

KINERJA IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DENGAN METODE *PER CONNECTION* *CLASSIFIER* PADA PENGGUNAAN WIRELESS *NETWORK*

Adji Surya Dinata¹, Eka Purwa Laksana²

^{1,2} Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur

Jakarta, Indonesia

¹adji.soerya@gmail.com, ²eka.purwalaksana@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Load balancing merupakan salah satu teknik routing dengan memanfaatkan beberapa Internet Service Provider (ISP) untuk dapat digunakan secara bersamaan atau saling membackup jika ISP lainnya down atau bermasalah. Ada berbagai metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode PCC pada jaringan wireless. Peer Connection Classifier (PCC) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan pada load balancing. PCC dapat digunakan untuk mengelompokkan trafik koneksi yang melalui router mikrotik menjadi beberapa kelompok. Sehingga router akan mengingat jalur yang dilewati diawal trafik koneksi dan pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awalnya akan dilewatkan pada jalur yang sama juga. Pada implementasi ini, pengujian menggunakan aplikasi Winbox untuk menganalisa serta melakukan monitoring trafik jaringan. Kemudian speedtest.net digunakan untuk mengukur performa Quality Of Service (QOS) wireless network baik secara pengujian bandwidth, jitter, delay serta menggunakan aplikasi wireshark sebagai monitoring throughput pada masing-masing ISP. Skenario pengujian load balancing ini dilakukan dengan cara pengunduhan data sebesar 94.13 MB, 133.68MB dan 302.26 MB. Untuk pengujian dilakukan tiga kali dalam kondisi pagi hari dengan jarak waktu 07:00 sampai dengan 08:00, siang hari dengan jarak waktu 13:00 sampai dengan 14:00 dan malam hari dengan jarak waktu 24:00 sampai dengan 01:00. Implementasi sistem load balancing tersebut bertujuan agar link lebih stabil dengan mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang, memaksimalkan throughput, memperkecil delay dan menghindari overload. Peningkatan rata-rata throughput paling tinggi terjadi pada kondisi malam hari dengan melakukan pengunduhan data kapasitas besar 302.26 MB yaitu sebesar 7.7 Mbps.

Kata kunci: Load balancing, throughput, Quality Of Service, wireless network, Peer Connection Classifier.

ABSTRACT

Load balancing is one of the routing techniques by utilizing several Internet Service Providers (ISP) to be used simultaneously or back up each other if other ISPs are down or in trouble. There are various methods that can be used, one of which is the PCC method on wireless networks. Peer Connection Classifier (PCC) is one method that can be used in load balancing. PCC can be used to group connection traffic through a proxy router into several groups. So the router will remember the path that was passed at the beginning of the connection traffic and in subsequent packets that are still related to the connection initially will be passed on the same path as well. In this implementation, the test uses the Winbox application to analyze and monitor network traffic. Then speedtest.net is used to measure the performance of Wireless Network Quality Of Service (QOS) both by testing bandwidth, jitter, delay and using the wireshark application as monitoring throughput at each ISP. This load balancing testing scenario is done by downloading data of 94.13 MB, 133.68MB and 302.26 MB. For testing carried out three times in the morning with a time interval of 07:00 to 08:00, during the day with a time interval of 13:00 to 14:00 and the night with a time interval of 24:00 to 01:00. The implementation of the load balancing system aims to make the link more stable by distributing traffic loads on two or more connection lines in a balanced way, maximizing throughput, minimizing delays and avoiding overload. The highest increase in average throughput occurred at night conditions by downloading 302.26 MB of large capacity data which was 7.7 Mbps.

Keywords: Load balancing, throughput, Quality Of Service, wireless network, Peer Connection Classifier.

I. PENDAHULUAN

Kemampuan komunikasi yang tidak mengenal batasan ruang dan waktu melalui teknologi networking, merupakan syarat utama disetiap bidang untuk dapat terus meningkatkan efisiensi kinerja, banyak perusahaan yang bersaing sebagai penyedia layanan internet yang biasa disebut ISP (*Internet Service Provider*) untuk menjual produk internet yang berkualitas. Banyak perusahaan yang menggunakan jasa ISP tersebut sedikit mengeluh saat terjadi *down* atau internetnya mati, dengan menggunakan teknologi *load balancing* dapat menyatukan 2 ISP atau dua jalur koneksi jaringan dalam 1 jaringan untuk diterapkan secara personal maupun *corporate*.

Load balancing adalah teknik untuk mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang, agar trafik dapat berjalan optimal, memaksimalkan *throughput*, memperkecil waktu tanggap dan menghindari *overload* pada salah satu jalur koneksi *load balancing* akan memungkinkan untuk membagi lalu lintas ke jalur yang sama dengan kemampuan untuk menyimpan paket – paket dengan pilihan yang spesifik dalam satu jalur tertentu [1].

Sistem *Load Balancing* bermanfaat bagi user yang cenderung lebih pada admin untuk meminimalisir terjadi putusnya koneksi jaringan internet yang disebabkan kerusakan dari server ISP atau jalur aksesnya [2].

Metode *load balancing* dengan *Peer Connection Classifier* (PCC) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan pada *load balancing*, dengan PCC dapat digunakan untuk mengelompokkan trafik koneksi yang melalui *router* menjadi beberapa kelompok, sehingga *router* akan mengetahui jalur *gateway* yang dilewati diawal trafik koneksi dan pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awalnya akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama juga [3].

Standar IEEE 802.11 nirkabel jaringan mendefinisikan salah satu teknologi nirkabel yang paling banyak digunakan di dunia. bersamaan dengan penerapan aplikasi kritis yang peka terhadap waktu, ada motivasi kuat untuk mengembangkan fitur *load balance* untuk memenuhi persyaratan kinerja yang lebih ketat [4]

Dengan diterapkannya sistem teknologi *load balancing* dengan metode PCC pada jaringan *wireless*, diharapkan agar saat pengiriman paket data dapat didistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang agar jaringan internet baik di kantor ataupun lokasi lain akan lebih stabil dan dapat dikontrol dalam penggunaan *bandwidth traffic* dan meminimalisir adanya *downtime* ketika *failover* berjalan.

II. LANDASAN TEORI

Perkembangan jaringan komputer saat ini memiliki sejarah yang cukup panjang mulai dari awal dicetuskannya ide mengenai kebutuhan akan komputer yang dapat saling bekerja sama melakukan banyak tugas dalam satu waktu, hingga kebutuhan untuk saling berkomunikasi antar jaringan. Pada awalnya cikal bakal dari jaringnya komputer dimulai pada era 40-an, hingga terus berkembang menjadi berbagai macam jenis jaringan, mulai dari koneksi LAN, hingga terciptanya internet sebagai salah satu jaringan interkoneksi yang sangat luas dan banyak digunakan di seluruh dunia.

A. Topologi Jaringan Komputer

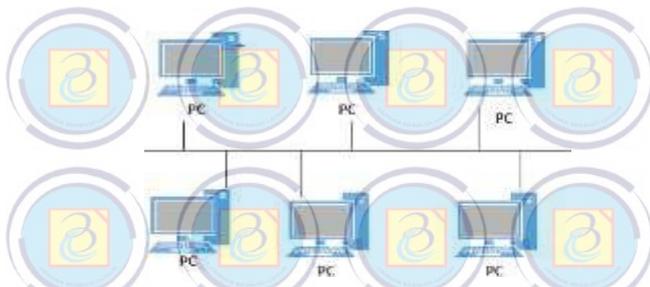
Pada buku Sistem jaringan komputer untuk pemula yang di tulis Madcoms [5] Topologi jaringan komputer “merupakan gambaran polahubungan antara komponen-komponen jaringan, yang meliputi komputer server, komputer klien/workstation, hub/switch, perkabelan dan komponen jaringan yang lain. Topologi pada dasarnya adalah peta dari sebuah jaringan.

Topologi jaringan terbagi lagi menjadi dua yaitu topologi secara fisik (*physical topology*) dan topologi secara logika (*logical topology*). Topologi secara fisik menjelaskan bagaimana susunan dari label, komputer dan lokasi dari semua komponen jaringan. Sedangkan topologi secara logika menetapkan bagaimana informasi atau aliran data dalam jaringan.

Arsitektur topologi merupakan bentuk koneksi fisik untuk menghubungkan setiap node pada sebuah jaringan. Pada sistem LAN terdapat tiga topologi utama yang paling sering digunakan, yaitu : Bus, Star, dan Ring. Topologi jaringan ini kemudian berkembang menjadi Topologi Tree dan Mesh yang merupakan kombinasi dari Star, Ring, dan Bus.

a. Topologi Bus

Topologi bus menurut buku yang ditulis Madcoms [5] adalah “topologi yang menghubungkan beberapa komputer ke sebuah kabel dengan beberapa terminal. Topologi Bus menggunakan jenis kabel coaxial dengan beberapa konektor BNC.” Dalam topologi ini hanya menyediakan 1 jalur yang digunakan untuk berkomunikasi antar perangkat atau komputer, sehingga setiap perangkat harus berhati-hati dalam menggunakan jalur hal ini menyebabkan komunikasi antara perangkat jadi lama atau lambat. Berikut topologi bus sesuai pada gambar 1.



Gambar 1 Topologi Bus

1. Kelebihan Topologi Bus :

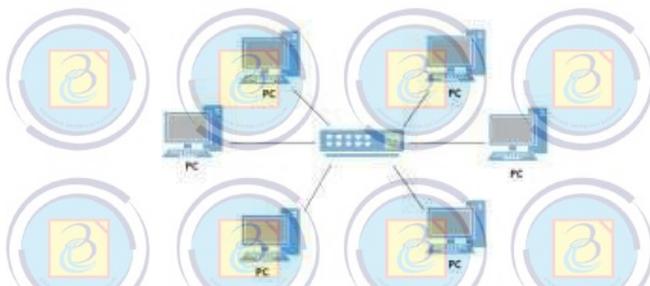
- Biaya instalasi yang bisa dibilang sangat murah karena hanya menggunakan sedikit kabel.
- Penambahan client/workstation baru dapat dilakukan dengan mudah.
- Topologi yang sangat sederhana dan mudah di aplikasikan.

2. Kekurangan Topologi Bus

- Jika salah satu kabel pada topologi jaringan bus putus atau bermasalah, hal tersebut dapat mengganggu komputer workstation atau client yang lain.
- Proses sending (mengirim) dan receiving (menerima) data kurang efisien, biasanya sering terjadi tabrakan data pada topologi ini.

b. Topologi star

Topologi star atau bintang menurut buku yang ditulis Madcoms [5] merupakan “topologi yang menghubungkan beberapa komputer dengan menggunakan perangkat yaitu hub atau switch. Perangkat ini berfungsi sebagai pengontrol dari semua komputer yang terhubung dalam suatu jaringan.” Berikut topologi star sesuai pada gambar 2.



Gambar 2 Topologi Star

1. Kelebihan Topologi Star :

- Apabila salah satu komputer mengalami masalah, jaringan pada topologi ini tetap berjalan dan tidak mempengaruhi komputer yang lain.
- Bersifat fleksibel
- Tingkat keamanan bisa dibilang cukup baik daripada topologi bus.
- Kemudahan deteksi masalah cukup mudah jika terjadi kerusakan pada jaringan.

2. Kekurangan Topologi Star :

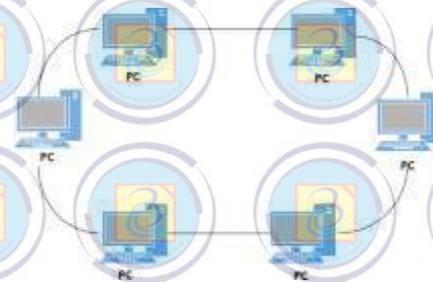
- Jika switch/hub yang notabnya sebagai titik pusat mengalami masalah, maka

seluruh komputer yang terhubung pada topologi ini juga mengalami masalah.

- Cukup membutuhkan banyak kabel, jadi biaya yang dikeluarkan bisa dibilang cukup mahal.
- Jaringan sangat tergantung pada terminal pusat.

c. Topologi ring

Topologi ring menurut buku yang ditulis Madcoms [5] merupakan “topologi yang menghubungkan beberapa komputer dengan membentuk sebuah lingkaran.” Komputer yang terhubung dalam topologi ini akan terkoneksi pada 2 komputer. Setiap informasi yang diperoleh akan diperiksa alamatnya oleh perangkat jika sesuai maka informasi akan diproses sedangkan jika tidak maka informasi diabaikan. Berikut topologi ring sesuai pada gambar 3.



Gambar 3 Topologi Ring

1. Kelebihan topologi ring adalah :

- Kecepatan pengiriman tinggi.
- Dapat melayani traffic yang padat.
- Tidak diperlukan host, relatif murah.
- Dapat melayani berbagai mesin pengirim.
- Komunikasi antar terminal mudah.
- Waktu yang diperlukan untuk pengaksesan data optimal.

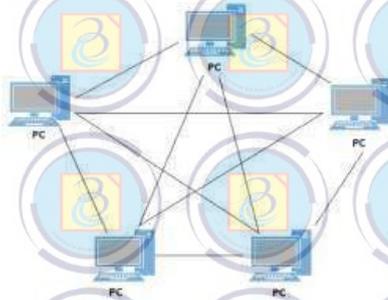
2. Kerugian topologi ring adalah :

- Perubahan jumlah perangkat sulit.
- Kerusakan pada media pengirim dapat mempengaruhi seluruh jaringan.
- Harus memiliki kemampuan untuk mendeteksi kesalahan untuk kemudian di isolasi.
- Kerusakan salah satu perangkat menyebabkan kelumpuhan jaringan.
- Tidak baik untuk pengiriman suara, video dan data.

d. Topologi mesh

Topologi Mesh merupakan sebuah perangkat yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Topologi jenis ini memiliki kemampuan yaitu bisa berkomunikasi dengan perangkat yang dituju dengan cepat. Biasanya topologi ini digunakan pada sebuah jaringan komputer yang tidak besar. Memiliki hubungan yang berlebihan antar peralatan yang ada, setiap peralatan saling

terhubung dalam sebuah susunan dan semakin banyak jumlah peralatan maka semakin sulit pula cara mengendalkannya merupakan beberapa karakteristik topologi mesh. Berikut topologi mesh sesuai pada gambar 4.



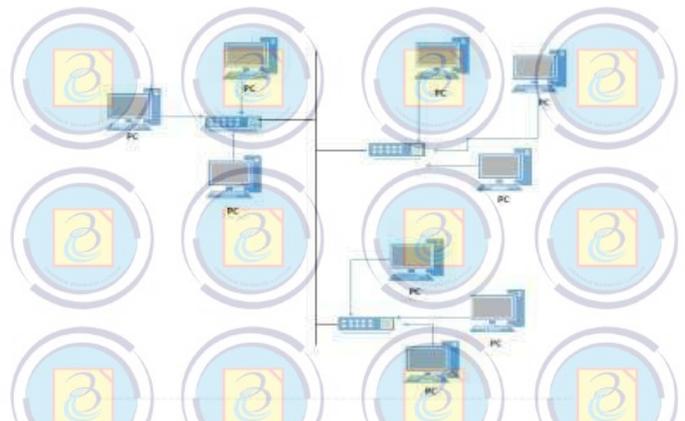
Gambar 4 Topologi Mesh

1. Kekurangan dari Topologi Mesh :
 - Terlalu boros kabel
 - pemasangan yang rumit
 - biaya yang cukup besar untuk merawat hubungan yang berlebih dan ketika jumlah komputer dan peralatan yang saling terhubung maka akan semakin sulit dalam melakukan instalasi dan konfigurasi ulang.
2. Kelebihan dari Topologi Mesh :
 - Terjaminnya kapasitas channel komunikasi, karena memiliki hubungan berlebih.
 - Relatif lebih mudah dalam Troubelshooting
 - sharing file akan lebih cepat sampai karena memiliki jalur masing-masing.

e. Topologi tree

Topologi Pohon adalah kombinasi karakteristik antara topologi bintang dan topologi bus. Topologi ini terdiri atas kumpulan topologi bintang yang dihubungkan dalam satu topologi bus sebagai jalur tulang punggung atau backbone. Komputer-komputer dihubungkan ke hub, sedangkan hub lain di hubungkan sebagai jalur tulang punggung.

Topologi jaringan ini disebut juga sebagai topologi jaringan bertingkat. Topologi ini biasanya digunakan untuk interkoneksi antar sentral dengan hirarki yang berbeda. Untuk hirarki yang lebih rendah digambarkan pada lokasi yang rendah dan semakin keatas mempunyai hirarki semakin tinggi. Topologi jaringan jenis ini cocok digunakan pada sistem jaringan komputer. Berikut topologi tree sesuai pada gambar 5.

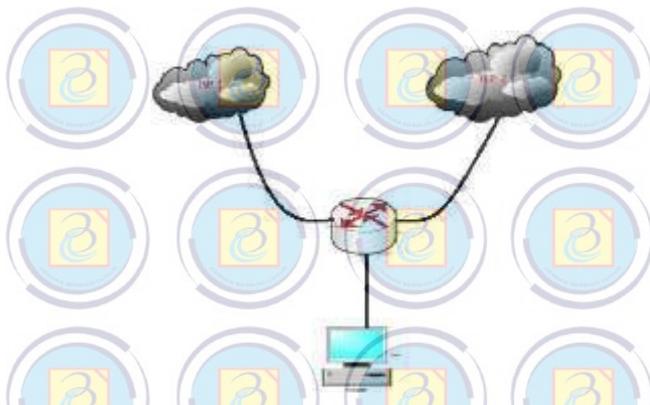


Gambar 5 Topologi Tree

1. Kekurangan dari topologi Tree :
 - Pada topologi ini kemungkinan terjadi collision sangat besar.
 - Memerlukan perawatan yang ekstra dalam menjaga stabilitas jaringan.
 - Topologi tree memerlukan perencanaan yang matang dan detail dalam penerapannya.
 - Pada topologi tree jika komputer root atau komputer sentral terganggu maka komputer yang berada dibawah jaringan tersebut akan terganggu.
2. Kelebihan dari topologi Tree :
 - Topologi tree memenuhi salah satu sifat dan syarat jaringan komputer yaitu scalable dimana topologi ini dapat menyesuaikan kondisi dan keperluan, misalkan pada gedung bertingkat dengan skala yang besar.
 - Jenis topologi ini banyak digunakan diberbagai tempat karena topologi ini dapat mendukung jaringan dengan skala yang besar.
 - Topologi mudah untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhan user, dan sangat mudah untuk diperbaiki jika ada permasalahan.

B. Load balancing

Dalam bukunya Towidjojo [6] menjelaskan bahwa “Load balancing adalah teknik untuk membagi beban (*load*) ke dalam beberapa jalur atau link. Ini dilakukan jika untuk menuju suatu network terdapat beberapa jalur. Tujuan dari load balance ini agar tidak ada link yang mendapatkan beban yang lebih besar dari link yang lain diharapkan dengan membagi beban ke dalam beberapa link tersebut, maka akan tercapai keseimbangan (*balance*) penggunaan link-link tersebut.”



Gambar 6 Topologi Load Balancing Dengan 2 ISP

Pada umumnya *load balancing* digunakan oleh perusahaan atau pemilik layanan yang menginginkan layanannya selalu tersedia setiap saat (*high availability*) walau secara kenyataan terdapat kendala yang membuat layanan tidak dapat diakses contohnya layanan *web server*. Dengan menggunakan *load balancing* maka beban akan dibagi sama rata agar tidak terjadi *overload* pada masing-masing jalur.

Pada saat salah satu link koneksi *down* dan menjadi cepat pada saat *network* normal memerlukan realibilitas tinggi yang memerlukan 100% koneksi uptime dan yang menginginkan *upstream* yang berbeda dan dibuat saling *mem-backup*. Selama ini banyak yang beranggapan salah, bahwa dengan menggunakan *load balancing* dua jalur koneksi, maka besar *bandwidth* yang akan didapatkan menjadi dua kali lipat dari *bandwidth* sebelum menggunakan *load balance* (akumulasi dari kedua *bandwidth* tersebut).

Hal ini perlu diperjelas dahulu, bahwa *load balance* tidak akan menambah besar *bandwidth* yang diperoleh, tetapi hanya bertugas untuk membagi trafik dari kedua *bandwidth* tersebut agar dapat terpakai secara seimbang. Bahwa dalam penggunaan *load balancing* tidaklah seperti rumus matematika $1+1=2$ akan tetapi $1+1=1+1$.

Selama ini masih banyak anggapan yang salah bahwa menerapkan teknik *load balancing* pada dua jalur koneksi, maka besar *bandwidth* yang di dapatkan menjadi dua kali lipat dari *bandwidth* sebelum menggunakan *load balancing*. Maka perlu saya jelaskan lagi bahwa *load balancing* tidak akan menambah besar *bandwidth* yang diperoleh. Tetapi hanya bertugas untuk membagi trafik dari kedua *bandwidth* tersebut agar dapat dipakai secara seimbang.

Metode *load balancing* sendiri ada 4 yang umum dipergunakan. Di antaranya: *Static Route* dengan *Address List*, *Equal Cost Multi Path* (ECMP), *Nth*, dan *Per Connection Classifier* (PCC). Masing-masing metode punya kelebihan, kekurangan dan karakteristiknya masing-masing.

a. *Static route* dengan *Address list*

Static route dengan *Address list* adalah metode *load balancing* yang mengelompokkan suatu *range*

IP address untuk dapat di atur untuk melewati salah satu *gateway* dengan menggunakan *static routing*. Metode ini sering di gunakan pada warnet yang membedakan PC untuk *browsing* dengan PC untuk *game online*. Mikrotik akan menentukan jalur *gateway* yang di pakai dengan membedakan *source-address* pada paket data.

1. Kelebihan : dapat membagi jaringan dengan topologi yang sederhana, tidak sulit, dan tidak ada disconnection pada *client* yang disebabkan perpindahan *gateway* karena *load balancing*.
2. Kekurangan : mudah terjadi *overload* jika yang aktif hanya *client-client* pada salah satu *address list* saja.

b. *Equal Cost Multi Path* (ECMP)

Equal Cost Multi Path adalah pemilihan jalur keluar secara bergantian pada *gateway*. Contohnya jika ada dua *gateway*, dia akan melewati kedua *gateway* tersebut dengan beban yang sama (*Equal Cost*) pada masing-masing *gateway*.

1. Kelebihan : Dapat membagi beban jaringan berdasarkan perbandingan kecepatan di antara 2 ISP.
2. Kekurangan : Sering terjadi *disconnection* yang disebabkan oleh *routing table* yang restart secara otomatis setiap 10 menit.

c. *Nth*

Nth bukanlah sebuah singkatan melainkan sebuah bilangan integer (bilangan ke-N). *Nth* menggunakan algoritma *round robin* yang menentukan pembagian pemecahan *connection* yang akan di-*mangle* ke rute yang dibuat untuk *load balancing*. Pada dasarnya, koneksi yang masuk ke proses *router* akan menjadi satu arus yang sama. Walaupun mereka datang dari interface yang berbeda. Maka pada saat menerapkan metode *Nth*, tentunya akan ada batasan ke *router* untuk hanya memproses koneksi dari sumber tertentu saja. Ketika *router* telah membuat semacam antrian baru untuk batasan yang diberikan di atas, baru proses *Nth* di mulai.

1. Kelebihan : Dapat membagi penyebaran paket data yang merata pada masing-masing *gateway*.
2. Kekurangan : sering terjadi terputusnya koneksi yang disebabkan perpindahan *gateway* karena *load balancing*.

d. *Per Connection Classifier* (PCC)

Per Connection Classifier merupakan metode yang menspesifikasikan suatu paket menuju *gateway* suatu koneksi tertentu. PCC mengelompokkan trafik koneksi yang keluar masuk *router* menjadi beberapa kelompok. Pengelompokan ini bisa dibedakan 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 akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama dengan paket data sebelumnya yang sudah dikirim.

1. Kelebihan : Mampu menspesifikasikan *gateway* untuk tiap paket data yang masih berhubungan dengan data yang sebelumnya sudah dilewatkan pada salah satu *gateway*.
2. Kekurangan : Beresiko terjadi *overload* pada salah satu *gateway* yang disebabkan oleh pengaksesan situs yang sama.

C. Software pengujian bandwidth

Pengujian bandwidth yang disewa sangat diperlukan karena hal tersebut untuk memastikan bahwa *bandwidth* yang diterima terkirim dengan sesuai. Untuk mengetahui bandwidth maksimal yang dapat dilewati oleh jalur akses atau mengetahui kestabilan link yang akan disewa maka perlu dilakukan pengetesan yaitu dengan menggunakan software berikut:

a. Internet Download Manager atau IDM

Fungsi dari *software* ini adalah perangkat lunak yang memudahkan untuk mengambil data dari internet atau bisa disebut download.

b. Speedtest.net

Speedtest.net adalah sebuah *tools online* untuk mengukur performa dari suatu koneksi *broadband* dengan cara memberi beban ke koneksi jaringan internet. Pada akhir dari tiap tes, akan ditampilkan nilai kecepatan *bandwith download* dan *upload*.

III. PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN SISTEM

A. Tahapan penelitian

Pada tahapan penelitian ini, menguraikan tentang tahapan yang dilakukan dalam penelitian dari awal (identifikasi masalah) sampai akhir pembahasan dengan di dapatkannya kesimpulan beserta metode pemecahan yang dipakai dalam pengujian sesuai pada gambar 7.



Gambar 7 Tahapan penelitian

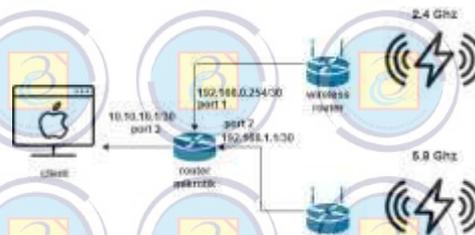
B. Perancangan

Berikut merupakan perancangan fisik *IP address* pada masing-masing *interface* perangkat yang digunakan sesuai pada tabel 1.

Tabel 1 Perancangan Fisik IP Address

Device	Interface	IP Address	Gateway	Subnet Mask
Mikrotik RB751U	ISP 1 - (Eth 1)	192.168.1.253	192.168.1.254	255.255.255.252
	ISP 2 - (Eth 2)	192.168.0.2	192.168.0.1	255.255.255.252
	LAN - (Eth 3)	10.10.10.1	-	255.255.255.252
PC User	Ethernet	10.10.10.2	10.10.10.1	255.255.255.252

Setelah perancangan fisik mengenai IP (*Internet Protocol*) *address* pada tabel 1 diatas, maka dilanjutkan dengan perancangan topologi. Berikut topologi implementasi pengujian sistem sesuai pada gambar 8



Gambar 8 Topologi Pengujian Sistem

Berikut mengenai keterangan gambar topologi pada pengujian sistem sesuai pada tabel 2

Tabel 2 Keterangan gambar topologi pengujian system

Device	Fungsi	Keterangan
Wireless Modem ISP1	Sebagai media perantara jaringan internet dengan perangkat lainnya agar saling terhubung.	Main link
Wireless Modem ISP2	Sebagai media perantara jaringan internet dengan perangkat lainnya agar saling terhubung.	Backup link
Wireless Router	Digunakan sebagai penerima internet yang berasal dari modem dimana menggunakan mode WISP (Wireless Internet Service Provider) yang mana merupakan fitur pada router agar dapat menangkap sinyal	- dual band 2.4 Ghz dan 5.8 Ghz - support WISP

	sebagai client sekaligus menyebabkan kembali melalui <i>wifi</i> atau <i>wired</i> / kabel.	
Router Mikrotik	Suatu perangkat pusat pengolahan serta kendali terkait pengiriman paket data yang diterima sekaligus sebagai konfigurasi utama terkait <i>load balancing</i>	Support configuration load balancing
PC/Laptop	Piranti perangkat keras sebagai pengolahan data pengujian implementasi	Stand alone

Detail penjelasan mengenai topologi pengujian sistem sebagai berikut :

- a. *Interface* ISP-1 (main link) : merupakan *interface* yang terkoneksi dengan jaringan yang menuju modem A atau gateway ISP-1 dimana menggunakan frekuensi 2.4 Ghz.
- b. *Interface* ISP-2 (backup link): merupakan *interface* yang terkoneksi dengan jaringan yang menuju modem B atau gateway ISP-2 dimana menggunakan frekuensi 5.8 Ghz.
- c. *Interface* LAN : merupakan *interface* yang terkoneksi dengan jaringan lokal yang menghubungkan *client* dengan *router*.

C. Skenario pengujian

Dalam tahap skenario pengujian ini, dilakukan beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

1. QOS (Quality Of Service) Internet Service Provider

Mengingat source link yang digunakan menggunakan provider yang berbeda, maka dari itu dilakukannya QOS pada masing-masing provider. Fungsi yang diuji dari skenario ini adalah melakukan penilaian parameter QOS dimana bertujuan untuk mengetahui hasil daripada *speed downlink* dan *uplink*, *latency*, *jitter* dan *packet loss* yang didapat. QOS ini dilakukan dalam tujuh hari dimana dilakukannya antara pagi, siang dan malam untuk mengetahui hasil kualitas yang didapat.

2. Monitoring Jaringan

Pada tahap perancangan pengujian sistem ini, dilakukan sebagai *monitoring* selama tujuh hari dengan kondisi pada saat pagi, siang dan malam untuk mengetahui seberapa baiknya kualitas jaringan yang digunakan. Dengan demikian dilanjutkan dengan pengujian dari hasil monitoring kualitas jaringan atau yang disebut dengan QOS (*Quality Of Service*) pada parameter-parameter yang sudah

ditentukan. Berikut untuk diagram alir perancangan QOS pada gambar 9.



Gambar 9 Diagram Alir Perancangan QOS

Pada tahap selanjutnya, pengujian menggunakan aplikasi Winbox untuk menganalisa serta melakukan *monitoring* trafik jaringan. Kemudian speedtest.net digunakan untuk mengukur performa *Quality Of Service* (QOS) *wireless network* baik secara pengujian *bandwidth*, *jitter*, *delay* serta menggunakan aplikasi wireshark sebagai *monitoring throughput* pada masing-masing ISP. Ini sangat diperlukan untuk melihat kondisi pemakaian saat koneksi jaringan internet yang sedang digunakan serta melihat *bandwidth* sekaligus kualitas jaringan yang di dapat oleh masing-masing ISP. Dengan menganalisa sistem yang sedang berjalan dan mengetahui karakteristik dari jaringan yang ada, yaitu dengan memantau trafik yang terdapat pada port *interface* MikroTik dan melihat atau menguji *bandwidth* yang di dapat dengan menggunakan aplikasi speedtest.net. Ini berguna agar dalam penerapan *load balancing* dapat berjalan secara optimal dan efektif. Implementasi sistem *load balancing* tersebut bertujuan agar link akan lebih stabil dengan mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang, memaksimalkan *throughput*, memperkecil *delay* dan menghindari *overload*.

3. Load Balancing Test

Kemudian dilanjutkan uji coba implementasi dengan melakukan konfigurasi *load balancing* disisi router mikroTik. Skenario pengujian yang dilakukan adalah dengan mengunduh suatu data baik sebelum dan sesudah dilakukannya *load balancing* dengan ukuran data kapasitas 94.13 MB, 133.68MB dan 302.26 MB.

4. Throughput Test

Beban traffic yang melebihi kapasitas bandwidth pada suatu interface menyebabkan adanya flooding traffic dimana hasil throughput yang didapat tidak maksimal. Maka dari itu fungsi uji coba ini adalah untuk mengetahui throughput yang didapat. Percobaan dilakukan pada saat sebelum dan sesudah load balancing yang mana dilakukan sebanyak tiga kali dalam pagi, siang dan malam agar mengetahui perbedaan throughput yang didapat.

5. Auto Failover Test

Teknik *failover* adalah suatu teknik jaringan dengan memberikan dua jalur koneksi atau lebih dimana ketika salah satu jalur mati, maka koneksi masih tetap berjalan dengan memanfaatkan jalur lainnya. Teknik *failover* ini cukup penting ketika menginginkan adanya koneksi jaringan internet yang handal, dan dapat meminimalisir *downtime*. Dengan demikian uji coba dilakukan dengan melakukannya disable pada interface ISP1 untuk melihat hasil *auto failover test* yang dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan analisa perbandingan yang bertujuan untuk menentukan skenario yang efektif dan dapat meningkatkan kualitas QOS masing-masing ISP dan throughput yang didapat ketika dilakukannya load balancing. Berikut hasil analisa yang didapat :

A. Pengujian QOS ISP1 (provider XL)

Dilakukannya pengujian kembali terkait hasil performansi kualitas QOS yang didapat setelah dilakukannya load balancing. Pengujian yang dilakukan sama seperti pada hasil sebelum dilakukannya load balancing dimana dilakukan selama tujuh hari untuk melihat kualitas dengan kondisi pagi, siang dan malam. Berikut tabel 3 hasil perbandingan parameter QOS ISP1.

Tabel 3 Hasil Perbandingan parameter QOS ISP1

TIME		BEFORE			AFTER		
		PA GI	SIA NG	MAL AM	PA GI	SIA NG	MAL AM
SPEED (Mbps)	DONW LOA D	16.53	12.33	11.45	25.84	27.34	25.04
	UP LOA D	30.44	25.78	22.1	23.35	27.43	24.81
JITTER (ms)		6.14	5	5.83	3.79	5.74	5.26
LATENCY (ms)		19.42	18.57	21.57	21.14	22.86	22
PACKET LOSS (%)		0	0	0	0	0.14	0.14

Dilihat dari tabel 3 bahwa terjadi peningkatan pada parameter *download* dimana *speed download* tertinggi pada saat siang hari 27.34 Mbps dimana peningkatan yang didapat mencapai 15.01 Mbps. Untuk parameter *upload* hasil yang didapat mengalami peningkatan hanya saja pada saat kondisi pagi hari lebih kecil dari pada sebelumnya. Untuk

delay yang didapat baik sebelum dan sesudah dilakukannya *load balancing* masih terbelang kategori bagus walaupun secara hasil sebelum *load balancing* lebih baik dari hasil sesudah *load balancing*. Untuk hasil parameter *jitter* terbaik yang didapat setelah load balancing pada kondisi pagi hari mencapai 3.79 ms. Untuk hasil *jitter* yang didapat baik sebelum dan sesudah *load balancing* terbelang kategori bagus. Mengingat *source link* yang digunakan menggunakan *provider, service broadband* dan faktor cuaca dapat mempengaruhi hasil dari nilai parameter QOS yang didapat.

B. Pengujian QOS ISP2 (provider telkomsel)

Dilakukannya *load balancing* dimana dilakukan selama tujuh hari untuk melihat kualitas dengan kondisi pagi, siang dan malam. Berikut tabel 4 hasil perbandingan parameter QOS ISP2.

Tabel 4 Hasil Perbandingan parameter QOS ISP2

TIME		BEFORE			AFTER		
		PA GI	SIA NG	MAL AM	PA GI	SIA NG	MAL AM
SPEED (Mbps)	DONW LOA D	16.54	11.65	16.11	21.72	22.64	19.37
	UP LOA D	34.6	17.81	37.64	16.12	17.17	28.88
JITTER (ms)		9.2	10.5	6.2	20.79	6.44	6.97
LATENCY (ms)		19.14	22.57	17.14	22.29	21.86	21.29
PACKET LOSS (%)		0	0.35	0	0	3.43	0

Dilihat dari tabel 4 pada masing-masing parameter yang didapat ISP2 bahwa hanya parameter *download* yang mengalami peningkatan dimana terjadi pada kondisi siang hari *download* setelah *load balancing* 22.64 Mbps. Untuk hasil parameter lainnya tidak mengalami peningkatan namun mengalami penurunan. Faktor cuaca dapat mempengaruhi hasil daripada kualitas parameter QOS yang didapat serta *service broadband* yang menjadikan parameter tidak stabil. Untuk nilai parameter *jitter* sesuai pada tabel 4 hasil yang didapat baik sebelum dan sesudah dilakukan *load balancing* masih terbelang dalam kategori bagus. Untuk nilai parameter *delay* hasil yang didapat masih dalam kategori bagus dan untuk parameter *packet loss* juga masih terbelang kategori bagus. Mengingat *source link* yang digunakan menggunakan *provider, service broadband* dan faktor cuaca dapat mempengaruhi hasil dari nilai parameter QOS yang didapat.

C. Pengujian throughput pertama

Dari hasil pengujian pertama, dilakukannya percobaan sebanyak 3 kali dalam kondisi pagi siang dan malam hari dengan kualitas kapasitas data kecil, sedang dan besar. Berikut hasil perbandingan pengujian pertama sesuai pada tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Throughput Pengujian Pertama

size file (MB)	category file	time	percobaan 1		Keterangan	
			RSRP (dBm)	throughput before (Mbps)		throughput after (Mbps)
94.13	kecil	Pagi	-83	7.4	8.2	Meningkat 0.8 Mbps
		Siang	-83	7.9	17	Meningkat 9.1 Mbps
		Malam	-83	17	20	Meningkat 3 Mbps
133.68	sedang	Pagi	-83	4.8	7.1	Meningkat 2.3 Mbps
		Siang	-83	11	13	Meningkat 2 Mbps
		Malam	-83	17	23	Meningkat 6 Mbps
302.26	besar	Pagi	-83	8.9	14	Meningkat 5.1 Mbps
		Siang	-83	16	16	Tetap
		Malam	-83	14	21	Meningkat 7 Mbps

Dari hasil pada tabel 5 dapat dilihat bahwa, data perbandingan throughput yang didapat mengalami peningkatan dari pada hasil sebelum dilakukannya load balancing. Pada pengujian pertama ini peningkatan throughput yang didapat pada saat siang hari dengan melakukannya pengunduhan data kecil 94.13 MB dengan peningkatan yang didapat mencapai 9.1 Mbps dengan kualitas signal strength sebesar -83 dBm. Kemudian throughput yang didapat ketika kondisi dengan melakukan download pada kapasitas data besar berukuran 302.26 MB pada siang hari hasil throughput yang didapat tidak mencapai perubahan yakni tetap pada 16 Mbps dengan signal strength -83 dBm. Dengan nilai throughput dihasilkan tetap ini disebabkan dari hasil parameter QOS yang didapat pada saat dilakukannya pengujian. Untuk hasil throughput yang didapat pada siang hari dengan nilai 16 Mbps termasuk dalam kategori bagus.

D. Pengujian throughput kedua

Terkait pengujian ini dilakukan dengan percobaan sebanyak 3 kali dalam kondisi pagi siang

dan malam hari dengan kualitas kapasitas data kecil, sedang dan besar. Berikut hasil perbandingan pengujian pertama sesuai pada tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan Throughput Pengujian Kedua

size file (MB)	category file	time	percobaan 2			keterangan
			RSRP (dBm)	throughput before (Mbps)	throughput after (Mbps)	
94.13	kecil	Pagi	-82	4.9	8.7	Meningkat 3.8 Mbps
		Siang	-83	12	16	Meningkat 4 Mbps
		Malam	-73	16	20	Meningkat 4 Mbps
133.68	sedang	Pagi	-82	8.3	13	Meningkat 4.7 Mbps
		Siang	-83	16	16	Tetap
		Malam	-73	17	20	Meningkat 3 Mbps
302.26	besar	Pagi	-82	8.4	10	Meningkat 1.6 Mbps
		Siang	-83	16	18	Meningkat 2 Mbps
		Malam	-73	13	20	Meningkat 7 Mbps

Didapatkan hasil pada tabel 6, dimana secara keseluruhan hasil pengujian baik dilakukannya dengan berbagai ukuran pengunduhan data hasil throughput yang didapat mengalami peningkatan. Hanya saja throughput yang didapat pada pengujian pengunduhan data berukuran sedang 133.68 MB pada siang hari hasilnya tetap yakni dalam nilai 16 Mbps dengan signal strength -83 dBm, dalam arti masih sama pada sebelum dilakukannya load balancing. Dengan nilai throughput yang dihasilkan tetap pada kondisi sebelum dan sesudah dilakukannya load balancing disebabkan dari hasil parameter QOS pada source link pada saat dilakukannya pengujian. Hasil peningkatan throughput tertinggi didapat pada kondisi malam hari dengan pengunduhan data 302.26 MB sebesar 7 Mbps. Hasil throughput yang didapat sesudah load balancing masih terbilang bagus hanya saja pada kondisi pagi hari dengan pengunduhan data 94.13 MB mendapat 8.7 Mbps yang termasuk dalam kategori sedang.

E. Pengujian throughput ketiga

Terkait pengujian ketiga ini masih sama dengan pengujian sebelumnya dimana dilakukan dengan percobaan sebanyak 3 kali dalam kondisi pagi siang dan malam hari dengan kualitas kapasitas data kecil,

sedang dan besar. Berikut hasil perbandingan pengujian pertama sesuai pada tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan Throughput Pengujian ketiga

size file (MB)	category file	time	percobaan 3			keterangan
			RSRP (dBm)	throughput before (Mbps)	throughput after (Mbps)	
94.13	kecil	pagi	-83	8.5	8.8	Meningkat 0.3 Mbps
		sore	-83	16	17	Meningkat 1 Mbps
		malam	-73	16	20	Meningkat 4 Mbps
		malam	-73	21	27	Meningkat 6 Mbps
133.68	sedang	pagi	-83	7.3	13	Meningkat 5.7 Mbps
		sore	-83	16	21	Meningkat 5 Mbps
		malam	-73	21	27	Meningkat 6 Mbps
		malam	-73	13	22	Meningkat 9 Mbps
302.26	besar	pagi	-83	7.9	8.6	Meningkat 0.7 Mbps
		sore	-83	17	20	Meningkat 3 Mbps
		malam	-73	13	22	Meningkat 9 Mbps
		malam	-73	13	22	Meningkat 9 Mbps

Dari hasil tabel 7 tersebut, dapat dilihat dalam kondisi pagi, siang dan malam hari dengan berbagai pengunduhan data berkapasitas yang berbeda mengalami kenaikan. Dalam arti performansi peningkatan terhadap *throughput* yang didapat maksimal. *Throughput* tertinggi terjadi pada saat kondisi malam hari dengan melakukan pengunduhan data kapasitas besar 302.26 MB dengan nilai 22 Mbps terjadi peningkatan sebesar 9 Mbps. Hasil *throughput* yang didapat setelah pengujian tersebut masuk dalam kategori sangat bagus.

Dari pengujian yang telah dilakukan sebanyak tiga kali, maka didapat data hasil rata-rata dari ketiga sesi pengujian tersebut. Berikut pada tabel 8 merupakan data rata-rata hasil pengujian *load balancing*.

Tabel 8 Hasil rata-rata pengujian throughput

size file (MB)	category file	time	Hasil rata-rata			keterangan
			RSRP (dBm)	throughput before (Mbps)	throughput after (Mbps)	
94.13	kecil	pagi	-82.7	6.9	8.5	Meningkat 1.6 Mbps
		sore	-83	11.9	16.6	Meningkat 4.7 Mbps
		malam	-76.3	16.3	20	Meningkat 3.7 Mbps
133.68	sedang	pagi	-82.7	6.8	11.03	Meningkat 4.23 Mbps
		sore	-83	14.3	16.6	Meningkat 2.3 Mbps
		malam	-76.3	18.3	23.3	Meningkat 5 Mbps
302.26	besar	pagi	-82.7	8.4	10.9	Meningkat 2.5 Mbps
		sore	-83	16.3	18	Meningkat 1.7 Mbps
		malam	-76.3	13.3	21	Meningkat 7.7 Mbps

Dilihat pada tabel 8 dimana hasil secara rata-rata *throughput* yang didapat mengalami peningkatan, dalam arti *load balancing* menggunakan wireless network berjalan dengan baik. Peningkatan rata-rata *throughput* paling tinggi terjadi pada kondisi malam hari dengan melakukan pengunduhan data kapasitas besar 302.26 MB didapat 21 Mbps dengan peningkatan yang didapat sebesar 7.7 Mbps. Sesuai pada tabel 8 bahwa *throughput* yang didapat tersebut termasuk dalam kategori sangat bagus.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan, pengujian dan analisa pada pengujian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penyebaran trafik pada *interface* ISP1 ketika melakukan pengunduhan data terlihat *overload* karena beban yang diterima hanya pada satu *source interface* ISP dan menyebabkan terjadinya *packet loss* karena beban yang diterima tidak membagi *traffic* ke *interface* ISP2 (*backup link*).
2. Diterapkannya teknik *load balancing* pada router MikroTik, hasil parameter QOS lebih baik dimana hasil rata-rata lebih tinggi dari pada hasil rata-rata sebelum *load balancing*. Nilai parameter tertinggi yang didapat pada ISP1 dengan kondisi siang hari untuk nilai parameter *download* yang didapat sebesar 27.34 Mbps dan *upload* sebesar 27.43 Mbps. Untuk ISP2 nilai parameter *download* tertinggi didapat pada kondisi siang hari mencapai 22.64 Mbps dan parameter *upload* tertinggi didapat pada kondisi malam hari mencapai 28.88 Mbps.
3. Pengujian *load balancing* dengan menggunakan *source wireless network* cukup efisien dalam menyelesaikan masalah kecepatan akses internet, karena perbandingan hasil *throughput* dari nilai rata-rata dari tiga kali pengujian meningkat. Nilai rata-rata *throughput* tertinggi yang didapat mencapai 23.3 Mbps dalam kondisi malam hari dimana peningkatan yang didapat sebesar 5 Mbps dengan dilakukannya pengunduhan data sebesar 133.68 MB.
4. *Packet loss* yang didapat pada masing-masing ISP bisa disebabkan karena *bottlenecks*, *collision* dan *crc error* pada saat pengiriman paket data.
5. Dengan dilakukannya perbedaan frekuensi yang digunakan pada masing-masing ISP tidak mempengaruhi hasil dari QOS karena *source link* yang digunakan menggunakan *provider* dengan *service* yang didapat *broadband*.
6. Dengan diterapkannya teknik *auto failover* akan membantu koneksi jaringan internet agar tidak terjadi permasalahan koneksi gagal atau link down pada salah satu jalur ISP.
7. Dengan diterapkannya teknik *blocking website* akan mencegah para user untuk tidak membuka situs berkonten negatif sekaligus sebagai langkah preventive untuk menjaga kestabilan dalam pemakaian *bandwidth*.

B. Saran

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, masih membutuhkan saran-saran untuk mendukung

kesempurnaan pengujian ini, didapatkan saran sebagai berikut:

1. Implementasi *load balancing* dengan menggunakan *wireless network* perlu digunakan dengan suatu *source network* dengan speed dan bandwidth dedicated agar hasil yang didapat stabil.
2. Dapat dikembangkan lagi menggunakan lebih dari dua jalur koneksi, karena dengan lebih banyak jalur koneksi maka kecepatan akses internet akan menjadi lebih cepat dan juga jalur koneksi yg digunakan sebagai backup menjadi lebih banyak. Karena jika hanya dengan dua jalur koneksi saja ada kemungkinan terjadinya masalah pada kedua jalur koneksi tersebut. Dengan lebih dari dua jalur maka kemungkinan terjadinya masalah atau down sangat kecil.

REFERENSI

- [1] M. K. Anwar and I. Nurhaida, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) Pada Interkoneksi Jaringan," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 9, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.22441/incomtech.v9i1.5003.
- [2] R. Ramandito, "Analisis Performace Jaringan Komputer Dengan Mekanisme Load Balancing-Failover," *Jurnal Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM*, vol. 3, no. 4, pp. 177–181, 2010.
- [3] 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, doi: 10.14710/jtsiskom.5.2.2017.57-61.
- [4] A. Malik, J. Qadir, B. Ahmad, K. L. Alvin Yau, and U. Ullah, "QoS in IEEE 802.11-based wireless networks: A contemporary review," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 55, pp. 24–46, 2015, doi: 10.1016/j.jnca.2015.04.016.
- [5] Madcoms, *Jaringan Komputer & internet*. Indonesia: Andi, 2010.
- [6] R. Towidjojo, *Mikrotik Kungfu Kitab 1*. Jakarta: Jasakom, 2016.