucket dan pengukuran menggunakan software AxenceNetTools untuk mengukur parameter troughput, delay dan packet loss dan Ookla speedtest untuk mengukur parameter bandwidth[14]. Mekanisme pengukuran dengan menguji setiap fakultas pada Universitas ppMuhammadiyah Palembang dengan menguji test ip address local yaitu detik.com dan internasional meliputi facebook dan youtube setelah mendapatkan mendapatkan

hasil dari pengukuran bandwidth, troughput, delay dan packet loss maka tahap selanjutnya yang akan di lakukan peneliti adalah melakukan evaluasi terhadap apa yang telah di ukur untuk mengetahui kualitas layanan jaringan LAN berdasarkan standart TIPHON [15] [16].

### 3.1 *Bandwidht*

Dari hasil pengukuran kecepatan *bandwidth* yang dilakukan selama empat hari dimana satu hari dilakukan dua kali pengukuran pada pagi hari 9:30 sampai dengan 11:30 wib dan pada siang hari dilakukan pada pukul 13:30 sampai dengan 15:30 wib didapatkan hasil rata-rata kecepatan *bandwidth* sebagai berikut:

**Tabel 4.** *Bandwidht*

No	Hari /Tanggal	Waktu	Download	Upload
1	Senin 08 Oktober 2018	09:30 - 11:30 1:30 – 15:30	0,19	1,33
2	Selasa 09 Oktober 2018	09:30 - 11:30 1:30 – 15:30	0,63	0,91
3	Rabu 10 Oktober 2018	09:30 - 11:30 1:30 – 15:30	6,45	0,32
4	Kamis 11 Oktober 2018	09:30 - 11:30 1:30 – 15:30	3,5	4,76

Tabel 4 adalah nilai pengukuran rata-rata *bandwidth* di area masjid Universitas Muhammadiyah Palembang parameter pengujian *bandwidth* meliputi kecepatan *download* dan *upload* dengan satuan Mbps. Disimpulkan meliputi kecepatan *download* paling tinggi yaitu pada hari rabu 10 Oktober 2018 6,45 Mbps dan paling rendah pada hari senin 08 Oktober 2018 sebesar 0,19 Mbps sedangkan nilai *upload* tertinggi pada hari Kamis 11 Oktober sebesar 4,76 dan yang terendah pada hari rabu 10 Oktober 2018 sebesar 0,32

### 3.2 *Trouhput*

Rata-rata *throughput* dalam satuan bps yang dapat disimpulkan bahwa *throughput* terkecil adalah pada hari selasa 09 Oktober 2018 dengan pengujian ke server Detik.com sebesar 95 597 bps dan *throughput* terbesar adalah pada hari Senin 08 Oktober 2018 dengan pengujian ke server Detik.com sebesar 380 265.

**Tabel 5.** Standarisasi *troughput*

No	Hari / Tanggal	Website	Rata- Rata	%
----	-------------------	---------	------------	---

1	Senin 08	www.facebook.com	137 312	66 %
	Oktober 2018	www.detik.com	380 265	81 %
2	Selasa 09	www.facebook.com	111 506	62 %
	Oktober 2018	www.detik.com	95 59	71 %
3	Rabu 10	www.facebook.com	101 138	34 %
	Oktober 2018	www.detik.com	230 612	44 %
4	Kamis 11	www.facebook.com	361 853	66 %
	Oktober 2018	www.detik.com	153 004	66 %

Berdasarkan standarisasi TIPHON untuk *Throughput* maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran Facebook.com adalah 177 952 bps dengan persentase 57% berkategori Sedang.
2. Hasil pengukuran Detik.com adalah 214 869 bps dengan persentase 65,5% berkategori Sedang.

### 3.3 Packet Loss

Dari Tabel Rata-rata *Packet Loss* dibawah ini bisa disimpulkan bahwa jumlah paket data yang hilang paling sedikit terjadi pada hari senin pada tanggal 08 Oktober 2018 dengan pengujian ke server *youtube* dan *detik.com* dengan persentase 17 % sedangkan persentase paket data yang paling banyak hilang terjadi pada pada hari rabu 10 Oktober 2018 dengan pengujian ke server *youtube* dan *detik.com* dengan persentase sebesar 46%.

**Tabel 6.** Standarisasi *packet loss*

No	Hari / Tanggal	Website	Sent	loss	% loss
1	Senin 08	www.facebook.com	2337	555	17 %
	Oktober 2018	www.detik.com	2355	554	17 %
2	Selasa 09	www.facebook.com	2720	897	31 %
	Oktober 2018	www.detik.com	2812	817	27 %
3	Rabu 10	www.facebook.com	4046	2298	46 %
	Oktober 2018	www.detik.com	4048	2268	46 %
4	Kamis 11	www.facebook.com	5223	1480	28 %
	Oktober 2018	www.detik.com	5239	1386	26 %



Berdasarkan standarisasi nilai *packet loss* versi TIPHON, maka bisa disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran youtube.com adalah 30,5% untuk kategori Jelek.
2. Hasil pengukuran detik.com adalah 29% untuk kategori Jelek

### 3.4 Delay

Pada tabel rata-rata *delay* dibawah ini disimpulkan bahwa penundaan paket data menuju server *youtube* paling banyak terjadi pada hari Selasa 09 Oktober 2018 sebesar 411 dan yang menuju server detik paling banyak terjadi pada hari Selasa 09 Oktober 2018 sebesar 381.

**Tabel 7.** Standarisasi *delay*

No	Hari / Tanggal	Website	Min	Max	Rata-rata
1	Senin 08 Oktober 2018	www.facebook.com	19	983	229
		www.detik.com	12	984	211
2	Selasa 09 Oktober 2018	www.facebook.com	50	999	411
		www.detik.com	15	999	381
3	Rabu 10 Oktober 2018	www.facebook.com	19	996	363
		www.detik.com	12	998	332
4	Kamis 11 Oktober 2018	www.facebook.com	18	919	297,5
		www.detik.com	13	883	295

Berdasarkan standarisasi nilai *delay* versi TIPHON, maka bisa disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran youtube.com adalah 325 ms untuk kategori Sedang.
2. Hasil pengukuran detik.com adalah 304,75 ms untuk kategori Sedang.

## 3. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang telah didapat setelah melakukan tahapan-tapahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dalam penelitian QoS pada waktu pagi hari lebih banyak pengguna dibandingkan pada siang hari
2. Pada saat menggunakan metode htb lebih baik karena pembagian bandwidth merata dan keseluru user

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi QoS pada Universitas Muhammadiyah Palembang adalah redaman, distorsi dan juga kapasitas bandwidth yang tersedia juga mempengaruhi kinerja QoS

#### 4.2 Saran

Adapun saran penulis setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Menambah titik access point agar tidak terjadi penumpukan dalam satu titik dan menambahkan repeater agar sehingga sinyal lebih stabil
2. Sebaiknya melakukan perhitungan ulang untuk penempatan access point untuk mengurangi redaman dan distorsi.
3. Sebaiknya pengukuran jaringan dilakukan setiap bulan oleh pihak Universitas Muhammadiyah Palembang untuk meningkatkan kualitas jaringan

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kinerja *et al.*, “Wireless Local Area Network ( Wlan ),” vol. 4, no. 1, pp. 47–61, 2016.
- [2] D. I. Haerudin, L. B. Aksara, and M. Yamin, “Implementasi Wireless Distribution System (Wds) Pada Hotspot (Studi Kasus : Smk Negeri 1 Kendari),” *semanTIK*, vol. 3, no. 2, pp. 105–112, 2017.
- [3] M. H. S. Abidin and Y. Ardian, “Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Network Berbasis Web Menggunakan Html5,” *Tek. Inform.*, pp. 1–7, 2015.
- [4] D. Wisely, P. Eardley, and L. Burness, “Analisis Quality Of Service (QoS) Jaringan Internet Berbasis Wireless Lan Pada Layanan Indihome,” *IP 3G*, vol. 3, no. 3, pp. 201–248, 2017.
- [5] A. Emrul, M. Yamin, L. Surimi, J. T. Informatika, F. Teknik, and U. Halu, “Analisis Quality of Service (QoS) Kinerja Sistem Hotspot Pada Routerboard Mikrotik 951Ui-2HnD Pada Jaringan Teknik Informatika,” vol. 3, no. 2, pp. 87–94, 2017.
- [6] M. W. Zamuswara, P. N. Jakarta, and I. Pendahuluan, “Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket ( HTB ) Pada Jaringan LAN PT . Waskita Beton Precast Plant Karawang,” pp. 1–7.
- [7] H. Oktafiandi, Widyawan, and S. S. Kusumawardani, “Rancang Bangun Manajemen Bandwidth Pada Wireless Mesh Network Dengan Metode,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed.*, pp. 6–8, 2015.
- [8] A. Muzakir and C. D. Kusmindari, “Design of Push-Up Detector Applications Using Quality Function Development and Anthropometry For Movement Error Detection,” *Sci. J. Informatics*, vol. 5, no. 2, pp. 248–257, 2018.
- [9] P. Studi, T. Infortika, F. I. Komputer, and U. D. Nuswantoro, “Action Research Pada Dinas Perhubungan Komunikasi Dan Informasi Kabupaten

- Pemalang,” pp. 1–10, 2015.
- [10] Y. A. Pranata, I. Fibriani, and S. B. Utomo, “Analisis Optimasi Kinerja Quality Of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan NS - 2 di PT . PLN ( PERSERO ) Jember,” *Sinergi*, vol. 20, no. 2, pp. 149–156, 2016.
- [11] T. D. Purwanto and A. Wijaya, “Evaluasi Aplikasi Exploid Wifi Di Tingkat Availability Dan Vulnerability,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, p. 801, 2017.
- [12] S. Informasi, “PROSIDING seminar nasional sisfotek Evaluasi Quality of Service Jaringan Internet (Studi Kasus : RS Kusta Dr . Rivai Abdullah Palembang),” vol. 3584, pp. 186–192, 2011.
- [13] Risna, Isnawaty, and Sutardi, “Optimalisasi Jaringan Wireless Dan Analisis Quality of SERVICE (QoS) Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB),” *semanTIK*, vol. 3, no. 2, pp. 59–68, 2017.
- [14] E. Ronald, S. Moningkey, and P. Kapele, “Analisa Quality of Service (QOS) Jaringan Komputer di SMK Kristen I Tomohon,” vol. 5, no. 1, 2017.
- [15] A. Desy, N. Utomo, and A. Ashari, “Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode PCC pada Jaringan LAN Fakultas Bisnis dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta,” vol. 2, no. 1, 2018.\
- [16] U. Ependi, Fatoni and R. Rasmayora, "IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH DAN PROXY SERVER PADA JARINGAN KOMPUTER PT. CNG," *EMNASTEKNOMEDIA ONLINE*, vol. 2, no. 1, pp. 1-05, 2014.