

**OPTIMALISASI JARINGAN INTERNET DENGAN *LOAD BALANCING*
PADA *HIGH TRAFFIC NETWORK***

Tania Octavriana¹, Koko Joni², Achmad Fiqhi Ibadillah³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Trunojoyo Madura

E-mail : ¹taniaoctavriana@gmail.com, ²kokojoni@trunojoyo.ac.id, ³fiqhi.ibadillah@trunojoyo.ac.id

ABSTRACT

Artikel:

Diterima: 13 Maret 2020

Direvisi: 08 Februari 2021

Diterbitkan: 06 September 2021

***Alamat Korespondensi:**

taniaoctavriana@gmail.com

In recent years, the Internet became an important human need in the modern times. In 2019 the number of internet users in Indonesia reached 73.7% of the population as a whole and an increase of 8.9% from the previous year. In State Islamic High School Sidoarjo already provides internet services but existing bandwidth is not distributed evenly between ISP1 and ISP2. In this research, a Load balancing technique is carried out using the Per Connection Classifier (PCC) method. This method divides and classify the data packets to the Gateway connection. QoS Testing was performed using four parameters : Throughput, Jitter, Delay, and Packet Loss are taken the average value by measuring before and after Load balancing. Before Load balancing the uploads and downloads are 19.01 and 19.87 Mbps. From the results of testing the two domain, namely www.google.com and www.youtube.com the Delay was 55 and 39 ms, Jitter was 8 and 17 ms, and Packet Loss was 1% and 19%. Whereas after Load balancing is applied the uploads and downloads are 199.00 and 134.87 Mbps. From the results of testing two domains, the Delay is 21 and 24 ms, both Jitter is 0 ms, and both Packet Loss is 0%.

Keywords: *Internet, Load balancing, Per Connection Classifier (PCC), QoS*

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir ini, internet menjadi kebutuhan manusia yang penting di jaman *modern*. Tahun 2019 jumlah pengguna internet di Indonesia mencapai 73.7% dari jumlah penduduk seluruhnya dan meningkat 8.9% dari tahun sebelumnya. Pada Madrasah Aliyah Negeri (MAN) Sidoarjo sudah menyediakan layanan internet namun *bandwidth* yang sudah ada tidak dilakukan pembagian beban secara merata antara ISP1 dan ISP2. Pada penelitian ini, dilakukan teknik *Load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC). Metode ini membagi dan mengelompokkan paket data yang menuju *Gateway* suatu koneksi. Pengujian QoS dilakukan menggunakan 4 parameter yaitu *Throughput*,

Jitter, *Delay*, dan *Packet Loss* yang diambil nilai rata-ratanya dengan pengukuran sebelum dan sesudah dilakukan *Load balancing*. Sebelum *Load balancing* didapatkan hasil *upload* dan *download* sebesar 19.01 dan 19.87 Mbps. Dari hasil pengujian dua domain yaitu www.google.com dan www.youtube.com didapatkan *Delay* sebesar 55 dan 39 ms, *Jitter* sebesar 8 dan 17 ms, serta *Packet Loss* sebesar 1% dan 19%. Sedangkan setelah diterapkan *Load balancing* didapatkan hasil *upload* dan *download* sebesar 199.00 dan 134.87 Mbps. Dari hasil pengujian dua domain didapatkan *Delay* sebesar 21 dan 24 ms, *Jitter* keduanya sebesar 0 ms, serta *Packet Loss* keduanya sebesar 0%.

Kata Kunci: *Internet, Load balancing, Per Connection Classifier (PCC), QoS*

I. PENDAHULUAN

Teknologi saat ini sudah sangat berkembang dengan pesat mengikuti perkembangan zaman *modern* [1]. Begitupun dengan internet yang sudah menjadi kebutuhan manusia dalam beberapa tahun terakhir ini, dikarenakan kemudahan akses yang disediakan. Untuk dapat mengakses internet maka dibuat jaringan komputer yang merupakan komunikasi antara satu komputer atau lebih yang saling berhubungan dan dapat dilakukan tukar menukar data, program, serta kegiatan yang lain seperti printer, media penyimpanan, dan lain-lain [2]. Internet merupakan jaringan yang hampir sama dengan WAN, namun sifatnya khusus karena protokol yang digunakan yaitu TCP/IP [3]. Jaringan internet disediakan oleh *Internet Service Provider* (ISP) yang memberikan layanan kepada pengguna [4]. Pada tahun 2019 Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) mengungkapkan bahwa jumlah pengguna internet di Indonesia mencapai 196.71 juta jiwa atau sekitar 73.7% dari jumlah penduduk Indonesia. Ini meningkat 8.9% dari tahun sebelumnya [5].

Sudah ada penelitian terdahulu mengenai *Load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC) seperti yang dilakukan pada Pondok Pesantren, Jaringan *Workshop*, Laboratorium Komputer dan simulasi saja. Penelitian menggunakan teknik *Load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC) yang diimplementasikan pada pondok pesantren menghitung koneksi berdasarkan probabilitas. Selain itu dilakukan penambahan satu *Internet Service Provider* untuk menyeimbangkan beban antara ISP1 dan ISP2. Penelitian lebih fokus pada perbandingan

besarnya *bandwidth* antara ISP1 dan ISP2 [6]. Penelitian dilakukan pada Jaringan *Workshop* dengan analisa QoS menggunakan 4 parameter pada keadaan sepi dan sibuk. Penelitian dilakukan dalam skala kecil dengan metode *filtering* konten [7]. Selain itu, penelitian juga dilakukan dalam Laboratorium Komputer dengan skenario sama, namun berbeda metode dengan penelitian yang dilakukan pada jaringan *workshop* dalam skala kecil [8]. Dan penelitian dengan teknik *Load balancing* dengan metode Nth yang membagi beban secara merata pada dua jalur internet. Namun metode ini memiliki kelemahan yaitu mengalami putus koneksi pada saat ditengah-tengah sistem sedang berjalan [9].

Load balancing merupakan teknik baru yang dapat mengoptimalkan waktu dengan memanfaatkan pembagian beban antara penyedia layanan internet [10]. Kinerja dari *load balance* digunakan untuk membagi beban ke beberapa jalur (*link*) [11]. *Load balancing* adalah komponen penting dalam distribusi teknologi komputasi yang menarik perhatian dunia [12]. Teknik ini dibagi menjadi beberapa metode yaitu *Static route* dengan *address list*, *Fail over*, *Equal Cost Multi Path* (ECMP), Nth, dan *Per Connection Classifier* (PCC) [13]. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing [14].

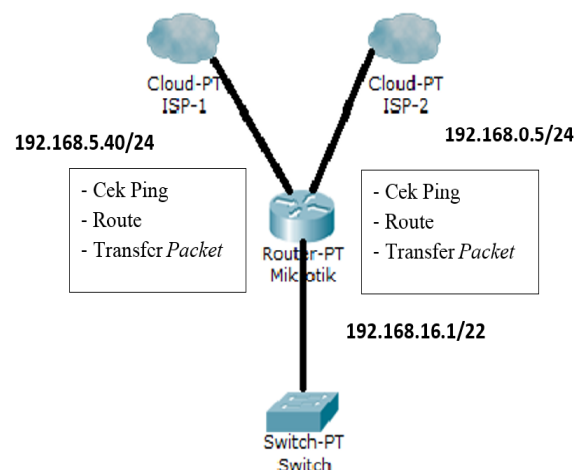
Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa *Quality of Service* (QoS) untuk mengetahui keoptimalan pada jaringan internet [15]. Analisa QoS dilakukan dengan pengujian 4 parameter yaitu *Throughput*, *Jitter*, *Delay* dan *Packet Loss*. Pengujian dilakukan pada domain www.google.com dan www.youtube.com dikarenakan kedua domain tersebut paling sering dibuka oleh siswa/siswi MAN Sidoarjo.

Hasil analisa diambil dari pengujian sebelum dan sesudah dilakukan *Load balancing* pada *High Traffic Network* [16]. *Traffic* padat atau tinggi apabila banyak *client* yang terkoneksi dalam suatu lalu lintas jaringan. Jika trafik padat maka dapat menyebabkan koneksi lambat, koneksi terputus, dan bila kondisi ini dibiarkan secara terus menerus maka akan terjadi kerusakan pada perangkat jaringan [17]. Pada MAN Sidoarjo sudah menyediakan layanan internet yang baik tetapi *bandwidth* yang tersedia tidak digunakan secara baik. Hal ini membuat *user* tidak nyaman pada saat menggunakan internet, karena *bandwidth* mempengaruhi kecepatan akses internet [18]. Diharapkan dengan digunakannya metode *Per Connection Classifier* pada *high traffic Network* ini, jaringan internet yang ada di MAN Sidoarjo lebih optimal dan pembagian bebannya juga merata sesuai dengan *bandwidth* yang disediakan. Topologi yang digunakan adalah topologi *star* dimana topologi ini sering digunakan karena kendali pusat merupakan jalur yang harus dilewati semua *link* untuk penyaluran data ke komputer yang dituju [19].

II. METODOLOGI

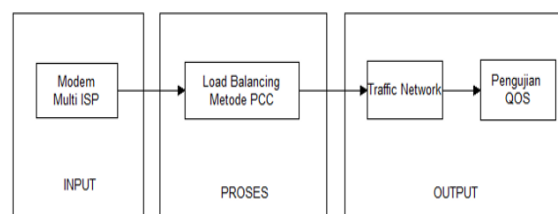
2.1 Per Connection Classifier (PCC)

Per Connection Classifier (PCC) merupakan metode yang menspesifikasikan suatu paket menuju *Gateway* koneksi tertentu [20]. PCC mengelompokkan trafik koneksi berdasarkan *src-address*, *dst-address*, *src-port*, dan *dst-port*. Mikrotik akan mengingat-ingat jalur *Gateway* yang telah dilewati di awal trafik koneksi, sehingga pada paket-paket data selanjutnya yang masih berkaitan dengan paket data sebelumnya akan dilewatkan pada jalur *Gateway* yang sama. Semakin banyak yang terhubung dengan koneksi internet, maka jaringan tersebut semakin optimal [21].



Gambar 1. Perancangan desain sistem *load balancing*

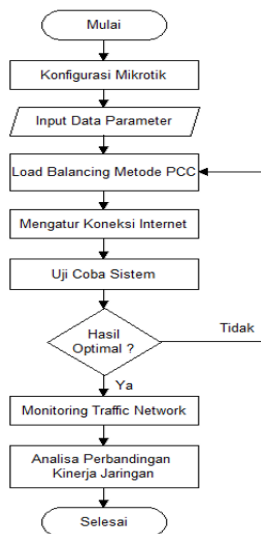
2.2 Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Blok diagram

Dari Gambar 2 dijelaskan pada MAN Sidoarjo modem multi ISP menggunakan dua penyedia layanan internet yaitu *Internet Dedicated 300MB/s myrepublic* dan *Internet Dedicated 20 MB/s biznet*. Setelah itu melakukan konfigurasi dan koneksi internet pada mikrotik serta melakukan *Load balancing* pada proses pendistribusian untuk membagi beban trafik agar seimbang antara penyedia layanan internet yang satu dengan yang lain. Teknik *Load balancing* yang diterapkan menggunakan metode PCC dimana *Gateway* akan mengingat-ingat jalur yang telah dilewati pada awal koneksi internet, sehingga paket data yang masih berhubungan dengan jalur *Gateway* yang sama akan dilewatkan jalur *Gateway* yang sudah dikirim sebelumnya. Mikrotik akan membagi beban secara sama rata agar tidak terjadi *overload* pada salah satu ISP saja. Setelah dilakukan teknik *Load balancing* maka dilakukan pengujian QoS menggunakan empat parameter yaitu *Throughput*, *Latency*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Dari hasil parameter yang diuji tersebut akan muncul *traffic Network* yang berupa grafik.

2.3 Flowchart Sistem



Gambar 3. Flowchart penelitian

2.4 Analisa Kebutuhan Software dan Hardware

1. Spesifikasi Kebutuhan Software

Analisa kebutuhan *Software* bertujuan untuk memilih secara tepat perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan konfigurasi *Load balancing* agar dapat beroperasi dengan efektif dan efisien. Tabel berikut merupakan penjelasan dari spesifikasi kebutuhan *Software*.

Tabel 1. Spesifikasi kebutuhan software

No.	Software	Keterangan
1.	Mikrotik Winbox v2.2.18	Software untuk melakukan remote GUI ke <i>router</i> mikrotik
2.	Windows 7 OS	Sebagai sistem operasi <i>server</i> dan <i>client</i>
3.	Wireshark	Software untuk analisa data yang melintas pada media transmisi dan mempresentasikan informasi secara logis

2. Spesifikasi Kebutuhan Hardware

Analisa kebutuhan *Hardware* untuk konfigurasi *Load balancing* telah dijelaskan pada Tabel berikut.

Tabel 2. Spesifikasi kebutuhan hardware

No	Perangkat	Jumlah	Spesifikasi Unit
1.	Mikrotik RB1100A H X4 Dude Edition	1	<ul style="list-style-type: none"> ● CPU : Alpine AL21400 1.4 GHz Quad Core ● RAM : 1 GB Main Storage/NA ND 128 MB ● Ethernet : 13 Ports ● Power Jack : 110/220V
2.	PC Client	1	<ul style="list-style-type: none"> ● CPU : Celeron Dual Core CM1000 1.8 GHz ● RAM : 2 GB ● HDD : 500 GB ● Ukuran Layar : 14 inches
3.	ISP	2	<ul style="list-style-type: none"> ● Internet Dedicated 300 MB/s myrepublic ● Internet Dedicated 20 MB/s biznet.

2.5 Parameter-Parameter Quality of Service (QoS)

Network QoS merupakan kinerja keseluruhan dari suatu *Network*. Tujuan utama QoS adalah untuk menjamin aliran data bagi aplikasi hingga level tertentu, seperti tersedianya cukup *bandwidth*, dapat mengendalikan *latency* dan *jitter*, dan mengurangi *data loss* [22].

1. Throughput

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif yang diukur dalam bps (*bit per second*). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut [23].

Tabel 3. Indeks kategori parameter Throughput

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

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data terkirim}}{\text{Waktu Pengiriman}} \quad (1)$$

2. Delay/Latency

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi jarak, media fisik, kongesti, atau juga proses yang lama.

Tabel 4. Indeks kategori parameter delay

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

$$\text{Delay} = \frac{\text{Jumlah Waktu Ping}}{\text{Jumlah Banyaknya Ping}} \quad (2)$$

3. Jitter

Jitter diakibatkan oleh variasi- variasi dalam panjang antrian dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan jitter. Jitter lazimnya disebut variasi Delay, berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi Delay pada transmisi data di jaringan.

Tabel 5. Indeks kategori parameter jitter

Jitter	Indeks	Kategori
0 ms	4	Sangat Bagus
0 s/d 75 ms	3	Bagus
75 s/d 125 ms	2	Sedang
125 s/d 225 ms	1	Jelek

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Packet Diterima}} \quad (3)$$

Total variasi delay=Delay-rata-rata delay

4. Packet Loss

Packet loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan dan congestion pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut.

Tabel 6. Indeks kategori parameter packet loss

Packet Loss	Indeks	Kategori
0 %	4	Sangat Bagus
3 %	3	Bagus
15 %	2	Sedang
<25 %	1	Jelek

$$\text{Packet loss} = \frac{(x-y)}{x} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

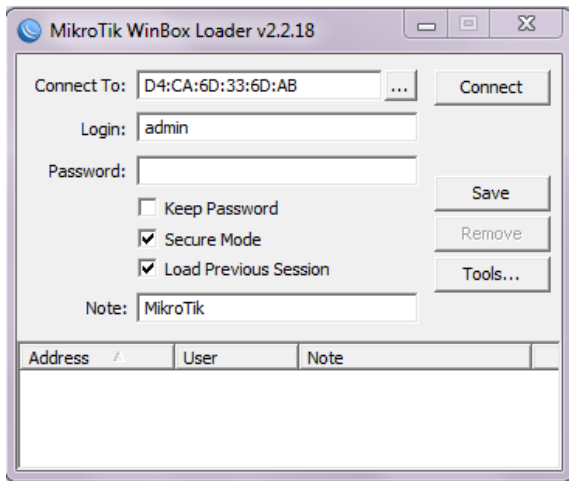
x = Paket data dikirim

y = Paket data diterima

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

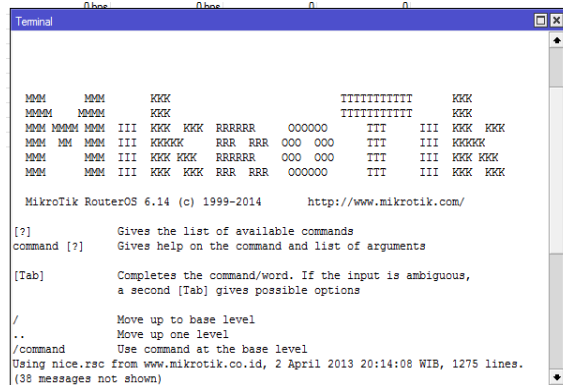
Pada bab ini membahas tentang proses analisis yang dilakukan menggunakan Software winbox [24]. Hasil dari pengujian membahas perbandingan kinerja sebelum dan sesudah dilakukan Load balancing dengan metode Per Connection Classifier (PCC). Pengamatan lalu lintas data atau paket dikelola di Software wireshark. Wireshark juga digunakan untuk analisa kinerja jaringan dan menangkap paket-paket data komunikasi jaringan yang ada pada jaringan yang telah dibangun [25]. Untuk mengetahui baik atau buruknya jaringan dapat diketahui dari analisa QoS yang diuji dengan 4 parameter yaitu untuk mengetahui nilai Throughput, Delay, Jitter, dan Packet Loss.

3.1 Pengujian Software Winbox



Gambar 4. Tampilan awal winbox

Gambar diatas merupakan tampilan awal winbox yang digunakan untuk mengelola jaringan di mikrotik. Untuk login ke router mikrotik menggunakan MAC address. MAC address merupakan alamat unik yang dimiliki setiap perangkat. Untuk masuk ke winbox hanya menggunakan login admin dengan kolom password dikosongkan. Klik connect untuk bisa masuk ke menu-menu konfigurasi. Selain menu-menu tools, Software ini juga bisa melakukan konfigurasi dalam bentuk command line.



Gambar 5. New terminal

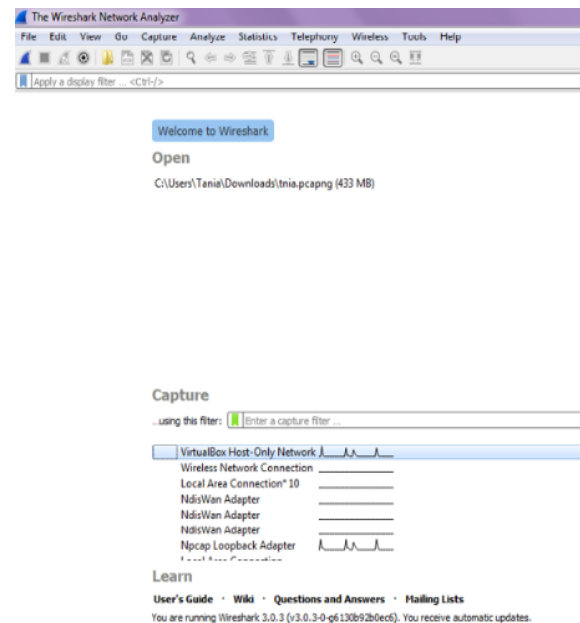
Tabel 7. Penyebaran paket data

Gateway	Jumlah Paket (Packet)	Ukuran Paket (MB)
Ether 1	97854	11.0
Ether 3	70703	9.0

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa Load balancing dengan metode Per Connection

Classifier (PCC) telah berhasil menyebarkan jumlah paket dengan ukuran paket yang berbeda di kedua interface. Hal ini dikarenakan PCC hanya membagi beban berdasarkan koneksi yang melewati ISP 1 ataupun ISP 2 bukan dari besar paket. ISP 1 dapat melayani sebanyak 97854 paket dengan ukuran paket sebesar 11.0 MB. Sedangkan ISP 2 dapat melayani sebanyak 70703 paket dengan ukuran paket sebesar 9.0 MB. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa metode PCC dapat membagi penyebaran paket transmitted yang merata pada masing-masing gateway. Karena besarnya bandwidth yang disediakan juga berbeda antara ISP 1 dan ISP 2.

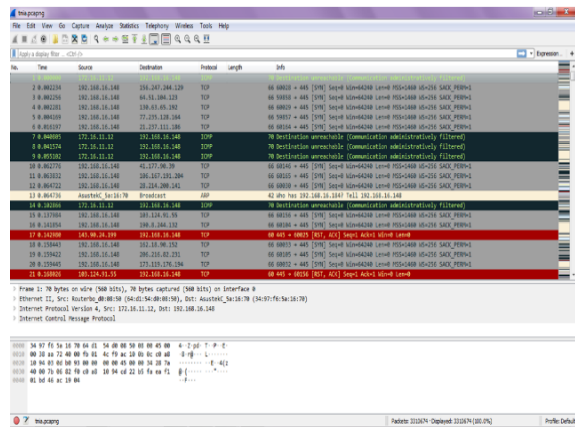
3.2 Analisa Pengujian Wireshark



Gambar 6. Tampilan awal wireshark

Pengujian Wireshark Network Analyzer ini dilakukan dengan merekam atau menangkap paket-paket data atau informasi yang tersambung dalam jaringan. Selain itu juga dilakukan analisa lalu lintas jaringan komputer. Tool Wireshark Network Analyzer dapat digunakan menganalisa transmisi paket data dalam jaringan, proses koneksi, dan transmisi data antar perangkat. Proses perekaman diambil dari awal dimulainya Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) sampai semua siswa MAN pulang. Dari hasil pengujian didapatkan data siapa aja yang terhubung ke jaringan dan situs apa saja yang dibuka oleh client. Protokol ICMP terbaca unreachable karena dilakukan

pemfilteran pada protokol tersebut sehingga tidak ada yang bisa tersambung ke situs yang memiliki protokol ICMP tersebut.

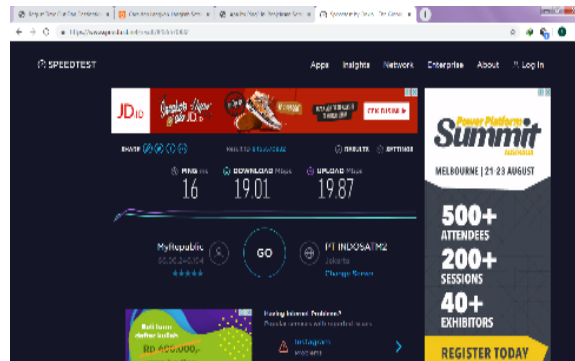


Gambar 7. Pengujian data di *wireshark*

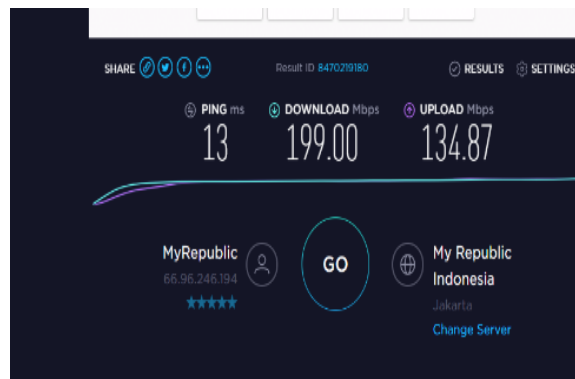
3.3 Analisa Pengujian Parameter QoS

1. Throughput

Pada tahap ini dijelaskan kualitas jaringan internet sebelum dan sesudah dilakukan *Load balancing* dengan menggunakan aplikasi berbasis *online* yaitu www.speedtest.net.



Gambar 8. Sebelum *Load balancing*

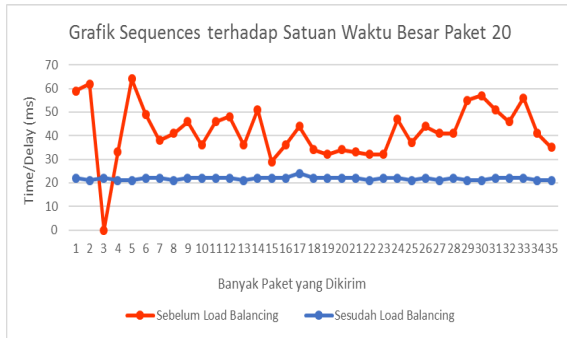


Gambar 9. Sesudah *Load balancing*

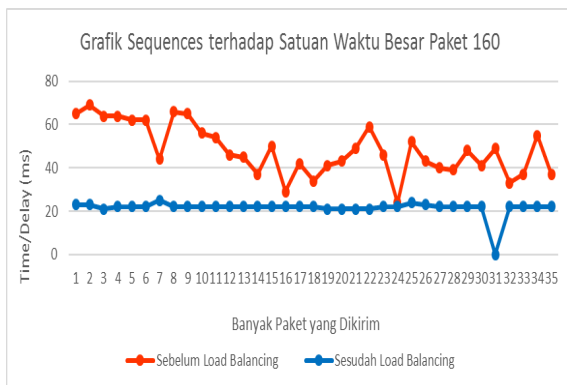
Berdasarkan Gambar 8 dan 9 dapat diketahui perbandingan kualitas koneksi dari sebelum dan sesudah dilakukan teknik *Load balancing* dengan metode PCC. Dari pengujian sebelum dilakukan *Load balancing* menghasilkan *ping* sebesar 16 ms dengan kecepatan *upload* dan *download* sebesar 19.01 Mbps dan 19.87 Mbps. Sedangkan sesudah *Load balancing* menghasilkan *ping* sebesar 13 ms dengan kecepatan *upload* dan *download* sebesar 199.0 Mbps dan 134.87 Mbps. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada dua jaringan internet dengan mikrotik router dapat diperoleh kesimpulan yaitu mikrotik router mampu membagi beban di dua jalur yang berbeda pada waktu yang bersamaan. Dengan metode *Load balancing* metode PCC yang mampu mengarahkan beban yang lebih besar ke jalur yang mempunyai *bandwidth* yang paling besar. Pengujian ini terbukti bahwa percobaan penelitian yang dilakukan telah berhasil karena nilai *ping* yang dihasilkan setelah *Load balancing* lebih kecil dari hasil *ping* yang dihasilkan sebelum *Load balancing* sehingga respon yang diperoleh *client* lebih cepat daripada sebelumnya.

2. Delay

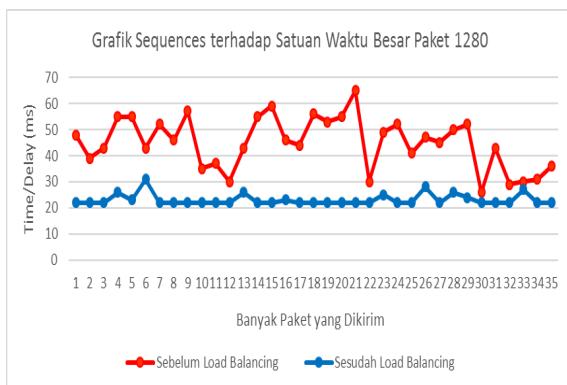
Pada tahap ini dijelaskan kualitas jaringan internet sebelum dan sesudah dilakukan *Load balancing* dari pengukuran *Delay*. Domain yang diakses yaitu domain www.google.com dan www.youtube.com. Proses pengujian delay untuk mengetahui yang didapat dari ISP pada saat *client* melakukan permintaan agar dapat terhubung dengan internet. Jadi permintaan *client* akan dilewatkan jalur yang memiliki respon lebih cepat dibanding ISP lainnya. Pengujian *delay* pada penelitian ini menggunakan parameter ukuran paket dan dilakukan sebanyak 35 data setiap ukuran paketnya. Pengukuran *delay* kedua domain ini dilakukan dengan 7 skenario dengan ukuran paket sebesar 20 bytes, 40 bytes, 80 bytes, 160 bytes, 320 bytes, 640 bytes, dan 1280 bytes.



Gambar 10. Grafik hasil *PING google* dengan besar paket 20



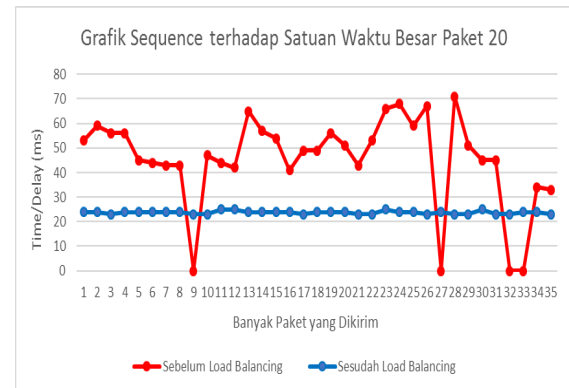
Gambar 11. Grafik hasil *PING google* dengan besar paket 160



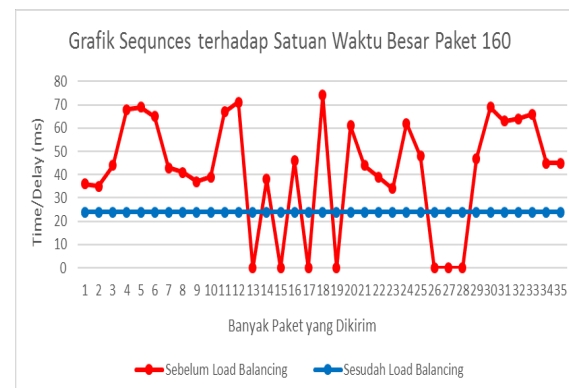
Gambar 12. Grafik hasil *PING google* dengan besar paket 1280

Dilihat dari grafik diatas terlihat bahwa hasil *PING* sebelum dan sesudah *Load balancing* pada kedua domain mengalami perbedaan yang sangat signifikan. Sebelum dilakukan *Load balancing*, *delay* yang didapat kedua domain nilainya naik turun (tidak stabil) dan terjadi kehilangan paket atau biasa disebut *Request Timed Out (RTO)* di tengah pengujian pada saat me-reply permintaan *client*. Namun sesudah diterapkannya *Load balancing*, *delay*

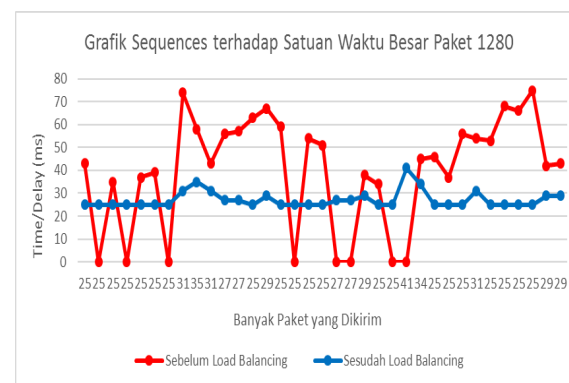
yang didapatkan terlihat sudah stabil dan tidak terjadi kehilangan paket data di tengah pengujian. Pada saat sebelum *Load balancing* terjadi lonjakan-lonjakan nilai *delay* yang drastis. Dari grafik diatas juga dapat dilihat *delay* pada pengukuran besar paket 20 lebih cepat daripada saat pengukuran besar paket 1280. Hal ini dikarenakan besar paket mempengaruhi waktu respon pada saat melakukan pengiriman data.



Gambar 13. Grafik hasil *PING youtube* dengan besar paket 20



Gambar 14. Grafik hasil *PING youtube* dengan besar paket 160

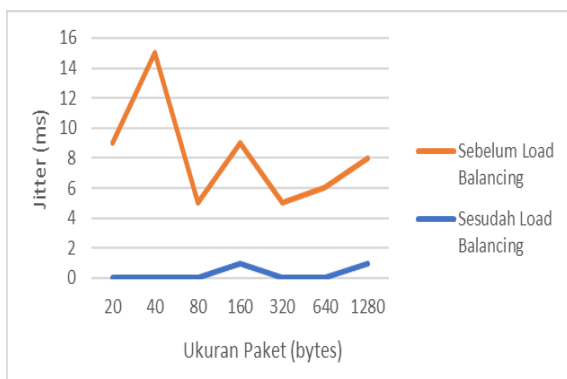


Gambar 15. Grafik hasil *PING youtube* dengan besar paket 1280

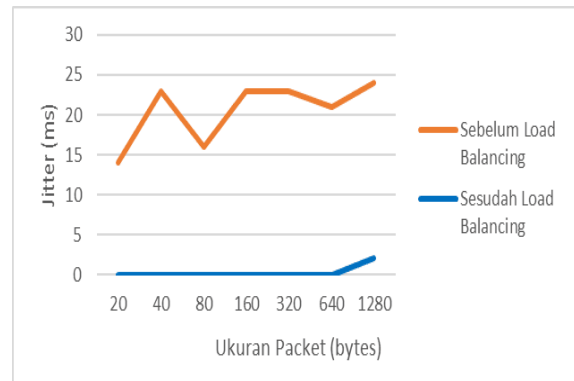
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa *delay* yang dihasilkan pada domain www.youtube.com lebih besar dikarenakan pada saat *streaming* video, sistem akan *me-reply* lebih lama daripada saat mengakses berupa *text* saja. Pada saat pengukuran *delay* pada domain *youtube* sebelum dilakukan *Load balancing* terjadi lonjakan-lonjakan nilai yang drastis hingga mencapai nilai 78 ms. Namun sesudah diterapkan *Load balancing* nilai *delay* jauh lebih stabil berada di kisaran 27 ms sampai 25 ms sampai 30 ms. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa teknik *Load balancing* yang diterapkan sudah berjalan dengan baik dikarenakan *delay* yang dihasilkan lebih kecil daripada sebelumnya. Dari kedua pengukuran *delay* pada kedua domain dapat diperoleh kesimpulan yaitu teknik *Load balancing* dapat memperkecil respon waktu pada saat *me-reply* permintaan dikarenakan beban akan dibagi seimbang oleh ISP. Jika salah satu ISP sudah banyak melayani permintaan, maka akan dialihkan ke ISP yang lain.

3. Jitter

Jitter dinyatakan dalam bentuk mutlak, sehingga setiap data *jitter* harus diubah ke dalam bentuk positif. Setelah perhitungan *jitter* dari setiap paket selesai dilakukan, kemudian semua data tersebut dijumlahkan sehingga menghasilkan nilai rata-rata *jitter* dari hasil *capture* jaringan yang dilakukan.



Gambar 16. Grafik perhitungan nilai *jitter* domain *google*



Gambar 17. Grafik perhitungan nilai *jitter* domain *youtube*

Berdasarkan pada Gambar 16 dan Gambar 17 nilai *jitter* yang didapat setelah *Load balancing* lebih stabil dan lebih sedikit nilainya dari sebelum diterapkan *Load balancing*. Dari hasil perhitungan setelah diterapkan *Load balancing*, nilai *jitter* kedua domain masuk dalam kategori sangat bagus dikarenakan nilai yang dihasilkan 0 ms. Sedangkan sebelum *Load balancing* nilai *jitter* yang dihasilkan mengalami fluktuasi. Hasil *jitter* terbesar pada domain www.google.com sebesar 15 ms dilakukan pada saat pengujian dengan ukuran paket 40 bytes. Sedangkan hasil *jitter* terbesar pada domain www.youtube.com sebesar 24 ms dan didapat pada saat pengujian dengan ukuran paket 1280 bytes. Dari hasil sebelum dilakukan *Load balancing* pada domain www.google.com didapatkan hasil rata-rata nilai *jitter* sebesar 8 ms, sedangkan sesudah diterapkan *Load balancing* didapatkan hasil rata-rata *jitter* sebesar 0 ms. Pada domain www.youtube.com sebelum dilakukan *Load balancing* didapatkan hasil rata-rata nilai *jitter* sebesar 17 ms, sedangkan sesudah diterapkan *Load balancing* didapatkan hasil rata-rata *jitter* sebesar 0 ms. Nilai rata-rata *jitter* pada domain www.youtube.com lebih besar daripada domain www.google.com. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penerapan teknik *Load balancing* pada sekolah telah berhasil.

4. Packet Loss

Packet loss merupakan banyaknya paket yang hilang dari keseluruhan paket yang dikirim dari sumber pengiriman terhadap tujuan pengiriman selama waktu tertentu. Umumnya penyebab *packet loss* adalah adanya *buffer* atau keterlambatan pengiriman paket sehingga bertumpukan dengan paket-paket yang dikirim

berikutnya, serta adanya *collision* atau data yang saling bertabrakan dan *congestion* atau kemacetan. Hasil perhitungan *packet loss* sama dengan skenario pengujian sebelumnya.

Tabel 8. Hasil perhitungan *packet loss*
www.google.com

Ukuran Packet (Bytes)	Jumlah Data	Packet loss (%)	Kategori	
Sebelum	20	35	2	Sangat Bagus
	40	35	8	Bagus
	80	35	0	Sangat Bagus
	160	35	0	Sangat Bagus
	320	35	0	Sangat Bagus
	640	35	0	Sangat Bagus
	1280	35	0	Sangat Bagus
	20	35	0	Sangat Bagus
Setelah	40	35	0	Sangat Bagus
	80	35	0	Sangat Bagus
	160	35	2	Sangat Bagus
	320	35	0	Sangat Bagus
	640	35	0	Sangat Bagus
	1280	35	0	Sangat Bagus

Tabel 9. Hasil perhitungan *packet loss*
www.youtube.com

Ukuran Packet (Bytes)	Jumlah Data	Packet loss (%)	Kategori	
Sebelum	20	35	11	Bagus
	40	35	20	Sedang
	80	35	14	Bagus
	160	35	20	Sedang
	320	35	25	Jelek

Setelah	640	35	22	Sedang
	1280	35	22	Sedang
	20	35	0	Sangat Bagus
	40	35	0	Sangat Bagus
	80	35	0	Sangat Bagus
	160	35	0	Sangat Bagus
	320	35	0	Sangat Bagus
	640	35	0	Sangat Bagus
	1280	35	0	Sangat Bagus

Dari Tabel 8 dan Tabel 9 dapat disimpulkan bahwa hasil *packet loss* yang didapatkan setelah diterapkan *Load balancing* lebih sedikit terjadi resiko kehilangan paket di tengah pengujian dikarenakan beban dibagi secara seimbang antara ISP 1 dan ISP 2. Berdasarkan Tabel 6 rekomendasi *standard packet loss* dapat digunakan sebagai acuan untuk mengukur kualitas jaringan dengan empat kategori dengan persentase 0% untuk kategori sangat baik. Persentase 0% atau kategori sangat baik dapat diartikan dalam transmisi atau pengiriman paket dari *node* pengirim ke *node* penerima dengan kondisi berhasil secara total atau tidak ada paket yang hilang selama pengiriman.

IV. PENUTUP

Berdasarkan seluruh hasil pengujian dan analisa data yang telah didapat maka dapat diambil kesimpulan bahwa, Sistem *Load balancing* dua ISP ini tidak menambahkan besar *bandwidth* menjadi dua kali lipat, akan tetapi hanya bertugas membagi trafik agar kedua *bandwidth* terpakai secara seimbang. Penyebaran paket data ISP1 dan ISP2 sudah terbagi secara merata. Beban terbanyak dilewatkan jalur koneksi 1 dikarenakan *bandwidth* yang disediakan lebih besar dari ISP2 yaitu 300 MB/s dibandingkan dengan 20 MB/s sehingga perbedaan besar paket yang terjadi disebabkan karena perbedaan besar *bandwidth* antara ISP1 dan ISP2. Pengujian

dilakukan dengan 7 skenario dengan jumlah data sebanyak 35 data. Analisa QoS dilakukan untuk mengetahui kinerja jaringan sebelum dan sesudah dilakukan *Load balancing* metode PCC yang dilakukan pada dua domain yaitu www.google.com dan www.youtube.com. Pengujian analisa QoS menggunakan 4 parameter yaitu *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Setelah diterapkan teknik *Load balancing* hasil yang didapat jauh lebih stabil dari sebelum diterapkannya *Load balancing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Elhanafi, I. Lubis, D. Irwan, and A. Muhazir, "Simulasi Implementasi Load balancing PCC Menggunakan Simulator Gns3," *J. Teknol. dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 1, no. 2, pp. 12–18, 2018.
- [2] Y. J. Waloeaya, *Computer Networking*. Yogyakarta: ANDI dan Elcom, 2012.
- [3] I. Sofana, *Teori dan Modul Praktikum Jaringan Komputer*. Bandung: Modula, 2011.
- [4] I. Warman and A. Andrian, "Analisis Kinerja Load balancing Dua Line Koneksi Dengan N Metode Nth (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Informatika Institut Teknologi Padang)," *J. TEKNOIF*, vol. 5, no. 1, pp. 56–62, 2017.
- [5] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, "Laporan Survei Internet APJII 2019 – 2020," *Indonesia Survey Center*, vol. 2020, pp. 1–146, 2020.
- [6] M. Anif et al., "Implementasi Teknologi Load balancing Dua Jalur Internet Service Provider (ISP) menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) di Pondok Pesantren Yasin Kudus," *Jati Emas (Jurnal Apl. Tek. dan Pengabd. Masyarakat)*, vol. 2, no. 1, pp. 26–34, 2018.
- [7] E. Ernanda, J. Triyono, and K. R. Y. Rachmawati, "Analisis dan Implementasi Load balance pada Mikrotik Router Dengan Menggunakan Metode Filterig Konten (Studi Kasus Pada Laboratorium Komputer, IST AKPRIND Yogyakarta)," *JARKOM*, vol. 5, no. 2, pp. 1–16, 2018.
- [8] G. T. P. Aji, C. Iswahyudi, and J. Triyono, "IMPLEMENTASI TEKNIK LOAD BALANCING METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) DENGAN FUNGSI QUEUE UNTUK MANAJEMEN BANDWIDTH (Studi Kasus Pada Laboratorium Komputer Jaringan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)," *JARKOM*, vol. 5, no. 2, pp. 103–111, 2018.
- [9] T. Sukendar, "Keseimbangan Bandwidth Dengan Menggunakan Dua ISP Melalui Metode Nth Load balancing Berbasis Mikrotik," *J. Tek. Komput. Amik Bsi*, vol. III, no. 1, pp. 86–92, 2017.
- [10] R. Panwar and B. Mallick, "Load balancing in cloud computing using dynamic load management algorithm," *Proc. 2015 Int. Conf. Green Comput. Internet Things, ICGCIoT 2015*, pp. 773–778, 2016.
- [11] M. F. ZULKARNAEN and M. I. Isnaini, "Implementasi Load balancing Dengan Metode Equal Cost Multi-Path," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 1, no. 1, p. 13, 2018.
- [12] X. He, Z. Ren, C. Shi, and J. Fang, "A Novel Load balancing Strategy of Software - Defined Cloud/Fog Networking in the Internet of Vehicles," *China Commun.*, p. 10, 2016.
- [13] S. Kaur and T. Sharma, "Efficient Load balancing using improved central Load balancing technique," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2018*, 2018, no. Icisc, pp. 1–5.
- [14] M. I. FIRDAUS, "Analisis Perbandingan Kinerja Load balancing Metode Ecmp (Equal Cost Multi-Path) Dengan Metode Pcc (Per Connection Classifier) Pada Mikrotik Routers," *Technologia*, vol. 8, no. 3, p. 165, 2017.
- [15] 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, p. 149, 2016.
- [16] M. Colajanni and M. Marchetti, "A parallel architecture for stateful intrusion detection in high traffic Networks," *MonAM*, pp. 1–7, 2006.
- [17] R. Pambudi and M. A. Muslim,

- “Implementasi Policy Base Routing dan Failover Menggunakan Router Mikrotik untuk Membagi Jalur Akses Internet di FMIPA Unnes,” *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 5, no. 2, p. 57, 2017.
- [18] A. Restu Mukti and R. Novrianda Dasmen, “Prototipe Manajemen Bandwidth pada Jaringan Internet Hotel Harvani dengan Mikrotik RB 750r2,” *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 4, no. 2, pp. 87–92, 2019.
- [19] B. S. Oetomo, *Konsep dan Perancangan Jaringan Komputer Bangunan Satu Lantai, Gedung Bertingkat dan Kawasan*. Yogyakarta: ANDI, 2003.
- [20] Y. Pangestu, D. Setiyadi, and F. N. Khasanah, “Metode Per Connection Classifier Untuk Implementasi Load balancing Jaringan Internet,” *PIKSEL Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. Log.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [21] E. R. Gene, “Implementasi Load balancing Dengan Dua Isp Menggunakan Metode (Koneksi Ke-N) Dan Per Connection Classifier (Pcc) Pada Mikrotik,” *Skripsi. Univ. Sanata Dharma*, p. 63, 2018.
- [22] I. Sofana, *JARINGAN KOMPUTER BERBASIS MIKROTIK Dilengkapi Latihan dan Contoh Soal Mikrotik Training Certified Network Associed (MTCNA)*. Bandung: INFORMATIKA, 2017.
- [23] R. Wulandari, “ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI),” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016.
- [24] P. Oktivasari and R. Sanjaya, “Implementasi Sistem Load balancing Dua ISP Menggunakan Mikrotik dengan Metode Per Connection Classifier,” *Multinetics*, vol. 1, no. 2, p. 33, 2015.
- [25] M. S. Wahyudi, “Prediksi Performansi Dan Perencanaan Optimal Jaringan Manet Menggunakan Metode Regresi Linier,” *Skripsi. Univ. Trunojoyo Madura*, 2019.