

IMPLEMENTASI *LOAD BALANCING* DAN *FAILOVER RECURSIVE* PADA MIKROTIK MENGGUNAKAN METODE PCC (*PER CONNECTION CLASSIFIER*)

Rahmad Nur Sulistyawan; Diah Priyawati
Prodi Teknik Informatika, Fakultas Komunikasi dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Perkembangan internet saat ini telah menjadi kebutuhan yang sangat penting dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, terutama bagi mereka yang bekerja di lingkungan organisasi atau perusahaan, termasuk pelaku bisnis. Internet memegang peranan penting dalam kegiatan bisnis dan berkontribusi dalam meningkatkan kualitas pelayanan. Oleh karena itu, perlu adanya akses internet yang stabil dalam segala kondisi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan load balancing menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC) dan failover recursive untuk meningkatkan kapasitas dan redundansi jaringan internet. Load balancing bertugas untuk mendistribusikan beban secara merata di antara client dalam jaringan dan failover menggunakan jalur cadangan jika jalur utama terputus. Dalam membangun sebuah jaringan komputer, diperlukan sebuah metode dalam merancanginya, untuk perancangan jaringan komputer pada Toko Mekar Jaya Dakocan menggunakan metode PPDIOO. Metode PPDIOO terdiri dari beberapa tahapan yaitu Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, dan Optimize. Dengan menggunakan metode PPDIOO memastikan bahwa tidak ada langkah-langkah yang terlewatkan saat proses diikuti. Hasil dari implementasi load balancing menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC) dan recursive failover pada jaringan komputer Toko Mekar Jaya Dakocan berhasil menyeimbangkan beban pada semua gateway ISP yang digunakan, dan apabila salah satu gateway mengalami gangguan atau koneksi terputus, maka secara otomatis seluruh beban koneksi internet dialihkan ke gateway lain yang aktif.

Kata Kunci: Load balancing, Failover, PCC, PPDIOO, Mikrotik

Abstract

The development of the internet today has become a very important necessity in carrying out daily activities, especially for those who work in an organizational or corporate environment, including business people. The internet plays an important role in business activities and contributes to improving service quality. Therefore, it is necessary to have stable internet access in all conditions. The purpose of this research is to implement load balancing using the Per Connection Classifier (PCC) method and recursive failover to increase the capacity and redundancy of the internet network. Load balancing is responsible for distributing the

load evenly among clients in the network and failover uses a backup path if the main line is disconnected. In building a computer network, a method is needed in designing it, for designing a computer network at Toko Mekar Jaya Dakocan using the PPDIOO method. The PPDIOO method consists of several stages, namely Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, and Optimize. Using the PPDIOO method ensures that no steps are missed when the process is followed. The results of the implementation of load balancing using the Per Connection Classifier (PCC) method and recursive failover on the Dakocan Mekar Jaya Store computer network successfully balance the load on all ISP gateways used, and if one of the gateways is experiencing interference or the connection is lost, then automatically the entire internet connection load is transferred to another active gateway.

Keywords: Load balancing, Failover, PCC, PPDIOO, Mikrotik

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi berbasis internet yang sangat pesat saat ini, telah memunculkan koneksi internet sebagai suatu sarana komunikasi yang mudah diakses oleh setiap orang. Dalam hal ini, berbagai ISP (*Internet Service Provider*) telah memberikan keleluasaan kepada pengguna jasa internet dalam memilih ISP yang diinginkan. Namun, tidak ada satu pun *provider* internet yang dapat menjamin 100% tidak mengalami gangguan distribusi koneksi internet ke arah pelanggan. Beberapa ISP kadang mengalami masalah dengan koneksi, entah karena perbaikan perangkat jaringan atau adanya bencana. Masalah koneksi internet ini tentunya sangat mengganggu kinerja pengguna atau perusahaan yang selalu membutuhkan akses internet. Sebagai solusi, muncul gagasan untuk perusahaan menggunakan lebih dari satu ISP (Utami et al., 2017).

Kenaikan penggunaan jaringan internet belum diimbangi dengan peningkatan kualitas jaringan internet yang sepadan. Sebagai hasilnya, banyak perusahaan penyedia layanan internet sedang mencari cara untuk meningkatkan kapasitas *bandwidth* dan redundansi dengan menambah jumlah penyedia layanan internet. menerapkan solusi tersebut tidaklah mudah seperti yang diharapkan karena terdapat beberapa masalah seperti ketidakseimbangan alokasi beban data ke kedua penyedia layanan dan perpindahan jalur penyedia layanan jika terjadi gangguan pada salah satu jalur tersebut. Oleh karena itu, solusi yang dapat digunakan adalah dengan menerapkan *load balancing* dan *failover* (Darmawan & Imanto, 2017).

Load balancing adalah teknologi untuk membagi beban trafik secara merata pada

dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang agar trafik tidak mengalami kemacetan dan dapat berjalan dengan optimal. Target dari *load balancing* adalah memaksimalkan throughput, mengurangi waktu respon, dan mengantisipasi overload pada satu jalur koneksi (Amrullah et al., 2021). Algoritma *load balancing* bertanggung jawab dalam memetakan tugas yang diberikan ke dalam *traffic* ke sumber daya yang kosong sehingga waktu respons dapat ditingkatkan dan sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan secara efisien. Penyeimbangan beban menjadi masalah penting karena sulit untuk memprediksi jumlah permintaan yang dikeluarkan pada setiap detik di *traffic* suatu jaringan (Geethu & Vasudevan, 2015).

Jaringan *load balancing* memberikan skalabilitas dan tinggi untuk layanan TCP/IP di seluruh perusahaan. Jaringan *load balancing* memberikan nilai khusus bagi perusahaan yang menerapkan layanan TCP/IP, seperti aplikasi *E-Commerce*, yang menghubungkan klien dengan aplikasi transaksi dan basis data back-end (Mishra Assistant Professor, 2013).

Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan (Wijaya & Panca, 2020) menyatakan bahwa penggunaan metode PCC memberikan hasil terbaik dibandingkan metode *load balance* lainnya seperti metode NTH maupun ECMP. Menurut (Sukendar & Saputro, 2017) cara kerja metode PCC yaitu dengan mengelompokkan trafik koneksi yang keluar masuk router menjadi beberapa kelompok. PCC membagi lalu lintas koneksi yang keluar atau masuk ke dalam beberapa kelompok berdasarkan alamat sumber, port sumber, dan port tujuan. Ketika suatu paket data pertama kali melewati router, Mikrotik mengingat jalur *gateway* yang dilewati. Dengan demikian, pada paket data selanjutnya yang terkait diarahkan pada jalur *gateway* yang sama seperti paket data sebelumnya, atau yang disebut sebagai *PCC Matcher*.

Failover adalah teknik yang menggunakan beberapa jalur untuk mencapai jaringan tujuan, tetapi hanya satu jalur yang digunakan pada keadaan normal. Jalur lainnya bertindak sebagai cadangan dan hanya digunakan ketika jalur utama terputus. *Failover* dapat secara otomatis memindahkan sumber internet dari jalur utama ke jalur cadangan menggunakan metode *recursive gateway*. *Recursive gateway* adalah metode pengecekan *gateway* yang tidak terhubung langsung dengan router yang digunakan. Konfigurasi *routing* menggunakan parameter *Scope* dan *Target Scope*, yang memberikan nilai *default* untuk masing-masing tipe *routing* dan nilainya berbeda (Novianto & Helmud,

2019).

Peran penting teknologi dalam bisnis adalah dapat meningkatkan kualitas layanan, salah satu peran penting perkembangan teknologi adalah internet. Internet sendiri kemudian berevolusi dengan berkembangnya sebuah teknologi baru yaitu *E-Commerce* (Zaini, 2017). *E-Commerce* membutuhkan aplikasi *Point of Sale* (POS) yang digunakan oleh toko sebagai pengolahan data transaksinya. POS adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang untuk mencatat transaksi penjualan atau biasa disebut sistem kasir. Sistem POS yang terintegrasi dengan *E-Commerce* dapat memberikan pelayanan yang lebih baik kepada konsumen, seperti dalam perhitungan harga dan jumlah barang yang dibeli dapat menjadi lebih cepat dan kuantitas barang tidak lagi bergantung kepada pencatatan manual (Putra et al., 2020).

Toko Mekar Jaya Dakocan merupakan toko yang bergerak dalam bidang usaha penjualan berbagai macam kantong plastik, kertas, dan segala macam bahan roti. Toko Mekar Jaya Dakocan yang terletak di Jl. Slamet Riyadi, Dusun 1, Begajah, Kec. Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah ini merupakan toko konvensional yang juga menerima pesanan dari pelanggan secara online. Dengan adanya pesanan yang melalui *E-Commerce*, maka dari itu dibutuhkan sebuah koneksi internet yang handal dan stabil untuk operasional toko sehari-hari.

Menurut (Rinaldo, 2016) pemantauan Jaringan merupakan sebuah kegiatan penting yang bertujuan untuk mengatur sistem jaringan yang berada pada wilayah atau area tertentu yang memanfaatkan topologi jaringan tertentu. Menurut (Muhammad Khaerudin et al., 2023) dalam jaringan komputer, berbagai komputer saling terhubung satu sama lain. Setiap komputer memiliki sumber daya unik yang digabungkan dengan kekuatan komputer lain. Terkadang, administrator harus mengidentifikasi akar penyebab dari pelambatan jaringan yang parah. Seorang administrator perlu mengawasi jaringan agar dapat memantau aliran data di dalamnya secara efektif.

Dalam penelitian ini penulis membahas permasalahan tentang konfigurasi *load balancing* PCC dan *failover recursive* jaringan internet di Toko Mekar Jaya Dakocan meliputi 2 ISP (*Internet Service Provider*) terdiri dari Indihome dan Telkomsel Orbit, 1 unit router Mikrotik RB750Gr3(hEX), 1 unit *Access point* TP-Link Omada EAP110, serta 1 buah komputer yang diinstall tools winbox.

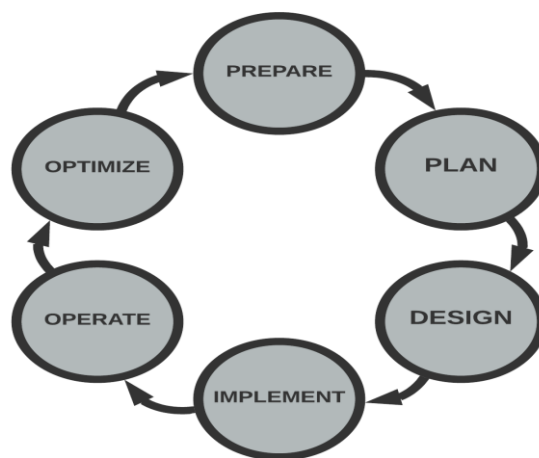
Penelitian ini bertujuan untuk untuk membuat sistem jaringan yang bisa

meningkatkan kinerja, ketersediaan, dan skalabilitas sistem atau jaringan dengan membagi beban kerja secara merata di antara beberapa sumber daya yang tersedia dengan menggunakan *Per ConnectionClassifier load balancing* dan *failover recursive*. Dengan mengimplementasikan *load balancing* dan *failover* pada jaringan Toko Mekar Dakocan, diharapkan dapat membantu pemilik dan pegawai mendapatkan koneksi internet yang stabil dan selalu tersedia. Sehingga semua pekerjaan yang ada dapat dilakukan secara cepat dan tepat, dan tidak terhambat walaupun terdapat gangguan jaringan pada salah satu penyedia layanan internet yang digunakan.

2. METODE

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode PPDIOO yaitu sebuah siklus hidup metode yang terdiri dari (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize*). Metode ini menggunakan konsep siklus hidup yang selalu berputar dalam tiap tahapannya(WAHYUDA, 2020). Metode perancangan PPDIOO merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk perencanaan, pengembangan, implementasi, operasi, dan optimasi jaringan komputer. yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. (Rahman et al., 2021)

Keuntungan utama dari PPDIOO adalah menurunkan TCO (*Total Cost of Ownership*). PPDIOO juga meningkatkan ketersediaan jaringan karena menggunakan desain jaringan yang solid dengan cara validasi operasi.(Yuliana & Mogi, 2020) Penelitian ini menggunakan metode yang dikembangkan oleh CISCO untuk desain jaringan dengan beberapa alur dan fase sebagai berikut:



Gambar 1. Model PPDIOO

2.1 Prepare

Tahap ini meliputi data-data apa saja yang menjadi penentuan dalam syarat jaringan, merumuskan strategi jaringan dan menyarankan konseptual arsitektur jaringan. Fase ini menyiapkan untuk melakukan perancangan. Pada fase *prepare* melibatkan teknik pengumpulan data, untuk mengetahui dari sisi *client* yang dibutuhkan. Adapun berikut teknik pengumpulan data menggunakan beberapa cara yaitu:

a. Studi Pustaka

Metode pencarian data yang bersumber dari buku, jurnal nasional dan internasional, artikel dan tutorial lainnya yang mendukung proses penelitian.

b. Wawancara

Pada pengumpulan data menggunakan wawancara, sasaran atau target yang menjadi sumber informasi ialah Pemilik dan Karyawan Toko Mekar Jaya Dakocan yang berhubungan dengan langsung proses penjualan barang secara online.

c. Observasi

Pada tahap ini peneliti melakukan pengamatan di tempat kerja sehingga dapat menentukan kebutuhan yang dibutuhkan oleh Toko Mekar Jaya Dakocan.

2.2 Plan

Tahap ini dilakukan analisis kebutuhan perangkat pendukung sebelum merancang sebuah sistem jaringan komputer. Baik perangkat keras maupun perangkat lunak yang dibutuhkan.

2.2.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

a. Mikrotik

Mikrotik digunakan untuk konfigurasi dan manajemen berbagai aspek dalam jaringan komputer. Produk dan sistem operasi MikroTik (RouterOS) menyediakan berbagai fitur yang dapat dikonfigurasi untuk mengatur dan mengoptimalkan koneksi jaringan, keamanan, dan fungsi jaringan lainnya.

b. Kabel UTP RJ45

Kabel UTP RJ45 merupakan jenis kabel yang digunakan untuk menghubungkan jaringan dan pendistribusian data dari router ke komputer *client* melalui port LAN.

c. Laptop atau Komputer

Perangkat yang paling penting ialah sebuah perangkat *Personal Computer* (PC) atau Laptop yang menggunakan sistem operasi windows yang dilengkapi dengan port LAN.

d. Access point

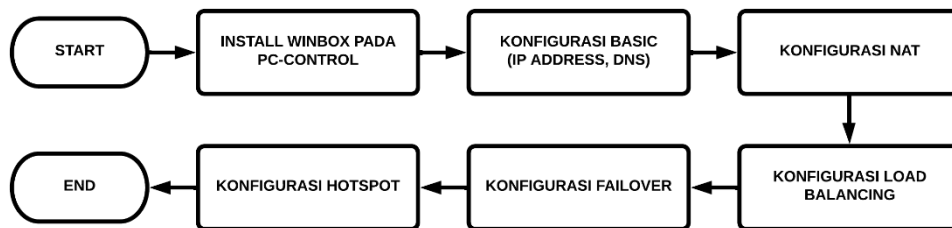
Perangkat jaringan nirkabel yang berfungsi sebagai pusat komunikasi dalam jaringan Wi-Fi. *Access point* memainkan peran penting dalam menghubungkan perangkat nirkabel, seperti laptop, *smartphone*, atau ke jaringan lokal atau internet.

2.2.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian dalam pembuatan jaringan komputer diantaranya winbox digunakan untuk konfigurasi *load balancing* dan *failover recursive*. Cisco packet tracer digunakan untuk membuat rancangan topologi jaringan. Browser google chrome yang digunakan untuk membuat *flowchart* di website lucid.app.

2.3 Design

Tahap ini adalah tahap dimana terdapat penggambaran desain flowchart untuk mengimplementasikan sistem.



Gambar 2. *Flowchart* untuk mengimplementasikan sistem

Gambar 2. digunakan untuk menunjukkan tentang proses implementasi yang dilakukan dengan melakukan konfigurasi basic seperti *IP address* dan juga DNS, konfigurasi NAT, konfigurasi *load balancing*, konfigurasi *failover* dan konfigurasi hotspot.

2.4 Implement

Tahap ini merupakan tahap paling penting adalah tahap implementasi. Pada tahap ini peneliti melakukan installasi dan konfigurasi pada winbox. Kemudian pada tahap ini peneliti mengimplementasikan *load balancing* PCC dan *failover recursive*.

2.5 Operate

Fase ini mempertahankan ketahanan kegiatan sehari-hari jaringan. Pada uji ini meliputi pengelolaan dan memonitor komponen-komponen jaringan, mengelola kinerja dan mengidentifikasi kesalahan-kesalahan yang masih terjadi.

2.6 Optimize

Optimize adalah tahap terakhir dimana setelah melakukan analisis maka dilakukan pembaruan sistem yang telah dibangun, hal ini bertujuan untuk mencapai peningkatan

kinerja sistem yang optimal dan dapat menyelesaikan masalah yang datang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Prepare* (Menyiapkan)

Pada tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan kebutuhan apa saja yang dibutuhkan oleh Toko Mekar Jaya Dakocan dalam pembuatan jaringan. Dengan cara mengumpulkan berbagai data dari berbagai sumber yang ada, tentang *load balancing* PCC dan *failover recursive*.

Hasil dari pengumpulan data dan identifikasi masalah yang telah dilakukan di Toko Mekar Jaya Dakocan adalah sebagai berikut:

- a. Toko Mekar Jaya Dakocan memiliki divisi yang bertugas untuk menangani pesanan online.
- b. Toko Mekar Jaya Dakocan menggunakan pengiriman pesan kepada pelanggan menggunakan aplikasi *whatsapp messenger*.
- c. Toko Mekar Jaya Dakocan menggunakan aplikasi POS (*Point of Sale*).
- d. Toko Mekar Jaya Dakocan menerima pembayaran secara *cashless*.
- e. Penggunaan aplikasi *whatsapp messenger*, POS (*Point of Sale*), dan juga pembayaran secara *cashless* membutuhkan koneksi internet yang stabil dan selalu tersedia.

3.2 *Plan* (Merencanakan)

Selanjutnya untuk tahap kedua yang dilakukan adalah merencanakan kebutuhan jaringan yang dibutuhkan. Yaitu dengan mendiskripsikan apa saja *software* maupun *hardware* yang digunakan untuk kebutuhan jaringan seperti yang tertera pada tabel 1 dan tabel 2. Serta mempersiapkan perangkat yang dibutuhkan dalam hal pembuatan sistem *load balancing* dan *failover* untuk jaringan ini.

3.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Tabel 1. Spesifikasi *hardware*

<i>Hardware</i>	Jumlah	Spesifikasi Unit
Modem	2	ZTE F609 v3, Orbit Star H1
ISP (<i>Internet Service Provider</i>)	2	Indihome, Telkomsel Orbit

Kabel UTP RJ-45	5	UTP CAT6
Processor: AMD Ryzen 5 5600X 6-Core		
RAM:16 GB		
Harddisk: 1,81TB		
2 Port Ethernet		
Mikrotik	1	RB750Gr3 (hEX)
Access point	1	TP-Link Omada EAP 110

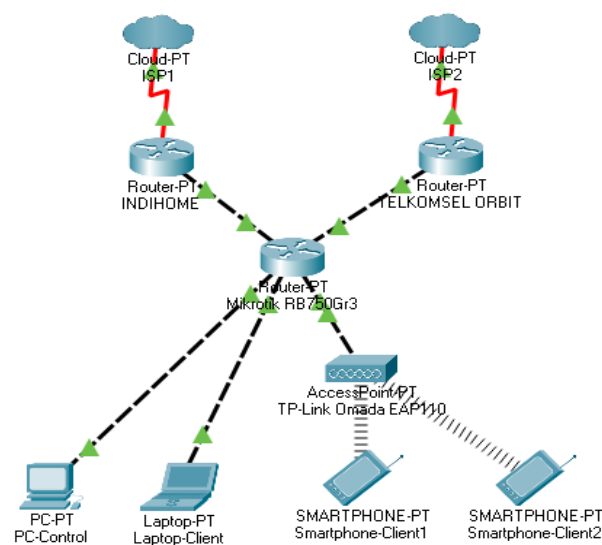
3.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Tabel 2. Spesifikasi *software*

<i>Software</i>	<i>Keterangan</i>
Microsoft Windows 10 Pro 64-bit	Sebagai sistem operasi untuk <i>Client</i>
RouterOS	Sebagai sistem operasi untuk Mikrotik
Winbox	Utility untuk melakukan remote GUI ke Router Mikrotik

3.3 Design (Merancang)

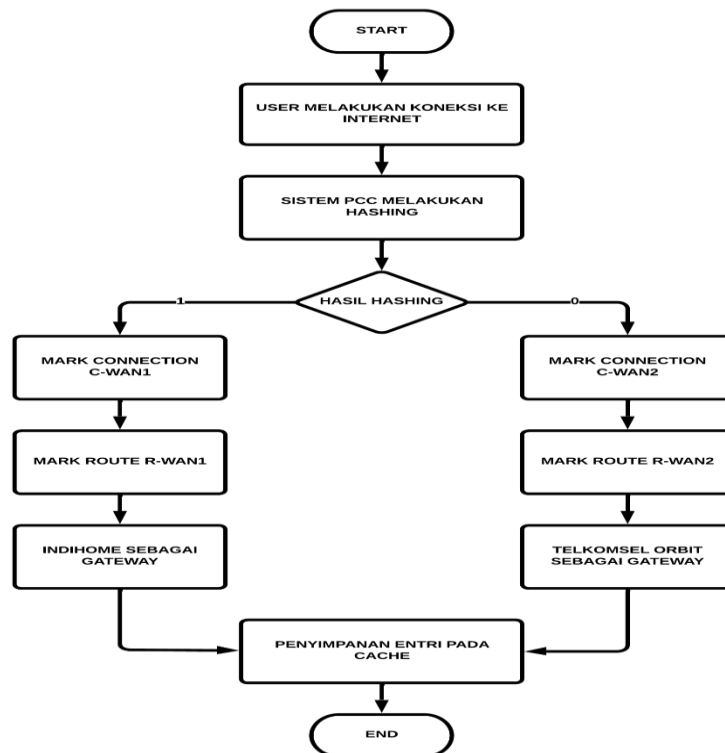
Membuat perancangan sistem untuk memberikan gambaran dari bentuk sistem yang digunakan pada Toko Mekar Jaya Dakocan. Terdiri dari Topologi jaringan, *Flowchart load balancing PCC*, *Flowchart failover recursive*.



Gambar 3. Topologi jaringan

Gambar 3. digunakan untuk menunjukkan topologi jaringan yang ingin dibuat pada Toko Mekar Jaya Dakocan dengan *routerboard* Mikrotik yang menjadi pusat dari jaringan komputer. Koneksi dari ke-2 ISP (*Internet Service Provider*) yang masuk ke *routerboard* Mikrotik diolah terlebih dahulu dengan metode *load balancing* dan *failover*. Hasil yang sudah diolah di distribusikan ke *client* seperti PC-Control, Laptop dan juga *Smartphone*.

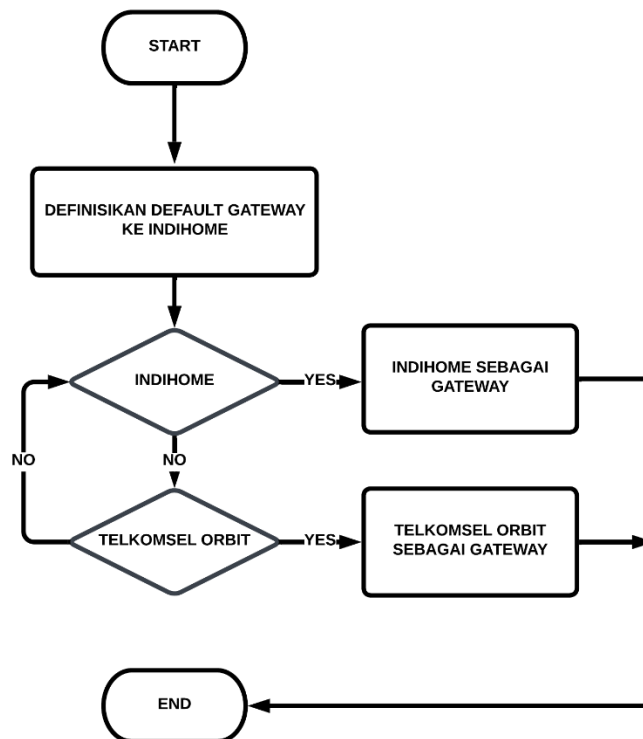
Gambar 4. Menjelaskan tentang proses *load balancing* PCC dalam jaringan. Ketika koneksi baru dibuat, PCC mendapatkan beberapa informasi dari koneksi, seperti alamat sumber, alamat tujuan, port sumber, dan port tujuan. PCC kemudian menghitung nilai *hash* dari informasi tersebut dengan menggunakan algoritma *hash* khusus. Nilai *hash* ini digunakan sebagai faktor penentu ketika memilih rute yang digunakan. Setelah itu PCC memilih salah satu jalur yang tersedia berdasarkan perhitungan nilai *hash*. PCC memilih jalur dengan nilai *hash* yang paling cocok dengan nilai *hash* dari koneksi yang baru dibuat. Setelah itu koneksi tersebut ditransmisikan melalui jalur yang dipilih oleh PCC. Hasil algoritma *hashing* mempunyai dua nilai yaitu 1 dan 0, yang digunakan sebagai pengingat dimanakah paket di tandai koneksi dan *routing*nya.



Gambar 4. *Flowchart load balancing PCC*

Tabel 3. Keadaan sistem saat terputus dari koneksi internet

Kondisi		Perilaku Sistem
Indihome	Telkomsel Orbit	
Hidup	Hidup	Menggunakan <i>gateway</i> kedua ISP
Mati	Hidup	Menggunakan <i>gateway</i> Telkomsel Orbit
Hidup	Mati	Menggunakan <i>gateway</i> Indihome
Mati	Mati	-



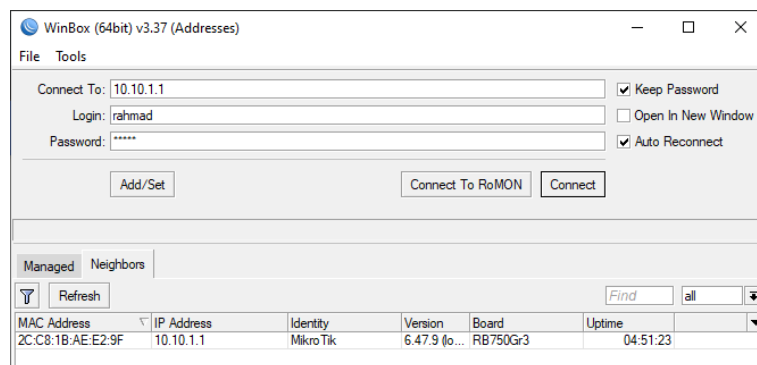
Gambar 5. Flowchart failover recursive.

Gambar 5. dan Tabel 3 menjelaskan cara kerja *failover recursive* dalam jaringan. Saat pengguna menggunakan koneksi internet, maka router memeriksa ketersediaan akses internet pada Indihome sebagai *link* utama. Jika Indihome tidak memiliki koneksi internet maka dilanjutkan pengalihan ke Telkomsel Orbit sebagai *link backup* sehingga pengguna dapat menggunakan koneksi internet dari Telkomsel Orbit. Tetapi jika Indihome dan Telkomsel Orbit juga tidak memiliki koneksi internet maka koneksi tidak dapat diterima.

3.4 Implement (Menerapkan)

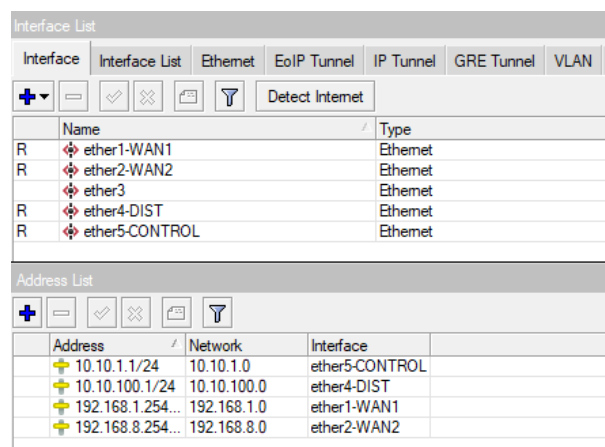
Pada tahap ini yang dilakukan adalah menerapkan sistem, perangkat-perangkat yang tertulis pada tahap persiapan dan desain disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan oleh Toko Mekar Jaya Dakocan. Sistem yang sudah dirancang pada tahap sebelumnya dikonfigurasi dalam bentuk konfigurasi pada router mikrotik.

Penelitian ini menggunakan aplikasi Winbox v3.37 dan Gambar 6 memperlihatkan tampilan winbox saat awal dibuka.



Gambar 6. Tampilan *login* winbox

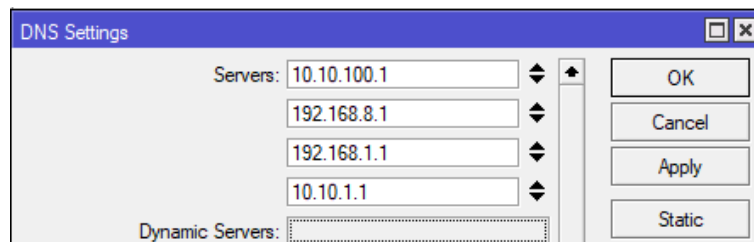
Gambar 6. digunakan untuk mengakses mikrotik yang ingin dikonfigurasi, maka harus masuk ke winbox dengan menggunakan MAC Address pada halaman neighbors sebagai admin jika settingan masih *default*. Tetapi jika sudah mempunyai *profile user* yang lain, maka bisa masuk dengan *profile user* yang sudah terdaftar.



Gambar 7. Konfigurasi *interface list*, *address list*

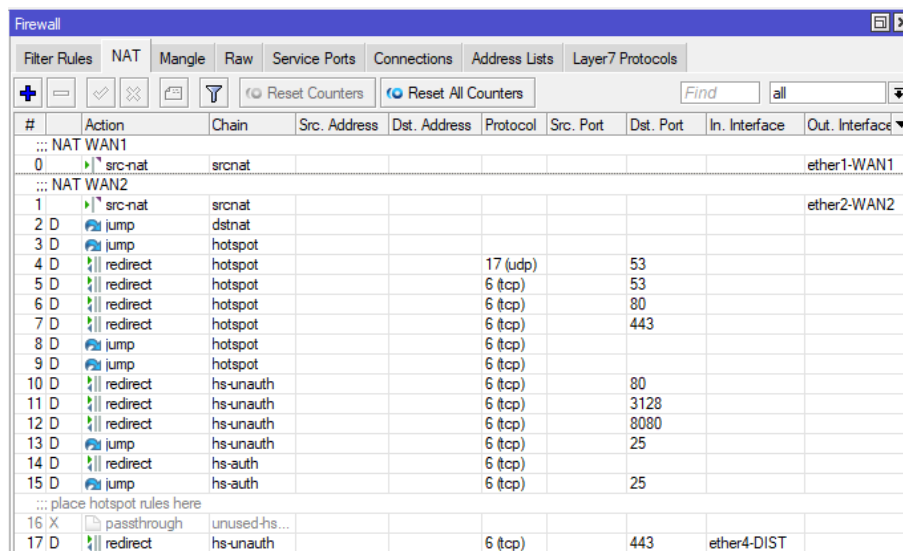
Gambar 7. digunakan untuk melakukan konfigurasi *IP address* pada masing-masing *interface* yang aktif, serta melakukan setting pada DNS Server. Indihome

menggunakan *interface* ether1-WAN1 dengan *IP address* 192.168.1.254/24. Telkomsel Orbit menggunakan *interface* ether2-WAN2 dengan *IP address* 192.168.8.254/24. Access point menggunakan *interface* ether4-DIST dengan *IP address* 10.10.100.1/24. PC Control menggunakan *interface* ether5-CONTROL dengan *IP address* 10.10.10.1/24.



Gambar 8. Konfigurasi DNS server

Gambar 8. digunakan untuk melakukan konfigurasi DNS server yang nantinya bertanggung jawab untuk mengonversi alamat tersebut menjadi alamat IP yang dapat dimengerti oleh perangkat jaringan.



Gambar 9. Konfigurasi NAT firewall

Gambar 9. digunakan untuk mengkonfigurasi srcnat (*Source NAT*) pada *interface* ether1-WAN1 dan ether2-WAN2, yang berfungsi untuk melakukan *Network Address Translation* (NAT) pada alamat IP sumber paket data yang keluar dari jaringan lokal (LAN) ke jaringan eksternal seperti internet atau jaringan lain. Dengan menggunakan Srcnat, alamat IP sumber asli dari perangkat di jaringan lokal diganti dengan alamat IP publik yang ditetapkan oleh penyedia layanan internet (ISP) sebelum

data tersebut meninggalkan jaringan lokal. Penggunaan Srcnat pada NAT Firewall adalah salah satu cara untuk mengelola alamat IP dalam jaringan dan memastikan data yang dikirimkan dan diterima secara efisien dan aman.

#	Action	Chain	In. Interface	Connection Mark	Src. Address List	Dst. Address List	Per Connection Classifier	New Connection ...	New Routing Mark	Bytes	Packets
0	Accept Local	prerouting				CLIENT-control				27.4 MB	446 363
1	Accept	prerouting				CLIENT-hotspot				3377.2 KB	29 252
2	Accept	prerouting				GATEWAY				26.4 GB	25 819 783
3	mark connection	prerouting	ether1-WAN1	no-mark				C-WAN1		7.9 MB	42 240
4	mark connection	prerouting	ether2-WAN2	no-mark				C-WAN2		1484 B	18
5	mark routing	output		C-WAN1					R-WAN1	8.8 KB	112
6	mark routing	output		C-WAN2					R-WAN2	7.3 KB	85
7	jump	prerouting		no-mark		CLIENT-hotspot				1829.4 KB	9 035
8	jump	prerouting		no-mark		CLIENT-control				24.2 MB	108 019
9	mark connection	PCC-1:1					both addresses and ports:2/0	C-WAN1		13.0 MB	59 560
10	mark connection	PCC-1:1					both addresses and ports:2/1	C-WAN2		13.0 MB	57 494
11	return	PCC-1:1								26.0 MB	117 054
12	jump	prerouting		no-mark		CLIENT-hotspot				99.7 MB	1 014 031
13	jump	prerouting		no-mark		CLIENT-control				2184.3 MB	11 661 667
14	mark routing	ROUTE		C-WAN1					R-WAN1	432.0 MB	4 018 673
15	mark routing	ROUTE		C-WAN2					R-WAN2	1852.0 MB	8 657 025
16	return	ROUTE								2284.0 MB	12 675 698

Gambar 10. Konfigurasi Mangle

Gambar 10. digunakan untuk mengkonfigurasi mangle yang diperlukan untuk melakukan *load balancing* PCC. Terdapat enam tahapan untuk konfigurasi mangle yang dapat dilakukan.

- Membuat *rule* yang digunakan untuk mengizinkan lalu lintas yang sedang menuju router untuk diteruskan ke tujuan akhir tanpa ada pemblokiran atau tindakan tambahan. Artinya, lalu lintas yang diterima oleh *CLIENT-control*, *CLIENT-hotspot*, dan *GATEWAY* dengan *action* "accept" dalam "prerouting" chain langsung diteruskan ke tujuan yang dituju tanpa ada tindakan lebih lanjut dari router.
- Membuat *rule* yang digunakan untuk melakukan tanda (*marking*) pada setiap koneksi yang masuk ke router sebelum data tersebut di-routing ke tujuan akhir. Penandaan dilakukan dengan mengatur koneksi yang berasal dari ether1-WAN1 diberi tanda *connectionmark* "C-WAN1" dan koneksi yang berasal dari ether2-WAN2 diberi tanda *connectionmark* "C-WAN2". Penggunaan *marking* pada koneksi ini adalah untuk mengenali dan mengelompokkan koneksi-koneksi yang datang dari luar jaringan.
- Rule* dengan *action* "mark routing" dan *chain* "output" digunakan untuk melakukan

tanda (*marking*) pada paket data sebelum data tersebut di-*routing* keluar dari router menuju tujuan akhir. Setelah mengenali koneksi yang berasal dari *connectionmark* “C-WAN1” dan “C-WAN2” diberi tanda *routing mark* “R-WAN1” dan “R-WAN2”

- d. “Hotspot to PCC” dan “Control to PCC” memiliki *action* “*jump*” yang berguna untuk mengarahkan paket yang masuk ke *chain* “*prerouting*” untuk diproses lebih lanjut oleh *chain* “PCC-1:1”

Setelah dilakukan penandaan koneksi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian jalur koneksi menjadi dua jalur dengan dibantu algoritma PCC.

- a. Algoritma PCC menjumlahkan *both address* dan port pada masing-masing koneksi, kemudian dibagi oleh suatu bilangan, pada penelitian ini menggunakan 2 (dua), sesuai dengan jumlah ISP yang digunakan. Kemudian sisa hasil baginya digunakan sebagai penanda, jika sisa hasil bagi 1 (satu) maka koneksi tersebut ditandai sebagai “C-WAN1” kemudian dilewatkan ke *routing mark* “R-WAN1” yaitu menggunakan *gateway* ether1-WAN1 (Indihome), dan jika sisa hasil bagi 0 (nol) maka koneksi tersebut ditandai sebagai “C-WAN2” kemudian dilewatkan ke *routing mark* “R-WAN2” yaitu menggunakan *gateway* ether2-WAN2(Telkomsel Orbit).
- b. “Hotspot to Route” dan “Control to Route” memiliki *action* “*jump*” yang berguna untuk mengarahkan paket yang masuk ke *chain* “*prerouting*” untuk diproses lebih lanjut oleh *chain* “ROUTE”

Tahap selanjutnya melakukan penandaan *routing mark* sebagai jalur paket *connection* yang sudah ditandai keluar dari router. Untuk tiap-tiap koneksi yang ditandai dengan “C-WAN1” diberikan *routing mark* “R-WAN1” yang dilewatkan pada *interface* ether1-WAN1 dan tiap-tiap koneksi yang ditandai dengan “C-WAN2” diberikan *routing mark* “R-WAN2” yang dilewatkan pada *interface* ether2-WAN2.

Tabel 4. Perancangan *routing*

Dst-address	Gateway	Routing Mark
0.0.0.0	1.1.1.1 <i>Recursive</i> via ether1-WAN1 (Indihome)	R-WAN1
0.0.0.0	8.8.8.8 <i>Recursive</i> via ether2-WAN2 (Telkomsel Orbit)	R-WAN2

	Dest. Address	Gateway	Check Gateway	Distance	Scope	Target Scope	Routing Mark	Pref. Source
AS	0.0.0.0/0	1.1.1.1 recursive via 192.168.1.1 ether1-WAN1	ping	1	40	30		
S	0.0.0.0/0	8.8.8.8 recursive via 192.168.8.1 ether2-WAN2	ping	2	40	31		
AS	0.0.0.0/0	1.1.1.1 recursive via 192.168.1.1 ether1-WAN1	ping	1	30	30	R-WAN1	
S	0.0.0.0/0	8.8.8.8 recursive via 192.168.8.1 ether2-WAN2	ping	2	30	31	R-WAN1	
S	0.0.0.0/0	1.1.1.1 recursive via 192.168.1.1 ether1-WAN1	ping	2	30	30	R-WAN2	
AS	0.0.0.0/0	8.8.8.8 recursive via 192.168.8.1 ether2-WAN2	ping	1	30	31	R-WAN2	
AS	1.1.1.1	192.168.1.1 reachable ether1-WAN1	ping	1	30	10		
AS	8.8.8.8	192.168.8.1 reachable ether2-WAN2	ping	1	31	10		
DAC	10.10.1.0/24	ether5-CONTROL reachable		0	10	10		10.10.1.1
DAC	10.10.100.0/24	ether4-DIST reachable		0	10	10		10.10.100.1
DAC	192.168.1.0/24	ether1-WAN1 reachable		0	10	10		192.168.1.254
DAC	192.168.8.0/24	ether2-WAN2 reachable		0	10	10		192.168.8.254

Gambar 11. Konfigurasi *route list*

Gambar 11. dan Tabel 4. digunakan untuk mengkonfigurasi *routing* yang diperlukan untuk melakukan *failover recursive*.

Setelah penandaan paket selesai pada tahap konfigurasi mangle, langkah selanjutnya adalah melakukan konfigurasi *routing* tabel agar paket bisa teruskan ke *gateway* ISP yang sesuai dengan *routing mark* yang dibuat pada konfigurasi mangle, dengan aturan *mark-route* "R-WAN1" menggunakan *gateway* IP yang dimiliki ether1-WAN1 "192.168.1.1" dan *mark-route* "R-WAN2" menggunakan *gateway* IP yang dimiliki ether2-WAN2 "192.168.8.1".

Cara kerja *failover* ini adalah setiap router mentransmisikan data ke alamat tujuan, router memeriksa *gateway* apakah aktif atau tidak dengan cara melakukan ping ke IP *gateway* tersebut. Kemudian jika ternyata *gateway* tidak memberi jawaban, router memilih jalur lain yaitu *rule routing* yang memiliki parameter *distance* yang lebih besar dari *rule routing* sebelumnya. Parameter *distance* ini menunjukkan prioritas pada saat pemilihan jalur *routing*, semakin kecil nilai *distance* maka semakin besar prioritas yang diberikan.

Gambar 12. Konfigurasi hotspot

Gambar 12. digunakan untuk mengkonfigurasi hotspot yang bernama “Mekar Jaya Dakocan” menggunakan ether4-DIST sebagai *interface*. Hotspot server *profile* “Toko” yang mempunyai settingan *login by* MAC, HTTP CHAP, HTTP PAP, MAC Cookie dan *Trial*. Terdapat *IP Pool* yang bernama “pool_hotspot” memiliki Address 10.10.100.2-10.10.100.254 yang nantinya digunakan untuk *client* sebagai *IP address* yang terkoneksi dengan hotspot “Mekar Jaya Dakocan”.

Server	Name	Address	MAC Address	Profile	Uptime
... counters and limits for trial users					
*					00:00:00
all	admin			default	01:45:19
all	owner			default	00:00:00

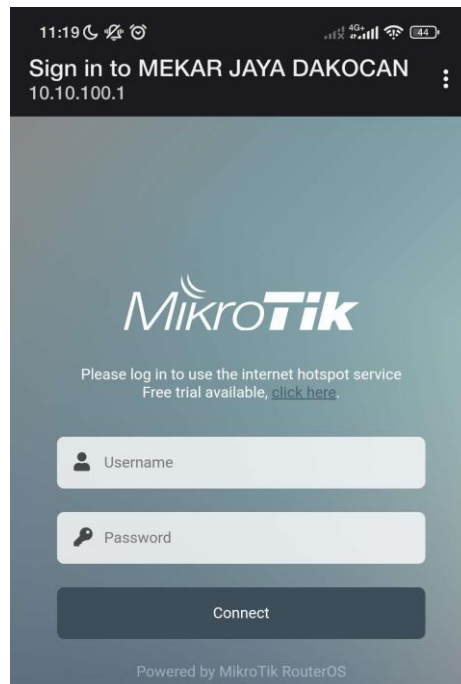
Gambar 13. Konfigurasi *User* Hotspot

Gambar 13. digunakan untuk mengkonfigurasi *user* hotspot yang berisi daftar nama dan informasi *user* yang tersimpan di Mikrotik. Dimana jika ada *client* yang ingin terhubung/terkoneksi maka harus memasukkan *username* dan *password* dari salah 1

user profile yang sudah tersimpan. Semua *profile* pada *user* “admin”, dan “owner” sama-sama menggunakan *profile default*.

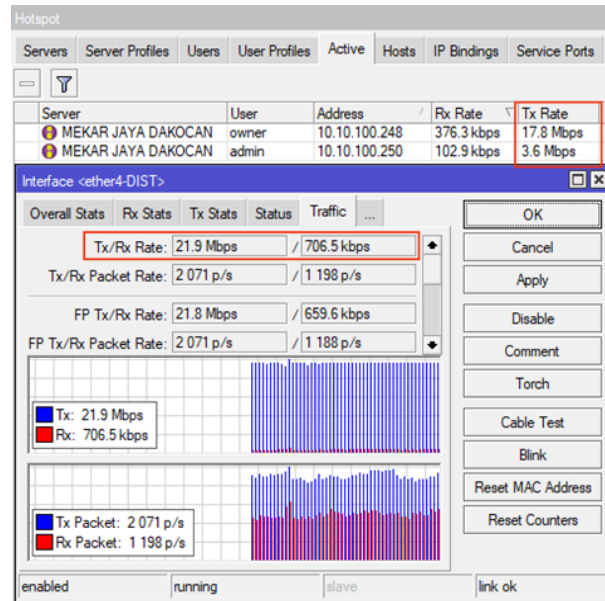
3.5 Operate (Mengoperasikan)

Tahapan ini berguna untuk menguji sistem yang sudah dibuat dan memastikan bahwa hasil rancangan yang sudah diterapkan berjalan dengan lancar, dan normal sehingga dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari Toko Mekar Jaya Dakocan.



Gambar 14. Login page mikrotik

Gambar 14. digunakan untuk menunjukan jika *client* ingin melakukan koneksi dengan jaringan hotspot yang bernama “MEKAR JAYA DAKOCAN”, maka *client* diminta untuk memasukkan *username* dan *password* yang sudah terdaftar pada Mikrotik.

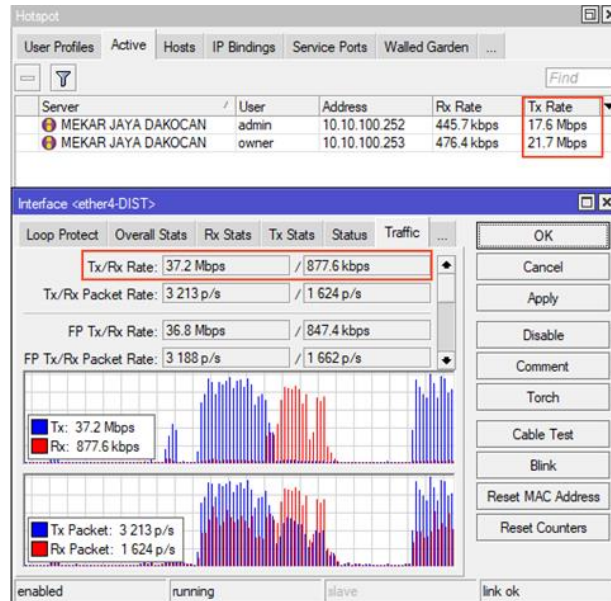


Gambar 15. Grafik pembagian kecepatan *bandwidth* sebelum *load balancing*

Tabel 5. Pembagian kecepatan *bandwidth* sebelum *load balancing* pada interface ether4-DIST

User	Address	Kecepatan	
		Rx(kbps)	Tx(Mbps)
Admin	10.10.100.250	102.9	3.6
Owner	10.10.100.248	376.3	17.8

Gambar 15. dan Tabel 5. digunakan untuk menunjukkan *client* hotspot yang aktif dan mengetahui grafik *bandwidth* yang ada pada interface ether4-DIST sebelum konfigurasi *load balancing*. Saat dilakukan *testing download* terlihat bahwa pada ether4-DIST hanya memiliki kecepatan 21.9Mbps untuk dibagi pada kedua user hotspot yang menghasilkan *tx rate* yang sangat tidak seimbang. User “owner” mendapatkan kecepatan *bandwidth* hampir 5 kali lipat lebih banyak dibandingkan user “admin”.



Gambar 16. Grafik pembagian kecepatan *bandwidth* setelah *load balancing*

Tabel 6. Pembagian kecepatan *bandwidth* setelah *load balancing* pada *interface* ether4-DIST

User	Address	Kecepatan	
		Rx(kbps)	Tx(Mbps)
Admin	10.10.100.252	445.7	17.6
Owner	10.10.100.253	476.4	21.7

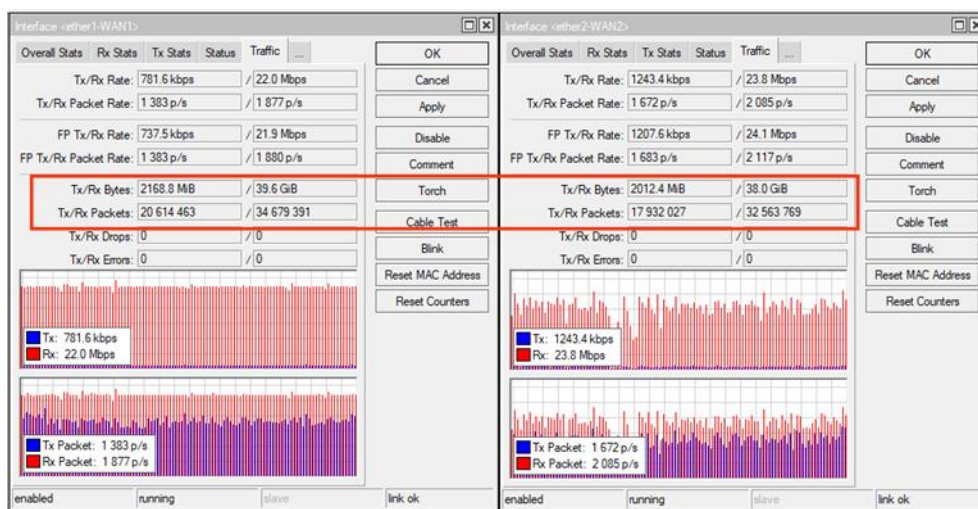
Gambar 16. dan Tabel 6. digunakan untuk menunjukkan *client* hotspot yang aktif dan mengetahui grafik *bandwidth* yang ada pada *interface* ether4-DIST setelah melakukan *load balancing*. Terdapat 2 *client* yang sedang terkoneksi pada hotspot “MEKAR JAYA DAKOCAN” dengan menggunakan *profile user* yang berbeda. *Client* hotspot yang menggunakan *profile user* “admin” mendapatkan *IP address* 10.10.100.252 sedangkan “owner” mendapatkan *IP address* 10.10.100.253. Saat dilakukan *testing download* terlihat bahwa terdapat kenaikan kecepatan *bandwidth* pada ether4-DIST senilai 37.2Mbps yang sebelumnya hanya mendapatkan 21.9Mbps ditunjukkan pada gambar 15 dan tabel 5. Setelah melakukan *load balancing* masing-masing *user* mendapatkan *tx rate* yang lebih cepat dan seimbang, adapun perbedaan kecepatan *bandwidth* yang sedikit berbeda. Perbedaan kecepatan yang dilewatkan pada

ke-2 user masih dapat ditoleransi karena selisihnya cukup sedikit.

Firewall						
Filter Rules NAT Mangle Raw Service Ports Connections Address Lists Layer7 Protocols						
Tracking						
	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Connection Mark	Orig./Repl. Rate	
SACs	10.10.1.254.61835	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN2	358.2 kbps/9.0 Mbps	
SACs	10.10.1.254.61838	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN2	279.0 kbps/7.1 Mbps	
SACs	10.10.1.254.61969	157.240.218.63.443	6 (tcp)	C-WAN1	266.5 kbps/5.7 Mbps	
SACs	10.10.1.254.61839	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN2	186.6 kbps/4.5 Mbps	
SACs	10.10.1.254.55368	74.125.101.105.443	17 (udp)	C-WAN2	182.7 kbps/3.7 Mbps	
SACs	10.10.1.254.54453	142.251.84.106.443	17 (udp)	C-WAN1	130.9 kbps/5.0 Mbps	
SACs	10.10.1.254.57688	142.251.12.93.443	17 (udp)	C-WAN1	91.0 kbps/88.0 kbps	
SACs	10.10.1.254.61837	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN1	61.7 kbps/2.2 Mbps	
SACs	10.10.1.254.61833	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN1	60.6 kbps/2.3 Mbps	
SACs	10.10.1.254.61831	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN1	41.8 kbps/1498.4 kbps	
SACs	10.10.1.254.49883	142.251.91.136.443	17 (udp)	C-WAN1	39.4 kbps/440.4 kbps	
SACs	10.10.1.254.61832	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN1	37.9 kbps/2.0 Mbps	
SACs	10.10.1.254.61836	172.217.194.132.443	6 (tcp)	C-WAN1	30.3 kbps/1091.9 kbps	
SACs	10.10.1.254.61957	157.240.218.15.443	6 (tcp)	C-WAN2	17.0 kbps/561.3 kbps	
SACs	10.10.1.254.61960	31.13.68.174.443	6 (tcp)	C-WAN2	7.2 kbps/192.5 kbps	
SACs	10.10.1.254.61968	157.240.218.63.443	6 (tcp)	C-WAN2	6.6 kbps/44.4 kbps	
SACs	10.10.1.254.56408	74.125.24.95.443	17 (udp)	C-WAN2	1824 bps/1704 bps	
C	192.168.1.2.49154	255.255.255.255.6667	17 (udp)	C-WAN1	1728 bps/0 bps	
SACs	10.10.1.254.63097	35.186.224.39.443	6 (tcp)	C-WAN1	984 bps/960 bps	
SACs	10.10.1.254.59792	66.22.220.150.50023	17 (udp)	C-WAN1	704 bps/928 bps	
SAC	10.10.1.254.50205	10.10.1.1.8291	6 (tcp)		640 bps/15.6 kbps	
SACs	10.10.1.254.51604	64.233.170.113.443	17 (udp)	C-WAN1	496 bps/872 bps	
SACs	10.10.1.254.61181	172.217.194.157.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61222	172.217.194.155.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61250	104.19.132.78.443	6 (tcp)	C-WAN1	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61267	142.250.200.35.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61273	64.233.170.149.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61276	172.217.194.157.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61278	74.125.130.155.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61654	104.16.169.131.443	6 (tcp)	C-WAN1	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61770	104.18.11.207.443	6 (tcp)	C-WAN1	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61774	104.17.24.14.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.61777	74.125.200.139.443	6 (tcp)	C-WAN2	328 bps/416 bps	
SACs	10.10.1.254.59578	162.159.130.234.443	6 (tcp)	C-WAN2	320 bps/3.9 kbps	
SACs	10.10.1.254.61928	172.217.218.94.443	6 (tcp)	C-WAN1	0 bps/1056 bps	
C	10.10.1.1.34243	10.10.1.1.53	17 (udp)		0 bps/0 bps	

Gambar 17. Pembagian koneksi terhadap penyebaran paket *load balancing*

Gambar 17. digunakan untuk melihat koneksi yang ditandai sebagai “C-WAN1” dan “C-WAN2”. Koneksi yang ditandai dengan “C-WAN1” berjumlah 17 dan koneksi yang ditandai dengan “C-WAN2” berjumlah 17. Hal ini berarti PCC telah membagi koneksi yang seimbang.

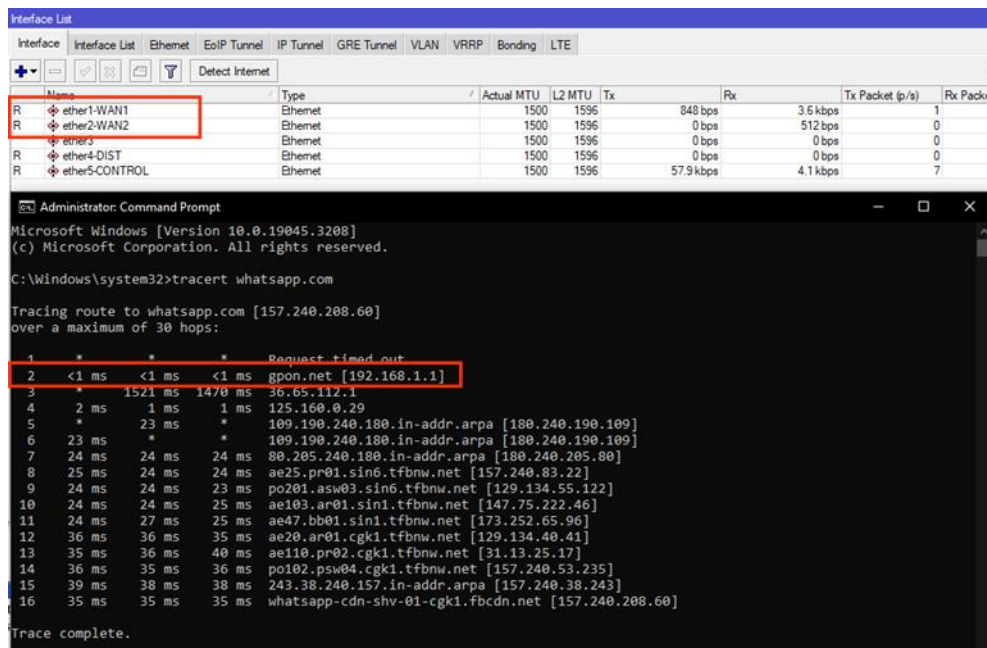


Gambar 18. Grafik penyebaran jumlah dan ukuran paket *load balancing*

Tabel 7. Penyebaran paket *load balancing* yang dilewatkan pada tiap *interface*.

Gateway	Jumlah Paket		Ukuran Paket	
	Tx(MB)	Rx(GB)	Tx	Rx
Indihome	2168,8	39,6	20614463	34679391
Telkomsel Orbit	2012,4	38,0	17932027	32563769

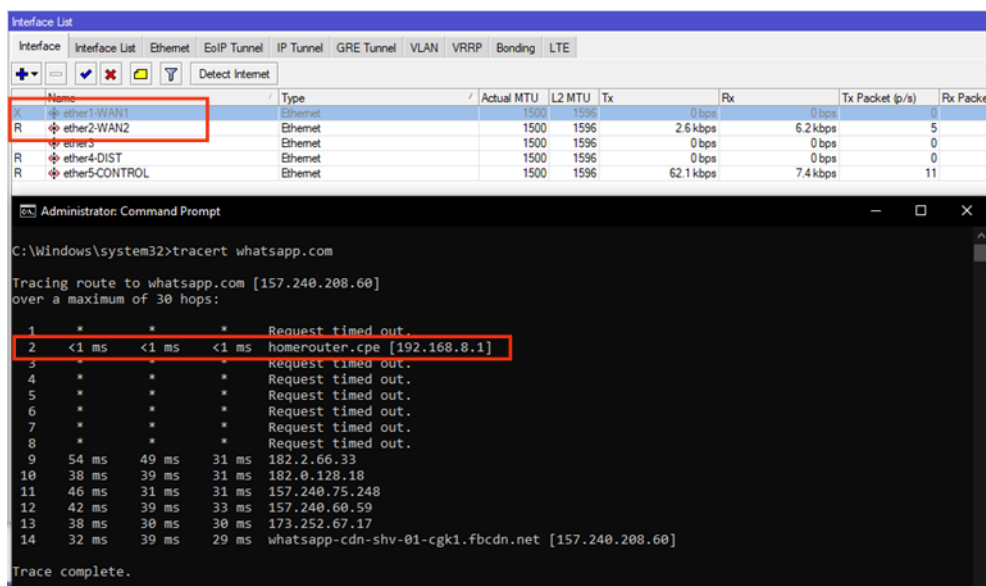
Gambar 18. dan Tabel 7. digunakan untuk menunjukkan bahwa selisih ukuran paket dan jumlah paket yang dilewatkan pada masing-masing *interface* terjadi perbedaan dari sisi upload maupun *download*. Hal ini disebabkan PCC hanya membagi beban trafik berdasarkan koneksi, dan tiap koneksi tersebut melewati besar dan jumlah paket yang berbeda. sehingga walaupun koneksi telah dibagi sama rata, belum tentu jumlah paket yang dilewatkan pada masing-masing *interface* juga sama. Tetapi perbedaan jumlah dan besar paket yang dilewatkan masih dapat ditoleransi karena selisihnya cukup sedikit. Dari analisa diatas, dapat disimpulkan bahwa *load balancing* sudah berjalan dengan cukup baik.



Gambar 19. Hasil traceroute ke whatsapp.com saat kedua ISP menyala

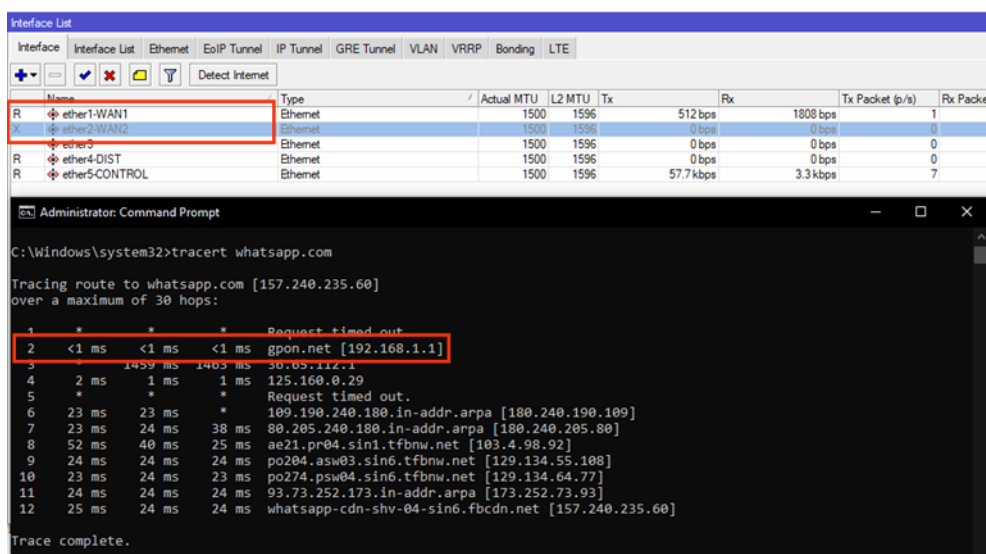
Gambar 19. digunakan untuk menunjukkan bahwa *IP address* yang digunakan untuk melakukan koneksi ke whatsapp.com adalah 192.168.1.1. Hal ini menunjukkan bahwa *default gateway* yang digunakan untuk melakukan koneksi ke whatsapp.com

adalah ether1-WAN1(Indihome).



Gambar 20. Hasil tracert ke whatsapp.com saat ether1-WAN1 mati

Gambar 20. digunakan untuk menunjukkan hasil tracert setelah melakukan pemutusan koneksi internet *interface* ether1-WAN1. Secara otomatis *interface* ether2-WAN2(Telkomsel Orbit) melakukan *backup*, hal itu dibuktikan dengan adanya *IP address* 192.168.8.1 yang sedang melakukan koneksi ke whatsapp.com. Dengan demikian koneksi internet sudah berpindah ke ISP yang satu ke ISP lain yang masih aktif koneksi internetnya.



Gambar 21. Hasil tracert ke whatsapp.com saat ether2-WAN2 mati

Gambar 21. digunakan untuk menunjukkan hasil *tracert* setelah melakukan pemutusan koneksi internet *interface* ether2-WAN2. Secara otomatis *interface* ether1-WAN1 melakukan *backup*, hal itu dibuktikan dengan adanya *IP address* 192.168.1.1 yang sedang melakukan koneksi ke *whatsapp.com*. Dengan demikian koneksi internet sudah berpindah ke ISP yang satu ke ISP yang lain masih aktif koneksi internetnya.

Berdasarkan hasil pengujian *failover* tersebut, dapat dianalisa bahwa konfigurasi sistem *failover* sudah berjalan dengan baik. Hal itu dibuktikan dengan pada saat pemutusan salah satu *line* koneksi internet, sistem secara otomatis berpindah pada ISP yang masih aktif. Hal tersebut juga berlaku ketika salah satu *line* koneksi internet terputus maka ISP yang aktif otomatis *membackup* koneksi internet seluruh jaringan.

3.6 Optimize (Mengoptimalkan)

Tahap terakhir adalah mengoptimalkan sistem. Pada tahap ini memungkinkan untuk memodifikasi desain jaringan yang sudah ada jika terjadi masalah pada jaringan *load balancing* dan *failover*. Dengan cara mengganti *hardware* yang lebih unggul untuk memperbaiki masalah kinerja yang kurang bagus atau menambah konfigurasi pada router mikrotik. Tahap ini baru dilakukan seiring berjalannya sistem untuk kedepannya.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Implementasi *load balancing* pada jaringan Toko Mekar Jaya Dakocan menggunakan metode PCC memiliki kinerja yang cukup bagus dibuktikan dengan penyebaran jumlah beban koneksi yang seimbang pada setiap *gateway* hal ini adalah "C-WAN1" dan "C-WAN2". Tetapi kecepatan dan besar paket yang dilewatkan pada masing-masing *interface* sedikit tidak seimbang, hal ini dikarenakan PCC hanya membagi berdasarkan koneksinya saja, bukan dari kecepatan dan besar paket yang dilewatkan. Implementasi *failover recursive* yang dibuat juga sudah dapat mengatasi masalah ketika salah satu *gateway* mengalami putus koneksi, *gateway* yang aktif otomatis *membackup* semua beban koneksi yang melintas.

4.2 Saran

Penerapkan *load balancing* pada jaringan yang memiliki banyak *client* sebaiknya dilengkapi dengan sistem *bandwidth management* agar pendistribusian *bandwidth*

merata dan sesuai kebutuhan pada setiap *client*. Perlu adanya perawatan atau pengecekan baik dalam segi *device* maupun konfigurasi, memonitoring metode atau teknik yang sudah diterapkan untuk menghindari masalah-masalah yang datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, M. H., Dewanta, F., & Sussi, S. (2021). *Load balancing Server and Homomorphic Encryption in Internet of Things*. *Khazanah Informatika : Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 7(2), 60–64. <https://doi.org/10.23917/khif.v7i2.13607>
- Darmawan, D., & Imanto, T. (2017). Analisa Link Balancing dan Failover 2 Provider Menggunakan Border Gateway Protocol (BGP) Pada Router Cisco 7606s. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(3), 326–333. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v3i3.2017.326-333>
- Geethu, G. P. P., & Vasudevan, S. K. (2015). An in-depth analysis and study of *Load balancing* techniques in the cloud computing environment. *Procedia Computer Science*, 50, 427–432. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.009>
- Mishra Assistant Professor, A. (2013). Network *Load balancing* and Its Performance Measures. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 3. www.ijcstjournal.org
- Muhammad Khaerudin, Andy Achmad Hendharsetiawan, Asep Rhamdani Mahbub, Tukino, & Siti Setiawati. (2023). A Hotspot Server and Two *Line* ISP Load Balance and Failover Using the Mikrotik RB951UI 2HND with PCC Method. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(1), 249–262. <https://doi.org/10.55927/eajmr.v2i1.2591>
- Novianto, D., & Helmud, E. (2019). Implementasi Failover dengan Metode Recursive Gateway Berbasis Router Mikrotik Pada STMIK Atma Luhur Pangkalpinang Program studi Teknik Informatika STMIK Atma Luhur 2) Program studi Sistem Informasi STMIK. *JURNAL ILMIAH INFORMATIKA GLOBAL*, 10(1).
- Putra, A. P., Andriyanto, F., Karisman, K., Harti, T. D. M., & Sari, W. P. (2020). Pengujian Aplikasi Point of Sale Menggunakan Blackbox Testing. *Jurnal Bina Komputer*, 2(1), 74–78. <https://doi.org/10.33557/binakomputer.v2i1.757>
- Rahman, T., Sulistianto, E., Responden, C., & Kunci, K. (2021). Per *ConnectionClassifier Load balancing* dan Failover MikroTik pada Dua *Line* Internet. In *Universitas Nusa Mandiri Jl. Jatiwaringin: Vol. ISSN (Issue 2)*.
- Rinaldo, R. (2016). Implementasi Sistem Monitoring Jaringan Menggunakan Mikrotik Router Os Di Universitas Islam Batik Surakarta. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 16(02), 5–12. <https://doi.org/10.23917/emitor.v16i02.5786>
- Sukendar, T., & Saputro, M. I. (2017). Menjaga konektifitas Internet Agar Selalu Up

Dengan Metode Fail Over Berbasis Mikrotik Pada SMA Darusallam Jakarta.
Jurnal Teknik Komputer, 10(10), 1–5.
<https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/jtk/article/view/1976>

Utami, F., Lindawati, & Suzanzei. (2017). OPTIMALISASI LOAD BALANCING DUA ISP UNTUK MANAJEMEN BANDWIDTH BERBASIS MIKROTIK. *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call For Papers*, 75–82.

WAHYUDA, A. J. (2020). *Rancang Bangun Mail Server Berbasis Web Dengan Keamanan Pgp (Pretty Good Privacy) Berbasis Dekstop Pada Linux Debian 8*. 52(1), 1–5.
<https://repository.atmaluhur.ac.id/handle/123456789/3384>

Wijaya, N. H., & Panca, B. S. (2020). Analisis Litensi Metode PCC, NTH dan ECMP untuk Load Balance dan Failover. *Jurnal Strategi*, 2(1), 177–189.

Yuliana, D., & Mogi, I. K. A. (2020). Computer Network Design Using PPDIOO Method With Case Study of SMA Negeri 1 Kunir. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 9(2), 235. <https://doi.org/10.24843/jlk.2020.v09.i02.p10>

Zaini, B. J. A. (2017). Sistem kasir dan pembukuan di toko bangunan “Murah” dan penyewaan Sound System “Kurnia.” *Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.