

Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per-Connection Classifier) Dengan Failover Berbasis Mikrotik Router (Studi Kasus Di Rsud Siti Fatimah)

Muhammad Bobby Pratama 1, A. Haidar Mirza 2

¹ Universitas Bina Darma 1; bobby.pratama05@gmail.com

² Universitas Bina Darma 2; haidarmirza@gmail.com



Abstrak: Kemajuan teknologi informasi, khususnya dalam bidang jaringan komputer, telah berkembang pesat dan memainkan peran penting dalam mendukung operasional berbagai institusi, termasuk rumah sakit. RSUD Siti Fatimah adalah salah satu instansi yang memanfaatkan teknologi jaringan komputer untuk meningkatkan kinerja dan kualitas layanan kepada pasien. Namun, tantangan yang dihadapi adalah koneksi jaringan yang padat dan lambat, yang dapat menghambat efisiensi kerja. Untuk mengatasi masalah ini, diterapkanlah solusi load balancing berbasis Mikrotik dengan menggunakan metode PCC (Per-Connection Classifier) yang memungkinkan distribusi beban pada dua ISP agar koneksi lebih stabil dan cepat. Metode PCC dipilih karena kemampuannya dalam meningkatkan kecepatan koneksi dan mendistribusikan beban jaringan secara merata di antara kedua gateway, sehingga mencegah terjadinya overload. Selain itu, teknik failover juga diterapkan untuk memastikan bahwa jika salah satu koneksi ISP mengalami gangguan, koneksi akan otomatis dialihkan ke ISP lainnya, sehingga jaringan tetap berfungsi tanpa hambatan. Dengan penerapan solusi ini, diharapkan RSUD Siti Fatimah dapat meningkatkan efisiensi jaringan dan pelayanan kesehatan yang lebih baik.

Keywords: Load Balancing, PCC, MikroTik Router

DOI: <https://doi.org/10.47134/jacis>

*Correspondensi: Muhammad Bobby Pratama

Email: bobby.pratama05@gmail.com

Receive: date

Accepted: date

Published: date



Copyright: © 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: The rapid advancement of information technology, particularly in computer networking, has played a crucial role in supporting the operations of various institutions, including hospitals. RSUD Siti Fatimah is one such institution that leverages computer network technology to enhance performance and the quality of patient care. However, the hospital faces challenges with congested and slow network connections, which can hinder operational efficiency. To address this issue, a load balancing solution based on MikroTik was implemented using the Per-Connection Classifier (PCC) method, allowing the distribution of load across two ISPs for a more stable and faster connection. The PCC method was chosen for its ability to enhance connection speed and distribute network load evenly between the two gateways, thereby preventing overload. Additionally, a failover technique was applied to ensure that if one ISP connection fails, the network traffic is automatically switched to the other ISP, keeping the network operational without interruption. The implementation of this solution is expected to improve network efficiency and enhance healthcare services at RSUD

Siti Fatimah.

Keywords: Load Balancing, PCC, MikroTik Router

PENDAHULUAN

Dalam era teknologi informasi yang berkembang pesat, kebutuhan akan konektivitas yang andal dan efisien menjadi sangat penting, terutama di lingkungan jaringan yang kompleks seperti rumah sakit. RSUD Siti Fatimah, sebagai institusi layanan kesehatan, memerlukan infrastruktur jaringan yang mampu menjamin akses internet yang cepat dan stabil untuk mendukung aplikasi medis dan sistem manajemen pasien.

Dengan lebih dari 900 karyawan dan 400 perangkat yang terhubung dalam jaringan, keandalan dan ketersediaan konektivitas menjadi vital. Untuk mengatasi tantangan jaringan yang padat, konsep load balancing dengan metode Per-Connection Classifier (PCC) diterapkan. Metode ini memungkinkan distribusi lalu lintas yang merata di antara beberapa jalur koneksi, mengurangi risiko kegagalan sistem.

Selain itu, konsep failover digunakan untuk memastikan kontinuitas layanan jika salah satu jalur koneksi mengalami gangguan. Penelitian ini berfokus pada penerapan metode PCC dengan failover menggunakan MikroTik Router di RSUD Siti Fatimah, dengan harapan dapat meningkatkan kinerja jaringan dan mendukung operasional rumah sakit secara lebih efisien.

KAJIAN PUSTAKA

Load Balancing

Load Balancing adalah teknik untuk mendistribusikan beban trafik koneksi 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[6].

Secara umum Load Balancing dapat diartikan sebagai suatu teknik yang digunakan untuk memisahkan antara dua atau banyak network link. Dengan mempunyai banyak link maka optimalisasi utilitas sumber daya, throughput, atau response time akan semakin baik, sebab dengan memiliki banyak link, maka dari masing-masing link akan saling mem-backup apabila ada salah satu link koneksi yang down atau terputus.

PCC (Per-Connection Classifier)

Equal Cost Multi Path (ECMP) adalah pemilihan jalur keluar secara Peer Connection Classifier (PCC) merupakan metode yang dikembangkan oleh Mikrotik dan mulai diperkenalkan pada Mikrotik Router OS versi 3.24. PCC mengambil bidang yang dipilih dari header IP[2], dan dengan bantuan algoritma hashing mengubah bidang yang dipilih menjadi 32-bit. Nilai ini kemudian dibagi dengan denominator tertentu dan sisanya kemudian dibandingkan dengan reminder tertentu, jika sama maka paket akan ditangkap. Rules dapat dibuat dengan memilih informasi dari src-address, dst-address, src port atau dst-port dari header IP[1].

Peer Connection Classifier (PCC) merupakan metode yang menspesifikasikan suatu paket menuju gateway koneksi tertentu. PCC mengelompokkan trafik koneksi yang akan melalui atau keluar masuk router menjadi beberapa kelompok. Pengelompokan ini bisa dibedakan berdasarkan src-address, dst-address, src-port dan atau dst-port. Mikrotik akan mengingat jalur gateway yang telah dilewati diawal trafik koneksi, sehingga pada paket-paket data selanjutnya yang masih berkaitan dengan paket data sebelumnya akan dilewatkan pada jalur gateway yang sama. Karena metode PCC

melewatkan paket data melalui jalur gateway yang sama, maka metode tersebut mempunyai kekurangan yaitu dapat terjadi overload pada salah satu gateway.

Firewall

Firewall adalah sistem keamanan yang menggunakan device atau sistem yang diletakan di dua jaringan dengan fungsi utama melakukan penyaringan terhadap akses yang masuk. Firewall bisa berupa hardware atau software, bisa juga berupa seperangkat aturan atau prosedur yang ditetapkan oleh organisasi. Firewall juga dapat disebut sebagai sistem atau perangkat yang mengizinkan lalulintas jaringan yang dianggapnya aman untuk melaluinya dan mencegah lalu lintas jaringan yang tidak aman. Umumnya firewall diimplementasikan dalam sebuah mesin terdedikasi, yang berjalan pada gateway antara jaringan lokal dan jaringan lainnya. Firewall juga umumnya digunakan untuk mengontrol akses terhadap siapa saja yang memiliki akses terhadap jaringan pribadi dari pihak luar. Saat ini, istilah firewall menjadi istilah umum yang merujuk pada sistem yang mengatur komunikasi antara dua jaringan yang berbeda.

Firewall merupakan sebuah perangkat yang ditunjuk untuk melindungi network dari "kejahatan dunia luar". Biasanya firewall digunakan untuk melindungi LAN dari berbagai serangan dari pihak luar. Serangan dapat ditujukan kepada host tertentu yang dapat menyebabkan data corrupt atau service menjadi tidak berfungsi.

NAT (Network Address Translation)

Firewall NAT (Network Address Translation) adalah sebuah proses pemetaan IP dimana perangkat jaringan komputer memberikan alamat IP public ke perangkat jaringan lokal sehingga banyak IP Private yang dapat mengakses IP public. Hal ini disebabkan karena IP address private tidak bisa di-route ke internet (non-routed). NAT akan mentranslasikan alamat IP sehingga IP address pada jaringan lokal dapat mengakses IP public pada jaringan internet. Banyaknya penggunaan metode ini disebabkan karena ketersediaan alamat IP yang terbatas, kebutuhan akan keamanan jaringan, dan kemudahan serta fleksibilitas dalam administrasi jaringan (Fatimah, 2009).

Routing

Routing merupakan sebuah proses untuk meneruskan paket-paket jaringan dari satu jaringan ke jaringan lainnya melalui sebuah internetwork. Routing juga dapat menunjuk kepada sebuah metode penggabungan beberapa jaringan sehingga paket-paket data dapat hinggap dari satu jaringan ke jaringan lainnya. Untuk melakukan hal ini, digunakanlah sebuah perangkat jaringan yang disebut sebagai router. Router tersebut akan menerima paket yang ditujukan ke jaringan di luar jaringan pertama, dan akan meneruskan paket yang diterima kepada router lainnya hingga sampai kepada tujuannya. Jadi router berfungsi sebagai penghubung antara dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. Jika routing yang digunakan adalah statis, maka konfigurasinya harus dilakukan secara manual, administrator harus memasukkan atau menghapus rute statis jika terjadi perubahan topologi. Pada jaringan dengan skala besar, jika tetap menggunakan routing statis, maka akan sangat memakan waktu bagi administrator jaringan untuk melakukan update table routing. Karena itu routing statis hanya digunakan untuk jaringan skala kecil, sedangkan routing dinamis lebih tepat digunakan di jaringan skala besar [5].

TCP/IP (Transmission Control Protokol/Internet Protokol)

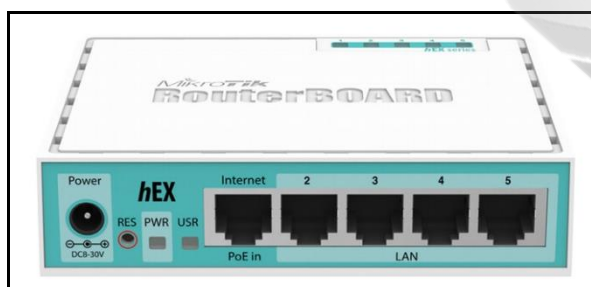
TCP adalah sekumpulan protocol yang di desain untuk melakukan fungsi komunikasi pada jaringan komputer. TCP/IP terdiri dari sekumpulan protocol komunikasi yang bertanggung jawab atas bagian tertentu dari komunikasi data. Jadi, TCP/IP inilah yang memungkinkan sekumpulan komputer untuk berkomunikasi dan bertukar data dalam suatu jaringan. TCP/IP dapat diterapkan dengan mudah di setiap jenis komputer dan interface jaringan karena sebagian besar isi kumpulan protokol ini tidak spesifik terhadap satu atau peralatan jaringan tertentu. Protocol TCP berfungsi untuk melakukan transmisi data pada segmen. Model protocol TCP disebut connection oriented protocol.

Berbeda dengan model User Datagram Protocol (UDP) yang disebut connectionless protocol[3]. Dalam konsep komunikasi data suatu jaringan komputer, ada mekanisme data dari komputer sumber ke komputer yang dituju. Ternyata dalam proses pengiriman yang terjadi tidak semudah yang dipikirkan. Alasan pertama, komputer tujuan berada jauh dari komputer sumber sehingga paket data yang dikirimkan bisa saja hilang atau rusak di tengah pengiriman. Alasan lainnya, mungkin komputer tujuan sedang mengirim atau menunggu data dari komputer sumber yang lain. Tentunya paket data yang dikirimkan diharapkan sampai dengan tepat tanpa terjadi kerusakan, untuk mengatur mekanisme komunikasi data tersebut dibutuhkan pengaturan proses pengiriman data yang dikenal dengan protocol. Protocol adalah sebuah perangkat lunak yang melekat pada sistem operasi[6].

Pada saat melakukan tugasnya, protokol memiliki beberapa prinsip kerja. Prinsip kerja protokol TCP ini akan menjadi referensi bagi pembuat program atau admin jaringan untuk memilih protokol apa yang nanti akan digunakan untuk bisa melakukan transmisi data [6].

Router dan Gateway

Router adalah sekumpulan sebuah perangkat jaringan komputer yang berfungsi mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai routing. Proses routing terjadi pada lapisan tiga (Network Layer seperti Internet Protocol) dari tujuh lapisan OSI. Router memiliki kemampuan melewatkan paket IP dari suatu jaringan ke jaringan lain yang memungkinkan banyak jalur diantara keduanya. Router berfungsi sebagai penghubung antara dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. Router berbeda dengan Switch. Switch merupakan penghubung beberapa alat untuk membentuk suatu Local Area Network (LAN)[3]. Router sangat banyak digunakan dalam teknologi protocol TCP/IP, dan router jenis ini disebut juga dengan IP Router. Internet merupakan contoh utama dari sebuah jaringan yang memiliki banyak IP. Router-router yang saling terhubung dalam jaringan internet turut serta dalam sebuah algoritma routing terdistribusi untuk menentukan jalur terbaik yang dilalui paket IP dari sistem yang satu ke sistem lain. Proses routing dilakukan secara hop by hop. IP tidak mengetahui jalur keseluruhan menuju tujuan setiap paket. IP routing hanya menyediakan IP address dari router berikutnya yang menurutnya lebih dekat ke host tujuan.



Gambar 1 . Router Mikrotik

Switch

Switch adalah sebuah alat jaringan yang berfungsi melakukan bridging transparan atau penghubung segmentasi banyak jaringan dengan forwarding berdasarkan MAC Address. Switch pada jaringan dapat digunakan sebagai penghubung komputer atau router pada satu area yang terbatas. Switch juga bekerja pada lapisan data link. Cara kerja yang hampir sama seperti bridge, tetapi switch memiliki sejumlah port sehingga sering dinamakan multiportbridge.



Gambar 2 . Switch Hub

Internet Service Provider (ISP)

Internet service provider (ISP) adalah perusahaan atau badan penyedia jasa layanan internet kepada pelanggan yang sifatnya korporat. ISP diidentikkan dengan perusahaan jasa telekomunikasi, karena dulu ISP menawarkan produknya melalui jaringan telepon. Mereka menyediakan jasa seperti hubungan ke internet, pendaftaran nama domain, dan hosting. Contoh perusahaan telekomunikasi yang memberikan jasa internet yakni : Telkom Indonesia, Indosat, dan lain sebagainya. Seiring dengan berjalannya waktu dan perkembangan teknologi, ISP berkembang tidak hanya menggunakan jaringan telepon saja tetapi juga menggunakan teknologi radio atau wireless.

Bandwidth

Secara umum, bandwidth dapat diandaikan sebagai sebuah pipa air yang memiliki diameter tertentu. Semakin besar bandwidth, semakin besar pula diameter pipa tersebut sehingga kapasitas volume air (dalam hal ini air merupakan data dalam arti sebenarnya) dapat meningkat. Semakin besar bandwidth suatu media, semakin tinggi kecepatan data yang dapat dilaluinya[7]. Pengertian bandwidth menurut para ahli adalah sebagai berikut:

1. Bandwidth ialah lebar komunikasi di antara saluran yang diukur dalam.
2. Bandwidth ialah jarak dari frekuensi yang ditransmisikan tanpa menyebabkan sinyal menjadi lemah.

Bandwidth merupakan suatu ukuran transfer data download dan upload yang biasa digunakan dalam jaringan komunikasi dan dihitung berdasarkan satuan bit/detik antara server dengan client.

Fungsi bandwidth yaitu digunakan untuk menghitung besaran transfer data terhadap user yang mengakses ke sebuah server. Jika dikaitkan dengan sebuah situs website, maka besar Bandwidth yang terpakai akan dihitung sama besar dengan jumlah data yang diakses oleh setiap pengunjung sebuah situs website.

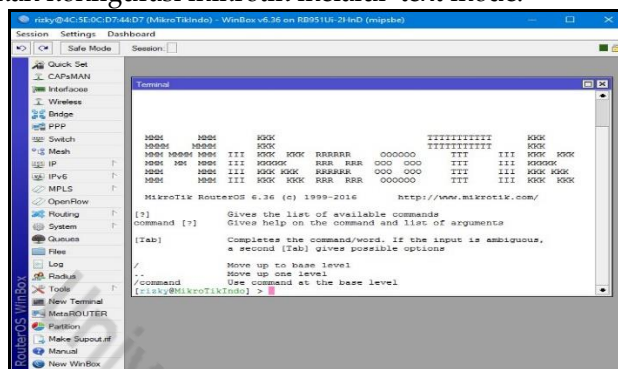
Bandwidth dapat dikategorikan menjadi dua macam :

1. Digital bandwidth Digital bandwidth merupakan jumlah atau volume data yang dapat dikirimkan melalui sebuah saluran komunikasi dalam satuan bits per second tanpa distorsi.
2. Analog bandwidth Analog bandwidth merupakan perbedaan antara frekuensi terendah dengan frekuensi tertinggi dalam sebuah rentang frekuensi yang diukur dalam satuan Hertz (Hz) atau siklus per detik, yang menentukan berapa banyak informasi yang bisa ditransmisikan dalam satu saat. Alokasi atau reservasi bandwidth adalah sebuah proses untuk menentukan besar bandwidth kepada pemakai dan aplikasi dalam sebuah jaringan. Termasuk di dalamnya menentukan prioritas terhadap berbagai jenis aliran data berdasarkan seberapa penting dan sensitif penundaan terhadap aliran data tersebut. Hal ini memungkinkan penggunaan bandwidth yang tersedia secara efisien dan apabila sewaktu-waktu jaringan menjadi lambat, aliran data yang memiliki prioritas yang lebih rendah dapat dihentikan, sehingga aplikasi yang penting dapat tetap berjalan dengan lancar.

Winbox

Winbox adalah sebuah utiliti yang digunakan untuk melakukan remote ke server mikrotik dalam mode GUI. Jika ingin mengkonfigurasi mikrotik dalam bentuk text mode, kita dapat mengakses mikrotik melalui PC. Namun apabila kita ingin mengkonfigurasi mikrotik melalui mode GUI, kita

dapat menggunakan WinBox yang diakses melalui komputer client. Pada dasarnya, melakukan konfigurasi mikrotik melalui WinBox ini lebih banyak digunakan karena penggunaannya tergolong lebih mudah dibandingkan konfigurasi mikrotik melalui text mode.



Gambar 3. Winbox

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Penelitian ini memerlukan data untuk mengungkap fakta sehingga penelitian dapat berhasil sesuai dengan tujuan. Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, antara lain :

1. Data Primer

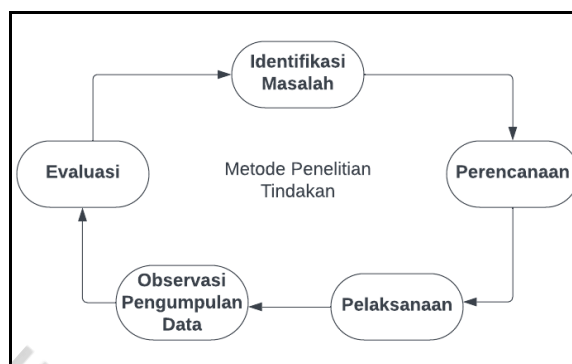
1. Parameter seperti throughput, latency, dan packet loss yang diukur dari berbagai titik dalam jaringan RSUD Siti Fatimah setelah implementasi load balancing. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak monitoring jaringan.
2. Data konfigurasi MikroTik Router yang mencakup aturan PCC, failover, dan konfigurasi jaringan terkait lainnya.
3. Data mengenai ketersediaan layanan sepanjang waktu (uptime) dalam implementasi load balancing. Ini mencakup informasi tentang waktu downtime saat terjadi failover.

2. Data Sekunder

1. Data terkait struktur jaringan yang sudah ada di RSUD Siti Fatimah, dokumentasi konfigurasi perangkat.
2. Data statistik penggunaan jaringan sebelum implementasi load balancing, termasuk bandwidth penggunaan dan beban koneksi..

Metode Penelitian

Untuk menghasilkan penelitian yang baik dan sesuai dengan sasaran penelitian, maka dibuat sebuah metode penelitian yang sesuai dan berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Berikut ini merupakan metode penelitian yang menggunakan action research, atau penelitian tindakan. Penelitian tindakan merupakan suatu metode penelitian yang fokus pada pemecahan masalah praktis di dalam konteks kehidupan sehari-hari, metode penelitian ini yang digunakan untuk menguji, mengembangkan, menemukan dan menciptakan tindakan baru, sehingga tindakan tersebut kalau diterapkan dalam pekerjaan, maka proses pelaksanaan kerja akan lebih mudah, lebih cepat, dan hasilnya lebih banyak dan berkualitas. Berikut adalah garis besar dari metode penelitian tindakan digambarkan melalui alur penelitian, yaitu :



Gambar 4. Tahapan Penelitian

Pada Gambar 4. terdapat tahapan penelitian tindakan secara umum yang merupakan panduan dari pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Identifikasi Masalah

Penelitian tindakan dimulai dengan mengidentifikasi masalah atau tantangan konkret dalam suatu konteks praktis. Masalah ini biasanya muncul dalam konteks tempat kerja, kelas, atau lingkungan sehari-hari.

2. Perencanaan

Rencana tindakan dibuat untuk mengatasi masalah yang telah diidentifikasi. Rencana ini harus jelas dan terperinci, mencakup langkah-langkah konkret yang akan diambil untuk mencapai perubahan atau perbaikan,

3. Pelaksanaan

Langkah-langkah yang telah direncanakan diterapkan di lapangan. Proses ini melibatkan partisipasi aktif dari para praktisi atau anggota komunitas yang terlibat dalam penelitian

4. Observasi dan Pengumpulan Data:

Data dikumpulkan secara terus-menerus selama pelaksanaan tindakan. Pengumpulan data dapat melibatkan observasi, wawancara, survei, atau penggunaan berbagai teknik penelitian kualitatif dan kuantitatif.

5. Evaluasi:

Peneliti terlibat dalam proses evaluasi, dimana mereka mempertimbangkan hasil tindakan dan dampaknya terhadap masalah yang diidentifikasi. Evaluasi ini dapat membantu untuk memahami apa yang berhasil dan apa yang perlu diperbaiki. Berdasarkan hasil, tindakan dapat dievaluasi. Jika hasilnya positif, metode atau tindakan tersebut dapat diterapkan lebih lanjut. Namun, jika perubahan yang diinginkan belum tercapai, perubahan dalam rencana atau strategi dapat dilakukan untuk meningkatkan efektivitas.

Kebutuhan Perangkat Lunak

Analisis perangkat lunak bertujuan untuk memilih secara tepat perangkat lunak apa saja yang digunakan untuk melakukan konfigurasi load balancing agar dapat beroperasi dengan efektif dan efisien. Berikut keterangan perangkat lunak yang dibutuhkan dan akan digunakan untuk melakukan konfigurasi load balancing :

Tabel 1 Spesifikasi Perangkat Lunak

No	Software	Keterangan
1.	Mikrotik Winbox v.3.24	Software untuk melakukan remote GUI ke router mikrotik
2.	Windows 10 OS	Sebagai sistem operasi
3.	Beberapa Website Test Speed Bandwith	Sebagai alat uji kecepatan

Kebutuhan Perangkat Keras

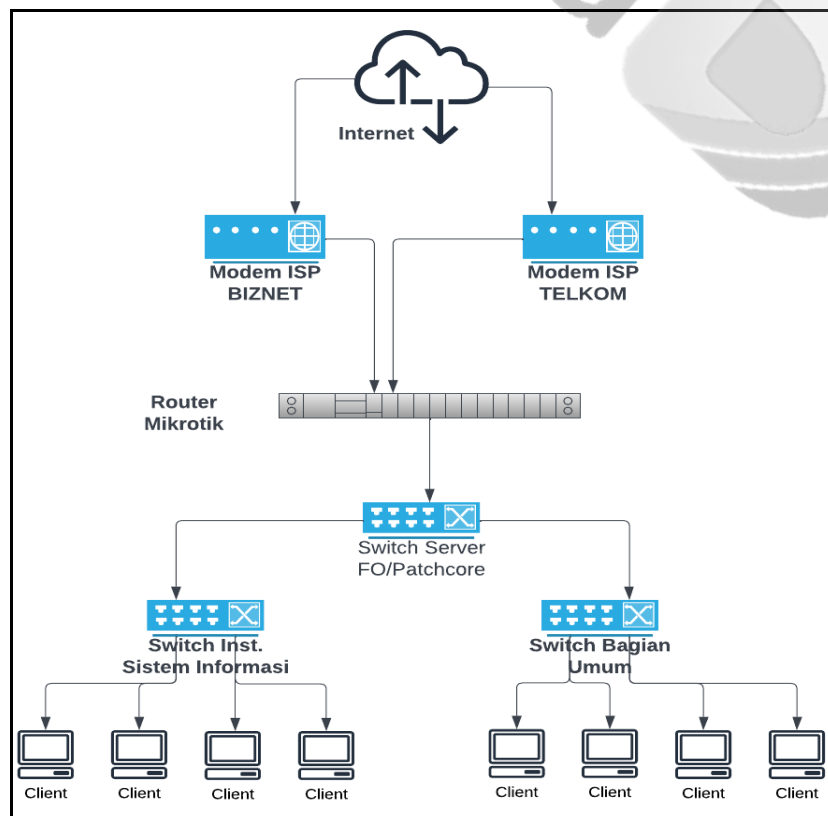
Kebutuhan hardware yang akan digunakan untuk merancang konfigurasi load balancing adalah sebagai berikut :

Tabel 2 Spesifikasi Perangkat Keras

No	Perangkat	Jumlah	Spesifikasi Unit
1	Mikrotik RB952	1	CPU QCA9531 650MHz, Main Storage/NAND 16MB, RAM 64MB, LAN Ports 5, Integrated Wireless 1, POE Output Yes, Port 5
2	PC Client Unit Instalasi Sistem Informasi dan Bagian Umum	20	Komputer Desktop dan Laptop
3	Modem ISP	2	- Biznet - Indihome
4	Switch Hub	2	24 Port

Perancangan Sistem

Pada tahap analisis sistem yang akan dirancang, saya telah mendapatkan rincian spesifikasi yang akan dibangun. Dan pada tahap perancangan ini, saya akan membuat rancangan topologi jaringan dari sistem yang akan dibangun, agar dapat mengimplementasikan load balancing dengan menggunakan masing-masing metode load balancing seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

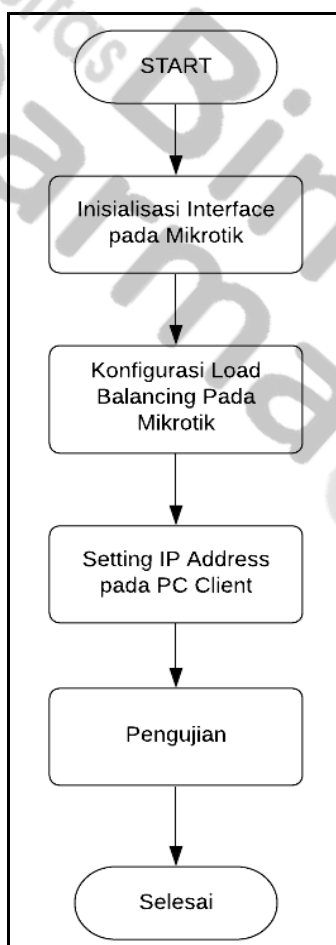
**Gambar 5** Rancangan Topologi Sistem Load Balancing dengan dua ISP

Tabel 3 Daftar IP Address

Perangkat	Interface	IP Address	Gateway
Mikrotik RB952	ISP-1 (eth2)	10.10.10.2	10.10.10.1
	ISP-2 (eth3)	192.168.0.2	192.168.0.1
	Lokal (eth4)	192.168.80.1/24 192.168.81.1/24	192.168.80.0 192.168.81.0
Switch Hub	Ethernet	-	-
PC Client Instalasi Sistem Informasi	Ethernet	192.168.80.2 - 192.168.80.12	192.168.80.1
PC Client Bagian Umum	Ethernet	192.168.81.2 - 192.168.81.12	192.168.81.1

Implementasi Sistem

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan saya untuk implementasi sistem yang akan dibangun :



Gambar 6 Diagram langkah-langkah pengimplementasian system

Perancangan Konfigurasi Load Balancing

Berikut adalah tahapan tahapan yang dilakukan untuk melakukan konfigurasi load balancing pada mikrotik :

Konfigurasi Dasar

Konfigurasi load balancing memerlukan beberapa tahapan, yang pertama adalah melakukan konfigurasi dasar. Pada tahap ini, yang pertama dilakukan adalah melakukan

konfigurasi interface yang digunakan sebagai jalur keluar masuk internet lewat router mikrotik. Dan setelah melalui pemeriksaan awal, kemudian menetapkan koneksi dengan ISP dan melakukan permintaan alamat IP (IP-DHCP). Selanjutnya melakukan konfigurasi IP address pada masing masing Ethernet dan DNS yang akan digunakan.

Konfigurasi NAT

Setelah melakukan konfigurasi IP dan DNS, selanjutnya harus menambahkan konfigurasi NAT (network address translation). NAT berguna agar client dapat terhubung dengan internet. NAT akan mengubah alamat sumber paket yaitu alamat client yang memiliki IP address private agar dapat dikenali oleh internet yaitu dengan cara mentranslasikannya menjadi IP address public. Pengaturan NAT ini menggunakan metode Masquerading NAT. Karena provider yang digunakan hanya memberkan satu IP public, jadi semua IP address dari client akan dipetakan kepada satu IP public.

Tabel 4 Perancangan Konfigurasi NAT

Chain	Out Interface	Action
Scrnat	ISP1	Masquerade
Scrnat	ISP2	Masquerade

Konfigurasi Mangle

Mangle berguna untuk melakukan penandaan suatu paket, dimana penandaan yang dilakukan sesuai dengan kondisi dan syarat yang kita inginkan. Setelah itu hasil dari penandaan akan digunakan untuk kebutuhan tertentu berdasarkan action yang dipilih.

Terdapat dua proses penandaan paket pada bagian konfigurasi mangle ini, karena saya menggunakan dua metode dalam menerapkan load balancing. Proses penandaan yang pertama dengan menggunakan metode Nth load balancing, yaitu penandaan pada urutan atau antrian paket yang berada di interface Lokal. Setiap paket data akan diberi tanda oleh Nth secara berurutan dan berulang-ulang.

Pada konfigurasi mangle menggunakan metode PCC, panandaan paket berdasarkan pada hasil statefull packet inspection, yaitu pada src-IP, dstIP, src-port dan dst-port. Dari parameter tersebut kemudian dapat dilakukan connection markdan routing mark, yang kemudian dapat digunakan untuk pengolahan paket secara spesifik

Pengaturan Routing

Selanjutnya akan memetakan route atau jalur koneksi berdasarkan routing mark yang sudah dibuat pada konfigurasi mangle. Routing mark yang pertama akan menggunakan gateway dari ISP 1 dan routing mark yang kedua akan menggunakan gateway ISP 2.

Pembuatan Failover

Failover berguna untuk menangani jika terjadi pemutusan koneksi pada salah satu jalur/ISP. Diharapkan sistem ini akan melakukan perpindahan gateway secara otomatis ke jalur yang tersedia atau aktif. Fitur yang digunakan memanfaatkan proses pemeriksaan gateway dengan mengirimkan ICMP echo request kepada sebuah alamat yang dapat digunakan untuk mendeteksi kegagalan sebuah jalur. Dengan cara ini maka kegagalan jalur yang disebabkan oleh gagalnya hop dalam proses transaksi data juga dapat terdeteksi[9].

HASIL

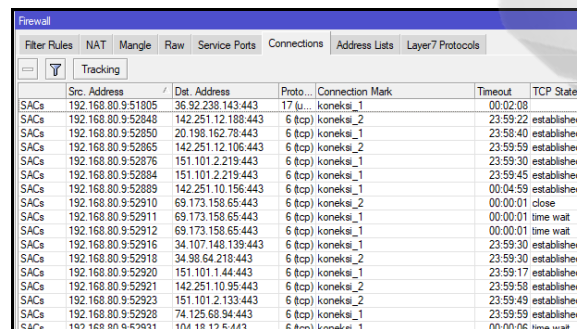
Pengujian Load Balancing

Pada tahap pengujian, saya akan mengukur sejauh mana sistem yang telah dibangun dapat berjalan secara optimal. Cara pengujiannya adalah dengan melihat unjuk kerja sistem load balancing serta kualitas jaringan yang digunakan pada load balancing.

Pengujian Browsing

Pada tahap ini, saya melakukan browsing menggunakan PC client1 dengan situs yang dituju adalah www.youtube.com. Kegiatan ini sebagai sample aktifitas browsing dari client. Pengujian dilakukan terhadap kedua metode load balancing yang telah dirancang oleh saya. Pada pengujian yang pertama, saya menggunakan teknik load balancing dengan metode Nth. Sifat dasar dari metode Nth ini adalah router akan membagi jalur koneksi berdasarkan urutan antrian dari sumber yang ingin mengakses internet. Karena terdapat dua (2) buah koneksi internet, maka antrian yang dibuat adalah sebanyak dua tersebut. Berikut adalah hasil monitoring koneksi yang terjadi ketika PC client1 melakukan browsing pada situs www.youtube.com :

Isi Hasil dan Pembahasan ditulis **Palatino Linotype 11**. Hasil penelitian harus jelas dan ringkas. Jika temuan ada dalam tabel atau diagram, tidak boleh ada tumpang tindih antara temuan yang ditampilkan dalam tabel/diagram dengan deskripsi yang tertulis dalam teks. Garis-garis vertikal di tabel tidak perlu ditampilkan, sementara itu garis-garis horisontal hanya ditampakkan di bagian heading dan penutup tabel. Ukuran penamaan tabel 10pt. Jika tabel tidak cukup satu kolom (misal tulisan terlalu kecil, jumlah kolom banyak, dll) maka tabel dilebarkan full menjadi 1 kolom.



Src. Address	Dest. Address	Proto	Connection Mark	Timeout	TCP State
SACs 192.168.80.9:51805	36.92.238.143:443	17 (u...	koneksi_1	00:02:08	
SACs 192.168.80.9:52848	142.251.12.188:443	6 (tcp)	koneksi_2	23:59:22	established
SACs 192.168.80.9:52850	20.198.162.78:443	6 (tcp)	koneksi_1	23:58:40	established
SACs 192.168.80.9:52865	142.251.12.106:443	6 (tcp)	koneksi_2	23:59:59	established
SACs 192.168.80.9:52876	151.101.2.219:443	6 (tcp)	koneksi_1	23:59:30	established
SACs 192.168.80.9:52894	151.101.2.219:443	6 (tcp)	koneksi_1	23:59:45	established
SACs 192.168.80.9:52889	142.251.10.156:443	6 (tcp)	koneksi_1	00:04:59	established
SACs 192.168.80.9:52910	69.173.158.65:443	6 (tcp)	koneksi_2	00:00:01	close
SACs 192.168.80.9:52911	69.173.158.65:443	6 (tcp)	koneksi_1	00:00:01	time wait
SACs 192.168.80.9:52912	69.173.158.65:443	6 (tcp)	koneksi_1	00:00:01	time wait
SACs 192.168.80.9:52916	34.107.148.139:443	6 (tcp)	koneksi_1	23:59:30	established
SACs 192.168.80.9:52918	34.98.64.218:443	6 (tcp)	koneksi_2	23:59:30	established
SACs 192.168.80.9:52920	151.101.1.44:443	6 (tcp)	koneksi_1	23:59:17	established
SACs 192.168.80.9:52921	142.251.10.95:443	6 (tcp)	koneksi_2	23:59:59	established
SACs 192.168.80.9:52923	151.101.2.133:443	6 (tcp)	koneksi_2	23:59:49	established
SACs 192.168.80.9:52928	74.125.68.94:443	6 (tcp)	koneksi_1	23:59:59	established
SACs 192.168.80.9:52931	104.18.12.5:443	6 (tcp)	koneksi_1	00:00:06	time wait

Gambar 7 Hasil Pengujian Browsing pada PC Client1 (Nth)

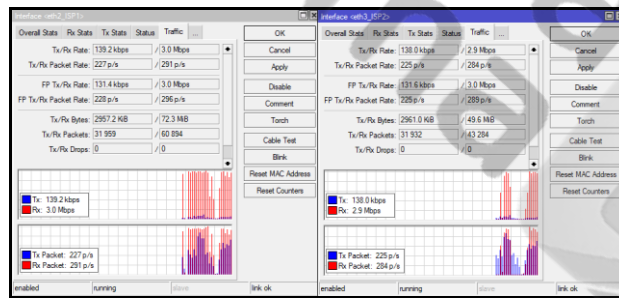
Dari hasil pengujian diatas, ditemukan bahwa saat mengakses website www.youtube.com, mikrotik router membagi koneksi secara merata dan bergantian. Hal ini terbukti dari jalur koneksi yang dilewati oleh IP 192.168.80.9 bergantian dari Koneksi_1 ke Koneksi_2 secara berurutan. Pada pengujian berikutnya, dengan menggunakan teknik PCC load balancing, saya juga menggunakan PC client1 untuk mengakses situs www.youtube.com. Karena PCC bersifat mengingat jalur yang telah dilewati diawal trafik koneksi, maka saya akan membersihkan cache route pada router sebelum melakukan browsing. Hal ini dilakukan dengan maksud agar router melakukan proses load balancing dari awal. Berikut adalah hasil monitoring koneksi yang terjadi ketika PC Client1 melakukan browsing :

	Src. Address	/	Dest. Address	Proto...	Connection Mark	Timeout	TCP State
C	35.198.0.0.443	/	192.168.10.2.53545	6 (tcp)		23:58:56	established
SC	192.168.10.2	/	192.168.10.1	1 (ic...		00:00:09	
SC	192.168.20.2	/	192.168.20.1	1 (ic...		00:00:09	
SACs	192.168.80.9.53667	/	8.8.8.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:57	established
SACs	192.168.80.9.53704	/	142.251.10.136.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:52	established
SACs	192.168.80.9.53707	/	74.125.24.188.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:20	established
SACs	192.168.80.9.53709	/	20.198.162.76.443	6 (tcp)	ISP1	23:58:06	established
SACs	192.168.80.9.53720	/	143.244.33.73.5568	6 (tcp)	ISP1	23:59:50	established
SACs	192.168.80.9.53723	/	35.296.238.213.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:58	established
SACs	192.168.80.9.53728	/	74.125.24.119.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:41	established
SACs	192.168.80.9.53729	/	142.251.10.132.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:57	established
SACs	192.168.80.9.53733	/	74.125.24.155.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:32	established
SACs	192.168.80.9.53734	/	142.251.10.154.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:57	established
SACs	192.168.80.9.53735	/	216.239.38.120.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:15	established
SACs	192.168.80.9.53736	/	172.217.194.106.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:15	established
SACs	192.168.80.9.53737	/	74.125.24.149.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:45	established
SACs	192.168.80.9.53738	/	74.125.24.101.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:47	established
SACs	192.168.80.9.53740	/	172.217.194.139.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:33	established
SACs	192.168.80.9.53741	/	142.251.12.155.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:23	established
SACs	192.168.80.9.53798	/	74.125.24.94.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:15	established
SACs	192.168.80.9.53810	/	52.137.110.235.443	6 (tcp)	ISP1	23:58:35	established
SACs	192.168.80.9.53811	/	52.143.84.45.443	6 (tcp)	ISP2	00:00:04	time wait
SACs	192.168.80.9.53813	/	35.247.185.126.443	6 (tcp)	ISP2	23:58:59	established
SACs	192.168.80.9.53817	/	74.125.24.94.443	6 (tcp)	ISP2	23:59:57	established
SACs	192.168.80.9.53818	/	52.143.81.222.443	6 (tcp)	ISP1	23:59:55	established
SACs	192.168.80.9.55285	/	118.98.109.83.443	17 (u...	ISP1	00:00:07	
SACs	192.168.80.9.58135	/	118.98.109.82.443	17 (u...	ISP1	00:02:10	
SACs	192.168.80.9.60882	/	118.98.109.82.443	17 (u...	ISP1	00:02:59	

Gambar 8 Hasil Pengujian Browsing pada PC Client1 (PCC)

Pengujian Keseimbangan Koneksi (Balance)

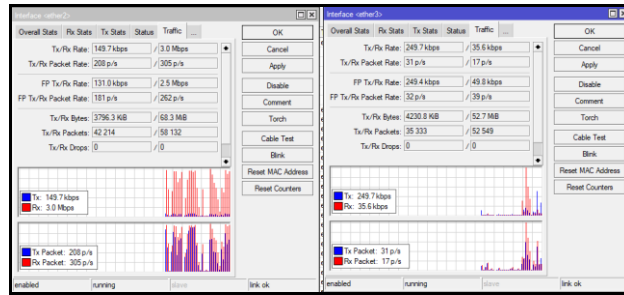
Pada tahap ini saya me-monitoring sistem jaringan dengan menggunakan aplikasi atau tools yang ada pada winbox. Hasil dari monitoring dapat dilihat pada menu interface list. Berikut hasilnya :



Gambar 9 Grafik Koneksi pada tiap gateway ISP (Nth Load Balance)

Parameter yang dilihat dari kedua trafik di interface list ini adalah besar rata-rata penyebaran paket transmitted (Tx/Upload) dari tiap-tiap gateway ISP. Dari Gambar 4.15 terlihat bahwa Nth load balancing telah berhasil menyebarkan packet dan bytes yang hampir sama di kedua interface. Hasil ini menyimpulkan bahwa metode Nth load balancing dapat membagi penyebaran paket transmitted yang merata pada masing-masing gateway.

Pada PCC load balancing, besar paket antara ISP1 dan ISP2 ternyata tidak seimbang. Hal ini dikarenakan PCC hanya membagi beban berdasarkan koneksi yang terjadi bukan dari besar paket. Hal ini menyebabkan tiap koneksi akan melakukan pengiriman paket yang memiliki besar yang berbeda-beda sehingga menyebabkan ketidakseimbangan besar paket yang dilewatkan pada masing-masing interface. Berikut ini adalah hasil monitoring besar paket yang dilewatkan pada masing-masing gateway.

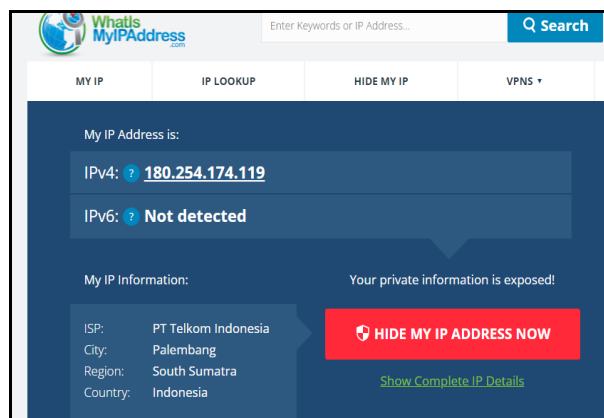
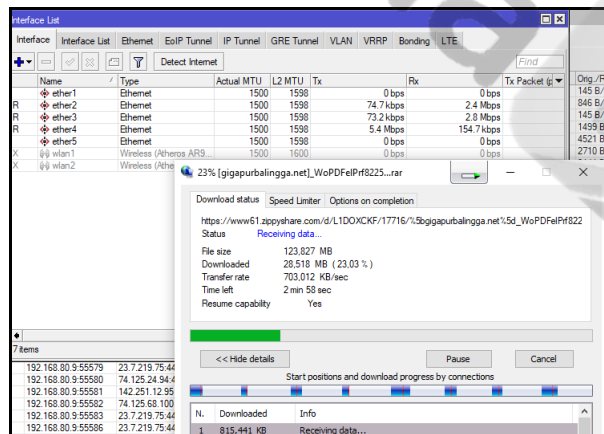


Gambar 10 Grafik Koneksi pada tiap gateway ISP (PCC Load Balance)

Dari kedua grafik koneksi diatas, juga terlihat bahwa besar bandwidth antara kedua ISP yang telah diload balancing menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. hal ini dikarenakan pada metode PCC membagi beban berdasarkan koneksi yang terjadi bukan dari besar paket.

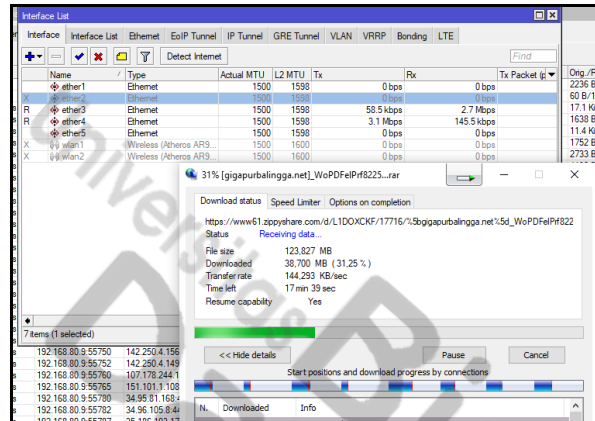
Pengujian Fail Over

Pada tahap ini, saya melakukan pengujian terhadap masing-masing load balancing, baik pada Nth load balancing maupun PCC load balancing, untuk mengetahui kinerja failover dari sistem yang dibangun. Fungsi dari failover itu sendiri adalah untuk mengatasi terjadinya diskoneksi atau terputusnya koneksi dari salah satu ISP. Dengan adanya failover ini, maka apabila salah satu jalur koneksi dari masing-masing ISP ini terputus, maka sistem masih memiliki satu ISP lagi sebagai backup sumber koneksi internetnya.



Gambar 11 Pegujian Download dan Jalur Koneksi Download

Pengujian dilakukan dengan cara mendownload sebuah file yang berukuran besar yang diakses melalui PC client2 menggunakan tools IDM (Internet Download Manager). Kondisi awalnya adalah kedua buah ISP tersebut tetap terkoneksi dengan dengan router. Gateway awal saat melakukan proses download adalah 180.254.174.119 yang merupakan jalur koneksi dari ISP1. Pada saat melakukan download, saya mencoba untuk memutuskan jalur koneksi dari ISP1 yang terhubung ke router. Berikut adalah hasil pengujian failovernya :

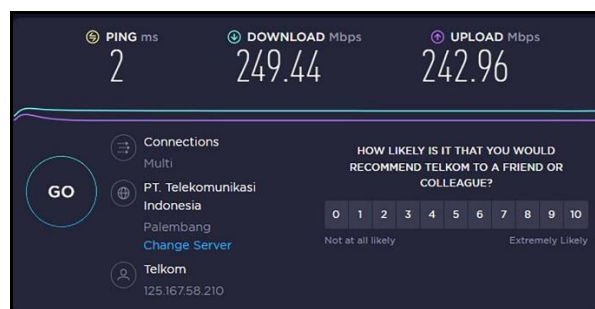


Gambar 12 Pengujian Download Setelah ISP_1 Terputus

Dari hasil pengujian diatas, hasil yang didapatkan adalah proses download tetap berjalan tanpa ada gangguan koneksi sebab secara otomatis ISP2 akan menjadi default gateway yang membackup kinerja keseluruhan jaringan. Hal ini terlihat dari pengecekan IP melalui situs pengecek IP, www.whatsmyipaddress.com. Terlihat bahwa saat proses download awal, masih menggunakan jalur koneksi ISP1 yaitu ISP Telkom dengan IP Gateway 180.254.174.119, Setelah diputus koneksi dari ISP1, proses download tetap berjalan, tetapi melewati jalur koneksi ISP2 yaitu MyRepublic dengan IP 103.47.132.54.

Pengujian Test Speed

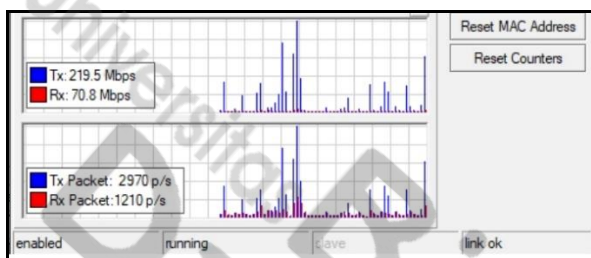
Pada pengujian test speed kita akan mengetahui besaran speed download dan speed upload serta besaran nilai ping dari masing-masing metode load balancing, pengujian test speed dilakukan dengan mengakses website www.speedtest.net. Berikut hasil pengujian test speed dari metode Nth dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 13 Pengujian Test Speed pada metode Nth

Dari hasil pengujian diatas diketahui bahwasanya bandwidth dari masing-masing ISP adalah 200 Mbps dan 50 Mbps akan tetapi hasil dari pengujian setelah menggunakan metode load balancing Nth dapat dilihat pada gambar diatas adalah 249,44 Mbps, Upload 2,42 Mbps dan Ping 2ms. Hal ini sesuai dengan metode load balancing yang membagi beban secara merata pada kedua ISP, sehingga bandwidth maksimal dari kedua ISP sebesar 249,44 Mbps.

Selanjutnya dilakukan pengujian beban pemakaian dari client dengan penggunaan metode Nth, pengujian dilakukan dengan melihat besaran trafik pada jalur ISP1 dan ISP2, pengujian diambil sample di jam kerja dengan selisih pengambilan sample 1 jam, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.



Gambar 14 Trafik Pengujian Test Speed

Tabel 5 Pengujian Kecepatan Trafik Beban ISP Metode Nth

NO	Waktu	ISP 1		ISP 2	
		Downloads (RX)	Uploads(RX)	Downloads (RX)	Uploads(RX)
1	08:00	3,4 Mbps	327 Kbps	3,2 Mbps	367 Kbps
2	09:00	8,9 Mbps	808 Kbps	9,1 Mbps	795 Kbps
3	10:00	9,3 Mbps	341 Kbps	9,5 Mbps	466 Kbps
4	11:00	7,5 Mbps	405 Kbps	7,8 Mbps	389 Kbps
5	12:00	4,6 Mbps	257 Kbps	4,2 Mbps	267 Kbps
6	13:00	5,1 Mbps	211 Kbps	4,9 Mbps	233 Kbps
7	14:00	9,6 Mbps	870 Kbps	9,1 Mbps	769 Kbps
8	15:00	8,9 Mbps	912 Kbps	9,1Mbps	942 Kbps
9	16:00	5,5 Mbps	327 Kbps	5,9 Mbps	367 Kbps

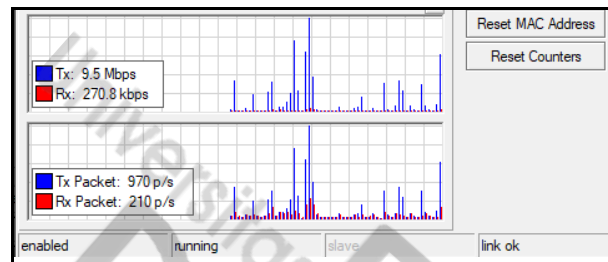
Dari tabel 5 dapat dilihat trafik menunjukkan pembagian yang merata antara ISP1 dan ISP 2. Kemudian dilakukan pengujian bandwidth keseluruhan dari ISP 1 dan ISP 2 menggunakan metode PCC, hasil pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 15 Pegujian Test Speed pada metode PCC

Pengujian setelah menggunakan metode load balancing PCC dapat dilihat pada gambar diatas untuk Download 46,59 Mbps, Upload 42,95 Mbps dan Ping 2ms. Untuk test speed pada metode PCC sebesar 46,59 Mbps hal ini dikarenakan PCC membagi jaringan berdasarkan antrian gateway, pada pengujian ini gateway berada pada ISP 2.

Selanjutnya dilakukan pengujian beban pemakasain dari client dengan penggunaan metode PCC, pengujian dilakukan dengan melihat besaran trafik pada jalur ISP1 dan ISP2, pengujian diambil sample di jam kerja dengan selisih pengambilan sample 1 jam, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.



Gambar 16 Trafik Pengujian Test Speed

Tabel 6 Pengujian Kecepatan Trafik Beban ISP Metode PCC

NO	Waktu	ISP 1		ISP 2	
		Downloads (RX)	Uploads(RX)	Downloads (RX)	Uploads(RX)
1	08:00	4,2 Mbps	225 Kbps	1,8 Mbps	367 Kbps
2	09:00	7,9 Mbps	608 Kbps	5,2 Mbps	795 Kbps
3	10:00	9,1 Mbps	741 Kbps	8,4 Mbps	466 Kbps
4	11:00	8,5 Mbps	405 Kbps	6,7 Mbps	389 Kbps
5	12:00	4,6 Mbps	257 Kbps	4,2 Mbps	267 Kbps
6	13:00	5,1 Mbps	211 Kbps	4,9 Mbps	233 Kbps
7	14:00	9,3 Mbps	870 Kbps	8,9 Mbps	769 Kbps
8	15:00	8,5 Mbps	912 Kbps	5,3Mbps	942 Kbps
9	16:00	5,5 Mbps	327 Kbps	3,9 Mbps	367 Kbps

Dari tabel 6 dapat dilihat trafik menunjukkan pembagian yang tidak merata pada ISP1 dan ISP 2, metode PCC hanya membagi beban berdasarkan koneksi yang terjadi, bukan dari besar paket, sehingga tiap koneksi akan melakukan pengiriman paket yang memiliki besar yang berbeda-beda.

SIMPULAN

1. Sistem yang dibangun, baik dengan menggunakan metode Nth load balancing maupun PCC load balancing, sudah dapat menyelesaikan masalah ketika salah satu ISP mengalami terputusnya koneksi teknik failover. Hal ini dapat dilihat dari pengalihan koneksi secara otomatis ke gateway dari ISP yang masih aktif, sehingga kinerja jaringan tetap berjalan normal;
2. Sistem yang dibangun juga dapat membagi jalur koneksi secara seimbang berdasarkan besar paket request. Sistem yang dibangun tidak menjamin keseimbangan bandwidth, karena sistem masih tidak bisa memisahkan atau mengidentifikasi paket response;

3. Pada Nth load balancing dua gateway digunakan secara bergantian sesuai dengan algoritma round robin, sedangkan pada PCC load balancing satu koneksi menggunakan gateway secara sesuai dengan destination address;
4. Kelebihan metode Nth Beban bisa merata karena packet di bebaskan secara seimbang sesuai antrian, sedangkan kekurangannya dikarenakan pergantian gateway sesuai dengan packet yang di bagi merata pada kedua ISP terkadang mengakibatkan delay;
5. Kelebihan metode PCC Hubungan client server terjalin utuh (terjamin) karena selalu pada jalur ISP yang sama, jalur hanya berganti ketika tujuan server berbeda. Kekurangan metode PCC memungkinkan terjadinya over load pada salah satu jalur, ketika banyak akses kebetulan jalurnya sama dan bebannya bersama sama.

SARAN

1. Memfungsikan fitur lain dari mikrotik yaitu bandwidth management agar dapat membagi secara rata bandwidth sesuai jumlah client yang aktif;
2. Load balance digunakan bukan untuk meringankan beban jaringan, tetapi untuk mengatur alokasi beban jaringan, dibutuhkan penambahan proxy server yang membantu meringankan beban jaringan;
3. Perbandingan metode-metode lain pada load balance yang dapat di teliti guna mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. R. Amalia, Nurheki, R. Saputra, C. Ramadhana, and E. H. Yossy, "Computer network design and implementation using load balancing technique with per connection classifier (PCC) method based on MikroTik router," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 216, pp. 103–111, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.116>.
- [2] S. A. Pasaribu and M. T. Unggul, "Comparison Analysis of Load Balance Performance Per Connection Classifier (Pcc) And Equal Cost Multi-Path (Ecmp) Networks for Multiple Path Networks," *Int. J. Inf. Syst. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–20, 2022.
- [3] E. B. Pablana, A. Salim, A. Raizaldi, Rizal, "Implementasi Load Balancing Metode PCC (Per Connection Classifier) untuk Optimalisasi Internet dengan 2 ISP (Studi Kasus Pt. Zyrexindo Mandiri Buana Jakarta) J. Bidang Penelitian Informatika, vol. 1, no. 2, pp. 105-118, 2023.
- [4] D. A. Shafiq, N. Z. Jhanjhi, and A. Abdullah, "Load balancing techniques in cloud computing environment: A review," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 7, pp. 3910–3933, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.02.007>.
- [5] A. Tanton, S. Fadli, and A. Hargianto, "Implementasi Load Balancing dengan metode NTH Menggunakan Mikrotik di SMKN 2 Kuripan," *J. Automation Comput. Inform. Syst*, 2021. <https://jacis.pubmedia.id/index.php/jacis/article/view/16>
- [6] M. Khaerudin, A. A. Hendharsetiawan, A. R. Mahbub, Tukino, S. Setiawati, "A Hotspot and Two Line ISP Load Balance and Failover Using the Mikrotik RB951UI 2HND with PCC Method," *East Asian J. of Multidisciplinary Research* vol. 2, no. 1, pp. 249-262, 2023. DOI: <https://10.55927/eajmr.v2i1.2591>
- [7] S. D. Suhendar, I. Iqbal, "Optimization of Load Blancing for Multi ISP Bandwidth Management Microtic with Android Based Configuration and Notification System in 27 Senior High School," [pdf] *J. Ilmiah Komputer dan Informatika* <https://unikom.ac.id>

- [8] D. Novianto, Y. S. Japriadi, "Comparative Analysis of Performance Between ECMP and NTH Methods in Implementation of Microtic-Based Dual Link Load Balancing Techniques," [pdf]. J. Tech. Acceptance. Model, vol. 12, no. 1, pp. 80-88, 2021, scholar.archive.org
- [9] W. Wiharti, I. L. Rimra, S. Rifka, I. Hidayatullah, A. F. Kasmar, "Load Balancing and Fail Over MikroTik Implementation Using Per Connection Classifier (PCC) on Two Internet Providers Interconnection," Int. J. of Adv. Sci. Comput. And Engineering, vol. 5, no. 2, pp. 129-135, 2023 <https://doi.org/10.62527/ijasce.5.2.135> T. D. Harjanto, A. Vatesia, and R. Faurina, "Analisis Penetapan Skala Prioritas Penanganan Balita Stunting Menggunakan Metode DBSCAN Clustering (Studi Kasus Data Dinas Kesehatan Kabupaten Lebong)," Rekursif J. Inform., vol. 9, no. 1, pp. 30-42, 2021, doi: 10.33369/rekursif.v9i1.14982.
- [2] R. Ambarwati, "Pengembangan Makanan Tambahan Berbasis F100 Dengan Substitusi Tepung Labu Kuning Dan Tepung Pisang," J. Nutr. Coll., 2020, doi: 10.14710/jnc.v9i2.27033.
- [3] M. Suhendra, W. Swastika, and M. Subianto, "Analisis Sentimen Pada Ulasan Aplikasi Video Conference Menggunakan Naive Bayes," Sainsbertek J. Ilm. Sains Teknol., vol. 2, no. 1, pp. 1-9, 2021, doi: 10.33479/sb.v2i1.145.
- [4] M. N. Maskuri, Harliana, K. Sukerti, and R. M. H. Bhakti, "Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Memprediksi Penyakit Stroke," J. Ilm. Intech Inf. Technol. J. UMUS, vol. 4, no. 1, pp. 130-140, 2022.
- [5] D. Darwis, N. Siskawati, and Z. Abidin, "Penerapan Algoritma Naive Bayes Untuk Analisis Sentimen Review Data Twitter BMKG Nasional," J. Tekno Kompak, vol. 15, no. 1, p. 131, 2021, doi: 10.33365/jtk.v15i1.744.