



Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2022**



Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Tugas Akhir

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh:
Alvian
41518010069

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA

2022

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NIM : 41518010069

Nama : Alvian

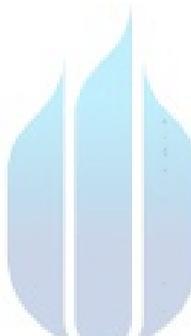
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP
Menggunakan Metode Peer Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus:
CV. Setia Kawan)

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya adalah hasil karya sendiri dan bukan plagiat. Apabila ternyata ditemukan didalam laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap untuk mendapatkan sanksi akademik yang terkait dengan hal tersebut.

Jakarta, 20 Juni 2022



Alvian



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN PERSEUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Alvian
NIM : 41518010069
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul diatas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan di lingkungan Universitas Mercu Buana, saya memberikan izin kepada Peneliti di Lab Riset Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana untuk menggunakan dan mengembangkan hasil riset yang ada dalam tugas akhir untuk kepentingan riset dan publikasi selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Juni 2022



Alvian

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Alvian
NIM : 41518010069
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Menyatakan bahwa :

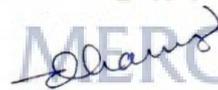
1. Luaran Tugas Akhir saya adalah sebagai berikut :

No	Luaran	Jenis	Status
1	Publikasi Ilmiah	Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi	Diajukan ✓
		Jurnal Nasional Terakreditasi	✓
		Jurnal International Tidak Bereputasi	Diterima
		Jurnal International Bereputasi	
Disubmit/dipublikasikan di :	Nama Jurnal	Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi	
	ISSN	: 2103-4760	
	Link Jurnal	: teknosi.fti.unand.ac.id	
	Link File Jurnal Jika Sudah di Publish		

2. Bersedia untuk menyelesaikan seluruh proses publikasi artikel mulai dari submit, revisi artikel sampai dengan dinyatakan dapat diterbitkan pada jurnal yang dituju.
3. Diminta untuk melampirkan scan KTP dan Surat Pernyataan (Lihat Lampiran Dokumen HKI), untuk kepentingan pendaftaran HKI apabila diperlukan

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Mengetahui
Dosen Pembimbing TA



Dhanny Permatasari Purti, S.Kom., MT

Jakarta, 20 Juni 2021




Alvian

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41518010069
Nama : Alvian
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 07 Juli 2022



(Ir. Emil R. Kaburuan, Ph.D., IPM.)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41518010069
Nama : Alvian
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 07 Juli 2022



(Sabar Rudiarto, M.Kom)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

NIM : 41518010069
Nama : Alvian
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 07 Juli 2022



(Rushesatra, S.Kom, MT)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LEMBAR PENGESAHAN

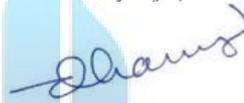
LEMBAR PENGESAHAN

NIM : 41518010069
Nama : Alvian
Judul Tugas Akhir : Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga
ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC)
(Studi Kasus: CV. Setia Kawan)

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disidangkan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 07 Juli 2022

Menyetujui,



(Dhanny Permatasari Putri, S.Kom., MT)
Dosen Pembimbing

Mengetahui,



(Wawan Gunawan, S.Kom., MT)
Koord. Tugas Akhir Teknik Informatika



(Ir. Emil R. Kaburuan, Ph.D., IPM.)
Ka. Prodi Teknik Informatika

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Adapun judul tugas akhir yang penulis buat adalah **“Implementasi *Load Balancing* Dan *Failover* Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode *Per Connection Classifier* (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)”**.

Penulisan laporan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Strata 1 (satu) pada Universitas Mercu Buana. Dalam penulisan tugas akhir ini tak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun karena bimbingan, bantuan, nasihat dan saran serta kerjasama dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, segala hambatan tersebut dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan ini tentunya tidak lepas dari kekurangan, baik aspek kualitas maupun aspek kuantitas dari materi penelitian yang disajikan. Semua ini didasarkan dari keterbatasan yang dimiliki penulis. Selanjutnya dalam penulisan tugas akhir ini penulis banyak diberi bantuan oleh berbagai pihak.

Dengan tidak mengurangi apresiasi kepada semua pihak yang telah membantu penulis secara khusus, baik langsung maupun tidak langsung penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua, yaitu Mama yang telah banyak memberikan dukungan moral dan masukan dalam pembuatan tugas akhir ini, dan juga Almarhum Ayah tercinta yang disemasa hidupnya telah memberikan banyak sekali nasihat dan dukungan penuh baik secara moril maupun materi hingga penulis bisa sampai di posisi sekarang ini.
2. Emil R. Kaburuan, Ph.D. selaku kepala program studi Teknik Informatika Universitas Mercu Buana.
3. Wawan Gunawan, S.Kom, M.Kom. selaku Koordinator Tugas Akhir program studi Teknik Informatika Universitas Mercu Buana,
4. Dhanny Permatasari Putri, S.Kom., MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan saran, bimbingan, dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini,

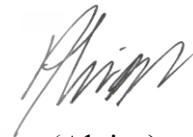
5. Sahabat – sahabat saya yang telah memberi dukungan dan nasihat selama pengerjaan proyek akhir ini,
6. Semua Pihak di CV. Setia Kawan yang telah memberi saran dan membantu penulis dalam perancangan serta konfigurasi mikrotik yang dilakukan,
7. Semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak bisa saya sebut satu persatu.

Tiada kata lain yang dapat penulis ungkapkan untuk mengucapkan terima kasih terhadap semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan ini dan semoga Allah selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, Amin. Harapan Penulis yaitu semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dengan baik dan berguna bagi orang lain.



Jakarta, 07 Juli 2022

Penulis,



(Alvian)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR... 	iii
SURAT PERNYATAAN LUARAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	v
LEMBAR PENGESAHAN	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
NASKAH JURNAL	1
BAB 1. PENDAHULUAN	10
BAB 2. LANDASAN TEORI	15
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	32
BAB 4. SIMULASI DAN EKSPERIMEN	38
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
BAB 6. KESIMPULAN	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN DOKUMEN HAKI.....	61
LAMPIRAN KORESPONDENSI	64

NASKAH JURNAL

JURNAL NASIONAL TEKNOLOGI DAN SISTEM INFORMASI - VOL. XX NO. XX (2020) XXX-XXX



Terbit online pada laman : <http://teknosi.ft.umab.ac.id/>

Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi

| ISSN (Print) 2460-3465 | ISSN (Online) 2476-8812 |



Studi Kasus

Implementasi Load Balancing Dan Failover Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier Pada UMKM Jasa Hotspot

Alvian^{a,*}, Dhanny Permatasari Putri^b

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana, Kampus Meruya, Jakarta, 11650, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 00 Februari 0000
Revisi Akhir: 00 Maret 0000
Diterbitkan Online: 00 April 0000

KATA KUNCI

Load Balancing
Failover
PCC
Mikrotik

KORESPONDENSI

E-mail: penulis_korespondensi@afiliasi.xx.xx*

ABSTRACT

Pada zaman teknologi 4.0 ini, perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini lebih khususnya pada jaringan komputer menjadi sebuah pilar yang paling utama pada kehidupan saat ini. Kebutuhan komunikasi data yang terintegrasi dan ketersediaan sebuah jaringan internet yang stabil dan lancar menjadi suatu hal yang sangat utama dan penting dalam kegiatan operasional dari sebuah perusahaan besar hingga UMKM yang bergerak dibidang jasa internet ini. Pada saat ini UMKM yang penulis teliti memiliki koneksi jaringan yang berfungsi sebagai layanan utama dari usaha tersebut, dan UMKM terkait menggunakan satu ISP saja yaitu menggunakan *provider* dari Moratelindo atau lebih dikenal dengan nama Oxygen sebagai mitra usahanya. Namun dari sistem yang berjalan menggunakan satu ISP saja tersebut sering sekali mengalami ketidak stabilan koneksi dan mengalami *down-time* atau terputusnya koneksi ISP tersebut, dan pemilik UMKM pun sering kali mendapat komplain dari para pelanggan apabila hal tersebut terjadi karena hanya bisa mengandalkan satu ISP saja. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis membuat perancangan teknik Load Balancing dan Failover dengan tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC). Dari hasil implementasi Load Balancing dan Failover menggunakan 3 ISP yang telah diterapkan, sistem jaringan pada UMKM terkait saat ini menjadi lebih stabil dan dapat membagi koneksi secara merata, dan sistem jaringan pun dapat otomatis pindah ke *link* ISP lain jika salah satu koneksi ISP mengalami gangguan atau *down time*.

1. PENDAHULUAN

Pada zaman teknologi 4.0 ini, perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini lebih khususnya pada jaringan internet yang menjadi sebuah pilar yang paling utama pada kehidupan saat

ini. Jaringan internet yang menjadi sarana penting dalam pencarian informasi seperti belajar, mencari berita, dan hiburan telah menjadikan manusia saat ini terikat dengan kebutuhan jaringan internet. Akan tetapi, masalah yang kerap kali timbul adalah terkadang terjadi ketidak stabilan pada jaringan dan

<https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.xxxxx>

[Attribution-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) Some rights reserved

penyedia internet yang seringkali mengalami *down time* serta koneksi internet yang lambat telah menjadi hambatan manusia akan kebutuhan jaringan internetnya [1]. Dari situ, upaya tertentu perlu dilakukan dalam mengatasi hal tersebut dengan menerapkan teknik *load balancing* dan *failover* menggunakan 3 ISP.

Penerapan teknik *load balancing* ini diharapkan akan mampu memberikan manfaat kepada pengguna dalam menggunakan fasilitas internet. Hal tersebut disebabkan, *load balancing* dapat membagi beban lalu lintas pada dua jalur sambungan secara seimbang, memungkinkan lalu lintas mengalir secara merata dan mencegah beban berlebih pada satu sambungan. Sedangkan, teknik *failover* digunakan untuk mengatasi ISP yang jika mati atau *down*, sehingga ISP satunya dapat *backup-up* secara otomatis. *Failover* adalah kemampuan sistem untuk bertransisi secara manual atau otomatis ke sistem cadangan jika salah satu sistem gagal [2].

Pada umumnya saat ini, 1 jalur koneksi internet melalui *provider* Moratel sebagai koneksi internet utama dengan memiliki *bandwidth* sebesar 10 Mbps. Dan pada saat ini, kejadian *overload* tidak dapat dihindarkan dikarenakan rata-rata *user* yang aktif melebihi kapasitas yang seharusnya ditentukan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka harus ditambahkan 2 koneksi internet dari 2 ISP yang berbeda dengan masing-masing memiliki *bandwidth* yang sama yaitu 10 Mbps agar hal *overload* atau *down time* yang terjadi sebelumnya dapat teratasi dan juga mampu memperoleh *bandwidth* yang lebih besar dan berimbang dari sebelumnya demi memenuhi kebutuhan internet yang besar [3].

Dengan mengetahui hal tersebut, maka peningkatan kualitas dan kuantitas internet perlu dilakukan secara *massive*. Hal ini tentunya disebabkan karena kebutuhan pengguna internet yang kian menjadi di tengah masa pandemi *COVID-19* di masa-masa sekarang ini. Dari sini saja, penggunaan internet yang lancar dan stabil sudah terlihat akan peranannya yang sangat dibutuhkan. Oleh sebab itu, maka salah satu upaya dalam menjaga kelancaran proses jaringan internet adalah dengan menggunakan lebih dari satu jalur *internet service provider (ISP)* [4]. Dengan harapan, pengguna layanan internet mendapat akses internet yang lancar sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

Dengan ulasan yang telah dijelaskan di atas, maka kebutuhan internet sudah jelas menjadi kebutuhan yang selalu dibutuhkan oleh setiap kalangan maupun instansi. Di era saat ini banyak dijumpai, bahwa penggunaan internet telah banyak digunakan di tempat-tempat tertentu, seperti: wamet, kantor, sekolah, kampus, bahkan warkop dan UMKM sebagai penyedia jasa *hotspot wifi* [5]. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada salah satu UMKM yang menyediakan jasa *hotspot*

2 Penulis Pertama

yang bermitra pada salah satu ISP. Oleh sebab narasi yang telah dijelaskan di atas, maka penulis cukup tertarik melakukan penelitian dengan judul "Implementasi Load Balancing Dan Failover Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier Pada UMKM Jasa Hotspot".

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Load Balancing

Di dalam penggunaan lebih dari satu koneksi, sistem yang dapat mengatur lalu lintas trafik sangat diperlukan dalam hal ini. Sistem yang dimaksud adalah *load balancing*, *load balancing sendiri* merupakan suatu teknik dalam membagi rata dua jalur koneksi agar menjadi seimbang, agar trafik dapat berjalan lebih optimal sehingga pengoptimalan pada *throughput* akan terhindar dari *overload* di satu jalur koneksi [1]. Maka dari itu, Hal ini dapat membuat sebuah koneksi akan menjadi lebih stabil dan lebih optimal. Berikut ini adalah beberapa jenis metode teknik *load balancing* yang biasa digunakan yaitu sebagai berikut:

2.1.1. Per Connection Classifier

Metode penyeimbangan beban PCC adalah metode penyeimbangan beban yang menggabungkan *Per Connection Load Balancing* dengan *Per Address Pair Load Balancing*. Dengan kedua teknik tersebut, PCC di jaringan LAN akan lebih mudah beradaptasi [6].

2.1.2. Equal Cost Multi Path (ECMP)

Equal Cost Multi Path (ECMP) adalah jalur pemilihan keluaran yang bergiliran secara otomatis pada sebuah gateway. ECMP dengan gateway dua jalur atau lebih untuk paket keluar dari router ini dapat terlihat. Dengan pendekatan aplikasi ECMP ini, paket keluar dan masuk yang melewati track gateway akan memiliki beban (biaya) yang sama [4].

2.1.3. Nth

Nth bukan singkatan, tetapi bilangan bulat (angka ke-n). Nth adalah mekanisme *load-balancing* yang disertakan dalam *proxy*. Metode ini bekerja dengan metode operasi pemanfaatan algoritma round-robin yang dapat memutuskan koneksi solusi distribusi yang akan di mangle ke rute yang telah dibangun untuk pendekatan *load balancing* [1]. Pendekatan ke-n ini bertujuan agar koneksi *inbound* ke router mengikuti jalur yang sama meskipun berasal dari berbagai *gateway*.

2.2. Failover

Failover merupakan metode yang memakai beberapa macam jalur koneksi dalam rangka mendapatkan suatu *network* tujuan. Tetapi jika dalam keadaan yang normal, penerapan yang

<https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.xxxxx>

dilakukan adalah hanya dengan menggunakan satu *link*. *Link* yang lain berguna sebagai cadangan dan akan dipakai jika *link* yang utama sedang mengalami *down time* [7].

Failover juga merupakan kemampuan suatu sistem untuk menggeser *gateway* secara manual atau otomatis ketika terjadi kesalahan pada salah satu sistem *gateway*, sehingga dapat berfungsi sebagai cadangan untuk sistem yang mengalami *downtime*. Gunakan *failover* jika setidaknya dua *gateway* cadangan tersedia [1].

2.3. Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah sekumpulan komputer yang saling independen, terhubung satu sama lain, dan memanfaatkan saluran komunikasi dan protokol tertentu sehingga dapat saling bertukar data dan informasi satu sama lain. Jaringan komputer dapat memberikan komunikasi yang lebih efektif antar pengguna [8].

Jaringan komputer juga memungkinkan kelompok kerja dapat berkomunikasi lebih efisien. Ketika pembangunan sebuah jaringan komputer dari satu area menjadi banyak di beberapa area, maka hal tersebut menjadikan beberapa router sebagai *gateway*, sehingga *routing* dengan jarak yang terpendek dan cepat dapat mengirimkan beberapa paket data yang sampai di tujuan yang telah ditentukan [9].

2.4. Firewall

Firewall dianggap sebagai komponen atau sekelompok komponen yang membatasi akses ke jaringan yang dilindungi. *Firewall* merupakan solusi dalam mengatasi keamanan internet yang sangat baik yaitu keamanan komputer maupun keamanan banyak jaringan yang sarat dengan banyak bahaya, baik dari dalam maupun dari luar. Dengan pengaturan *firewall* yang benar, kemungkinan mengamankan data atau mesin di jaringan meningkat secara signifikan.

Selain itu, *firewall* adalah perangkat fungsional untuk mengoreksi dan mengatur paket data keluar yang masuk ke komputer dari jaringan. Dengan pengaturan *firewall* yang tepat, data atau mesin di jaringan menjadi jauh lebih aman daripada tanpa *firewall* [10].

2.5. Network Address Translation (NAT)

NAT (*Network Address Translation*) adalah substitusi dari satu alamat IP yang lain. Jika sebuah paket dialihkan menggunakan NAT pada tautan, paket akan kembali dari tujuan tautan sambil mengingat asal paket, memungkinkan komunikasi berlanjut secara normal.

NAT ini digunakan untuk membatasi jumlah alamat IP publik pada organisasi atau organisasi yang menggunakan alamat

IP publik yang kompatibel dengan ekonomi dan keamanan tujuan. NAT adalah salah satu protokol dari sistem jaringan. Dengan NAT memungkinkan seorang pengguna untuk mendapatkan koneksi dengan alamat IP pribadi yang belum terdaftar di jaringan internet [11].

2.5.1. Static NAT

Static NAT menggunakan tabel *routing* yang tidak berubah/tetap/atau mengalokasikan alamat IP berdasarkan alamat awal atau sumber dan alamat tujuan atau tujuan. Terjemahan statis terjadi jika alamat lokal (intranet) diterjemahkan ke alamat global/Internet (di luar). NAT dengan metode statis selanjutnya melakukan *request* atau *pick up* dan pengiriman paket data yang sesuai dengan aturan yang telah didefinisikan sebelumnya dalam sebuah NAT [11].

2.5.2. Dynamic NAT

Dengan penggunaan NAT dinamis, komputer dapat menjangkau komputer lain di jaringan Internet tanpa memerlukan perutean dan sebagai gantinya dapat menggunakan perutean *polybase*. *Setup NAT* dapat dilakukan baik secara langsung pada router atau secara tidak langsung menggunakan simulator pelacak paket. Konfigurasi dapat dilakukan secara langsung pada peralatan jaringan komputer melalui akses konsol atau perangkat lunak perangkat seperti kontrol *kerio* atau GNS3 [12].

2.5.3. Masquerading NAT

Masquarade NAT ini memiliki kesamaan dengan SNAT. Tetapi, *masquarade* biasanya digunakan apabila memanfaatkan alamat IP publik dinamis seperti koneksi ADSL. Sementara itu, SNAT standar digunakan untuk layanan seperti IP statis [13].

2.6. IP Address

Alamat IP adalah cara pengalamatan jaringan komputer menggunakan nomor Suite pada komputer (*host*), *router*, atau peralatan jaringan lainnya. Alamat IP diberikan tidak hanya ke komputer (*host*) atau *router*, tetapi juga ke antarmuka jaringan dari *host/router*. IP (*Internet Protocol*) diciptakan sebagai metode interkoneksi untuk komunikasi jaringan komputer 255 [14].

Alamat IP adalah angka biner 32-bit hingga 128-bit yang digunakan sebagai pengidentifikasi unik untuk setiap mesin di jaringan. Pengalamatan IP sistem saat ini terdiri dari dua varian, yaitu IP versi 4 (*IPv4*) dan IP versi 6 [8].

2.6.1. IP Versi 4 (IPv4)

Seperti namanya, alamat *IPv4* digunakan di jaringan TCP/IP dengan implementasi TCP/IP versi 4 untuk mengidentifikasi komputer di jaringan. Secara teori, setiap bit

dapat mengelola hingga 4 miliar mesin host atau 4.294.967.296 host di seluruh dunia. Dapat dilihat, bahwa jumlah host akan diperoleh dari $256^4 = 4^8$ pangkat 4 (karena ada 4 oktet), sehingga nilai terbesar dari alamat IP versi 4 adalah 255.255.255.255, jadi jumlah maksimal host yang bisa dikumpulkan adalah $256^4 = 4.294.967.296$ alamat host [14].

2.7. Routing

Routing adalah suatu sistem yang digunakan untuk memandu dan memutuskan rute suatu paket dari satu perangkat ke perangkat lain dalam suatu jaringan. Jika *host* target berada di jaringan yang sama atau terhubung langsung, maka datagram IP akan segera dirutekan ke tujuan yang dituju. Jika merutekan *host* ke jaringan terpisah (Internet), datagram IP ditransmisikan ke pengaturan *default router*. *Router* ini akan memutuskan pengiriman IP berikutnya, sehingga IP dapat mencapai tujuannya di tabel, *routing* berdasarkan alamat IP tujuan, alamat IP router hop berikutnya (*gateway*), dan *flag* tipe *routing*. Dalam perjalanan mengangkut paket ke tujuan akhir, router IP akan melakukan tindakan seperti:

- Item dalam tabel perutean yang sesuai dengan target alamat IP dicari. Jika ditemukan, item diteruskan langsung ke *router* hop berikutnya atau antarmuka yang ditautkan.
- Item dalam tabel perutean yang sesuai dengan alamat jaringan tujuan dicari. Jika terdeteksi, paket dikirim ke *router* hop berikutnya.
- Jika entri tabel *routing* ditemukan, paket akan diteruskan ke *router* [13].

2.8. Router dan Gateway

2.8.1. Router

Router adalah perangkat yang beroperasi pada komponen Layer 3 model *Open Systems Interconnection* (OSI) dan banyak digunakan untuk menghubungkan jaringan besar, seperti *Wide Area Networks* (WAN), atau untuk segmentasi Layer 3 di *Local Area Networks* (LAN). *Router* yang menghubungkan WAN dan LAN harus mampu menangani lapisan OSI karena WAN dan LAN keduanya berfungsi pada OSI level 1, 2, dan 3. Bahkan jika dua jaringan dipisahkan oleh beberapa jaringan, *router* dapat mengirim paket *Internet Protocol* (IP) di antara mereka. Protokol perutean bersama digunakan oleh *router* di jaringan internet untuk menemukan cara paling efisien bagi paket IP untuk dikirim dari satu komputer ke komputer lain. *Hop* demi *hop*, metode untuk menemukan jalur digunakan. IP tidak dapat melacak seluruh jalur yang diambil oleh setiap paket ke

tujuannya. Perutean IP hanya memberikan alamat IP dari *router* yang paling dekat dengan tujuan akhir *host* [8].

2.8.2. Gateway

Gateway merupakan perangkat yang menghubungkan satu atau lebih komputer jaringan dengan menggunakan berbagai metode komunikasi. Di zaman sekarang ini, pervasif internet menyebabkan definisi *gateway* sering berubah. Selain itu, individu sering menghubungkan atau menyamakan *gateway* ini dengan *router* asli yang keduanya jelas memiliki nilai atau sedikit pemahaman yang berbeda.

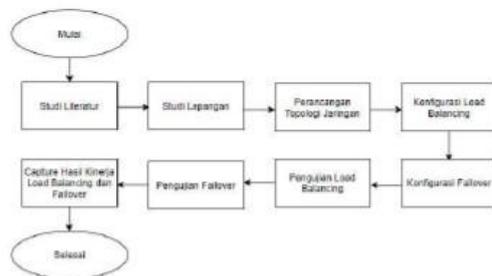
Gateway alternatif dapat dilihat sebagai komputer yang mampu menghubungkan dua atau lebih jaringan buah, karena setiap *gateway* memiliki setidaknya dua antarmuka jaringan buah. Untuk dapat menghubungkan dua buah protokol jaringan yang berbeda, diperlukan sebuah *gateway* untuk mengonversi setiap protokol pada setiap komputer jaringan sehingga keduanya dapat terhubung secara bersamaan. *Gateway* dengan berbagai protokol tidak dapat dihubungkan, karena jika *gateway* memiliki protokol yang berbeda, informasi akan dikirim secara otomatis dari satu komputer ke komputer lain dan tidak dapat dilihat. Oleh karena itu protokol harus dimodifikasi agar dapat mengakses informasi dengan lancar dan mudah [8].

3. METODOLOGI

3.1. Metode pengumpulan data

Melakukan wawancara dan observasi merupakan teknik yang digunakan penulis untuk memperoleh data penelitian. Tujuan pengumpulan data kualitatif (interview dan pengamatan) adalah untuk mengumpulkan data yang dapat dipercaya dan objektif karena data ini dikumpulkan langsung dari nara sumber dalam studi kasus yaitu Bapak Mustiaji selaku kepala bagian Network Engineer di UMKM terkait yang diwawancarai oleh penulis. Tujuan observasi juga dilakukan untuk memahami situasi jaringan saat ini sebelum menerapkan load balancing dan failover, serta untuk mengidentifikasi masalah dan perbaikannya.

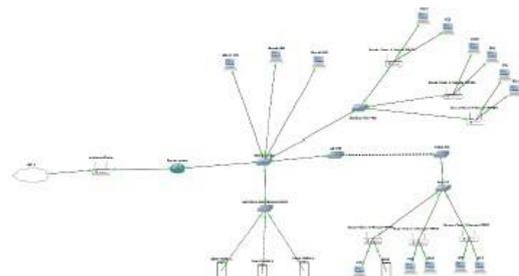
3.2. Tahap Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Dapat dilihat pada Gambar diagram alir dari penelitian yang dilaksanakan, Hal yang pertama penulis lakukan adalah studi literatur, yaitu penulis membaca dan mencari tahu jumlah-jumlah yang berhubungan dengan penelitian yang penulis lakukan. Selanjutnya penulis akan melakukan studi lapangan yaitu penulis mempelajari dan melakukan *cross check* kondisi rancangan jaringan, layanan dan juga masalah yang ada pada jaringan yang sedang berjalan pada saat ini. Setelah menemukan masalah yang ada, kemudian selanjutnya melakukan pembuatan topologi jaringan, pada bagian ini akan dilakukan modifikasi pada topologi jaringan yang sebelumnya berjalan dengan kondisi hanya memakai 1 ISP dan penulis akan merubahnya menggunakan 3 ISP dalam satu rancangan jaringan, dan perancangan yang ingin dilakukan tentunya berdasarkan masalah yang ditemukan pada saat melakukan studi lapangan sebelumnya. Setelah perancangan topologi jaringan selesai, kemudian penulis akan melakukan proses konfigurasi *load balancing* untuk menyeimbangkan koneksi dari ketiga ISP tersebut agar terbagi rata. Setelah konfigurasi *load balancing*, kemudian penulis akan mengkonfigurasi *failover* pada mikrotik dengan tujuan agar dapat *backup* apabila terjadi *down time* pada salah satu ISP. Setelah semua konfigurasi selesai maka akan dilakukan pengujian apakah *load balancing* dan *failover* akan berjalan dengan baik atau tidak. Jika pengujian *load balancing* dan *failover* berjalan dengan baik, maka akan dilakukan dokumentasi monitoring keseimbangan koneksi dan kinerja *failover*.

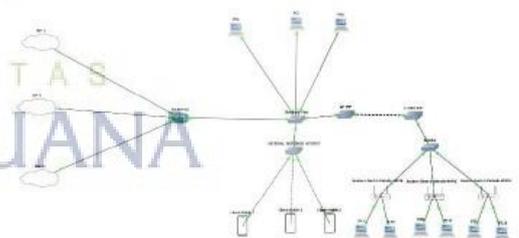
3.3. Analisa Sistem Berjalan



Gambar 2. Topologi Jaringan Sebelum Load Balancing

Kondisi jaringan pada UMKM terkait saat ini bisa dilihat pada gambar. UMKM terkait awalnya hanya menggunakan 1 Internet Service Provider trafik pada 1 ISP dan sering kali terjadi *Downtime*. Sistem jaringan yang sedang berjalan pada studi kasus ini masih memakai satu jalur koneksi atau *single link*. Ketika terjadi *Downtime* tentunya pihak dari UMKM ini tidak bisa melakukan apapun, jadi mau tidak mau harus menunggu dari pihak ISP tersebut melakukan perbaikan dari pusat. Sehingga hal tersebut dapat menjadikan operasional usaha terganggu karena proses menunggu perbaikan dari ISP tersebut yang berakibat akan mendapatkan banyak *complain* dari pelanggan dan juga memberikan dampak kerugian pada usaha tersebut.

3.4. Perancangan Topologi Setelah Load Balancing



Gambar 3. Topologi Jaringan Setelah Load Balancing

Berdasarkan hasil analisa masalah yang ada pada sistem jaringan berjalan, maka diberikan solusi sebagai berikut :

- 1) Menambahkan 2 ISP untuk melakukan proses *load balancing* dan *failover*.
- 2) Menambahkan satu unit router yang akan difungsikan sebagai perangkat *backup*.

3.5. Formulasi Masalah

Load Balancing ini diperlukan pada jaringan dengan skala kecil ataupun besar yang memiliki dua atau lebih gateway untuk menjamin stabilitas dan ketersediaan jaringan yang selalu

tersedia agar komunikasi tetap terhubung meskipun terjadi gangguan. Pada jaringan tersebut harus dapat meminimalisir ketika terjadi gangguan koneksi pada jaringan utama, sehingga sistem dapat terus – menerus melakukan pertukaran data dan informasi.

Untuk mengetahui kinerja dari *load balancing* ini maka penulis melakukan proses konfigurasi langsung di mikrotik menggunakan *software winbox*.

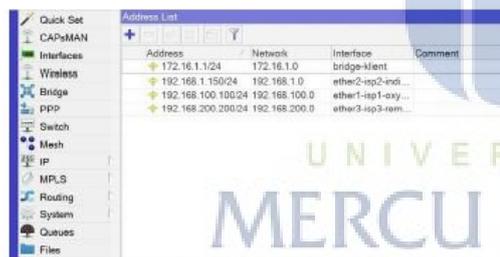
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Interface Mikrotik

Langkah awal konfigurasi yaitu menetapkan alamat IP pada masing-masing interface ISP. Berikut merupakan konfigurasi setting alamat IP:

```
/ip address
add address=192.168.100.100/24 interface=ether1-isp1-oxygen
network=192.168.100.0
add address=172.16.1.1/24 interface=bridge-klient
network=172.16.1.0
add address=192.168.200.200/24 interface=ether3-isp3-remala
network=192.168.200.0
add address=192.168.1.150/24 interface=ether2-isp2-indihome
network=192.168.1.0
```

Gambar 4. Perintah IP Address Mikrotik



Gambar 5. Adress List Mikrotik

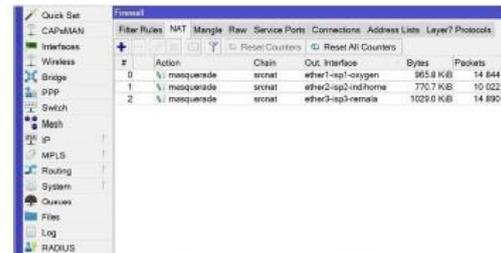
4.2. Konfigurasi NAT

Konfigurasi NAT ini sangat diperlukan dengan tujuan agar komputer *client* dapat terkoneksi dengan internet. Konfigurasi NAT dapat dilakukan dengan *command* berikut ini:

```
/ip firewall nat
add action=masquerade chain=srcnat out-
interface=ether1-isp1-oxygen
add action=masquerade chain=srcnat out-
interface=ether2-isp2-indihome
add action=masquerade chain=srcnat out-
interface=ether3-isp3-remala
```

Gambar 6. Perintah Konfigurasi NAT

6 Penulis Pertama



Gambar 7. Konfigurasi NAT

4.3. Konfigurasi Mangle

Fungsi dari aturan *mangle* yang mengarahkan paket yang ditandai sesuai dengan aturan perutean saat ini. Pada titik tertentu, penulis akan menggunakan aturan *mangle* metode *load balancing* PCC.

Berikut merupakan perintah konfigurasi *mangle* PCC, sebagai berikut:

```
/ip firewall mangle
add action=mark-connection chain=input in-interface=ether1-isp1-oxygen \
new-connection-mark=koneksi \
add action=mark-connection chain=input in-interface=ether2-isp2-indihome \
new-connection-mark=koneksi \
add action=mark-connection chain=input in-interface=ether3-isp3-remala \
new-connection-mark=koneksi isp3-passthrough=no
```

Gambar 8. Perintah Konfigurasi Mangle



Gambar 8. Konfigurasi Mangle

4.4. Konfigurasi DNS Server

DNS *server* ini berfungsi untuk melakukan *mapping* pada *host name* sebuah komputer ke IP *address*. Ditahap ini, alamat DNS yang penulis gunakan yaitu DNS *public* milik OpenDNS. Berikut merupakan perintah konfigurasinya:

```
ip dns set servers=208.67.222.222
```

Gambar 9. Perintah Konfigurasi DNS Server

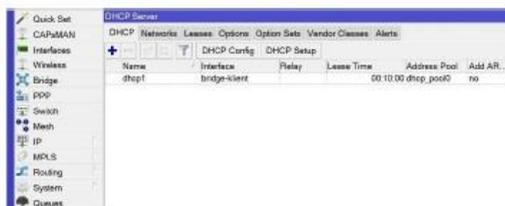


Gambar 10. Konfigurasi DNS Server

<https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.xxxxx>

4.5. Konfigurasi DHCP Server

Tahap terakhir dalam konfigurasi dasar ini setelah melakukan konfigurasi DNS *server* ialah melakukan konfigurasi DHCP *server*. DHCP *server* ini berfungsi agar bisa mendistribusikan IP *address* secara otomatis pada masing-masing *client*. Berikut merupakan konfigurasinya:



Gambar 11. Konfigurasi DHCP Server

4.6. Konfigurasi Failover

Sangat penting untuk berhati-hati saat menggunakan penyeimbangan beban jika salah satu tautan rusak. Untuk tingkat keamanan yang lebih tinggi, terapkan pada jaringan yang menggunakan penyeimbangan beban. Perancang pengaturan ini menggunakan strategi rekursif karena rekursif dapat digunakan untuk sering memverifikasi IP di internet. Tujuan dari pengaturan ini adalah untuk mengetahui apakah koneksi telah terputus dan jika telah berhasil. Berikut merupakan langkah-langkah melakukan konfigurasi :

4.6.1. Konfigurasi Static Route

Untuk langkah awal, buat *static route* yang berfungsi sebagai *trigger recursive gateway*. *Rule* ini akan digunakan sebagai *trigger recursive gateway*. Penulis menggunakan IP *public* yang ada di internet, untuk IP ISP1 = 9.9.9.9, untuk IP ISP2 = 1.1.1.1, dan untuk IP ISP3 = 8.8.8.8.

Untuk membedakan antara *trigger* ISP1 dan ISP2, atur parameter *scope* pada *rule* tersebut. Dalam hal ini, *scope* ISP1 adalah 30, *scope* ISP2 adalah 31, dan *scope* ISP3 adalah 32. Berikut merupakan perintah konfigurasi:

```
add comment="ping isp1" distance=1 dst-address=9.9.9.9/32
gateway=192.168.100.1
add comment="ping isp2" distance=1 dst-address=1.1.1.1/32
gateway=192.168.1.1 scope=31
add comment="ping isp3" distance=1 dst-address=8.8.8.8/32
gateway=192.168.200.1 scope=32
```

Gambar 12. Perintah Konfigurasi Static Route

```

::: ping isp1
AS 9 9.9.9.9 192.168.100.1 reachable ether1-isp1-oxygen 1
::: ping isp2
AS 9 1.1.1.1 192.168.1.1 reachable ether2-isp2-indihome 1
::: ping isp3
AS 9 8.8.8.8 192.168.200.1 reachable ether3-isp3-normal 1

```

Gambar 13. Konfigurasi Static Route

<https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.xxxxx>

4.6.2. Konfigurasi Default Route

Pada selanjutnya adalah menambahkan *default route* yang sama dengan *mark-routing* PCC yang telah dibuat sebelumnya. Alamat IP yang telah ditentukan sebelumnya dapat digunakan untuk *gateway* yang digunakan. Alamat IP Penyedia Layanan Internet 1 adalah 9.9.9.9, alamat IP Penyedia Layanan Internet 2 adalah 1.1.1.1, dan alamat IP Penyedia Layanan Internet 3 adalah 8.8.8.8.

Agar *recursive* bisa berjalan normal, arahkan *Target-Scope* berdasarkan *rule trigger* yang sudah dibuat sebelumnya. *Default route* ISP 1 menggunakan *target scope=30*, *default route* ISP 2 menggunakan *target scope=31*, dan *default route* ISP 3 menggunakan *target scope=32*.

Untuk melakukan pemeriksaan berkala, tambahkan *check-gateway ping* ke kedua *rule default route*. Akibatnya, *router* akan melakukan tes *ping* secara berkala ke alamat 9.9.9.9, 1.1.1.1, dan 8.8.8.8. Untuk perintah konfigurasi sebagai berikut:

```

/ip route
add check-gateway=ping comment="rec isp1" distance=1 gateway=9.9.9.9 |
routing-mark=ke_isp1 target-scope=30
add check-gateway=ping comment="rec isp2" distance=1 gateway=1.1.1.1 |
routing-mark=ke_isp2 target-scope=31
add check-gateway=ping comment="rec isp3" distance=1 gateway=8.8.8.8 |
routing-mark=ke_isp3 target-scope=32

```

Gambar 13. Perintah Konfigurasi Default Route

```

::: rec isp1
AS 9 0.0.0.0 9.9.9.9 recursive via 192.168.100.1 ether1-isp1-oxygen ping 1 ke_isp1
::: rec isp2
AS 9 0.0.0.0 1.1.1.1 recursive via 192.168.1.1 ether2-isp2-indihome ping 1 ke_isp2
::: rec isp3
AS 9 0.0.0.0 8.8.8.8 recursive via 192.168.200.1 ether3-isp3-normal ping 1 ke_isp3

```

Gambar 14. Konfigurasi Default Route

4.6.3. Konfigurasi Backup Route

Kemudian, untuk masing-masing dari dua *gateway default*, harus membuat *rule backup* untuk menjamin bahwa tidak ada *link* yang rusak. Pastikan jarak yang dikerjakan lebih besar dari *rule* utama. Berikut ini adalah perintah konfigurasi:

```

add check-gateway=ping comment="backup isp3 ke isp1" distance=2 gateway=
8.8.8.8 routing-mark=ke_isp1 target-scope=32
add check-gateway=ping comment="backup isp2 ke isp1" distance=2 gateway=
1.1.1.1 routing-mark=ke_isp1 target-scope=31
add check-gateway=ping comment="backup isp1 ke isp2" distance=2 gateway=
9.9.9.9 routing-mark=ke_isp2 target-scope=30
add check-gateway=ping comment="backup isp3 ke isp2" distance=3 gateway=
8.8.8.8 routing-mark=ke_isp2 target-scope=32
add check-gateway=ping comment="backup isp2 ke isp3" distance=3 gateway=
1.1.1.1 routing-mark=ke_isp3 target-scope=32
add check-gateway=ping comment=" backup isp1 ke isp3" distance=3 gateway=
9.9.9.9 routing-mark=ke_isp3 target-scope=30

```

Gambar 15. Perintah Konfigurasi Backup Route

Penulis Pertama 7

15	add check-gateway=ping comment="internet untuk mikrotik"				
16	distance=1 gateway=192.168.1.1,192.168.200.1,192.168.100.1				
17					
18	add check-gateway=ping comment="internet untuk mikrotik"				
19	distance=1 gateway=192.168.1.1,192.168.200.1,192.168.100.1				
20					
21	add check-gateway=ping comment="internet untuk mikrotik"				
22	distance=1 gateway=192.168.1.1,192.168.200.1,192.168.100.1				
23					
24	add check-gateway=ping comment="internet untuk mikrotik"				
25	distance=1 gateway=192.168.1.1,192.168.200.1,192.168.100.1				

Gambar 16. Konfigurasi Backup Route

4.6.4. Konfigurasi Default Route Mikrotik

Agar router tetap bisa mengakses internet, tambahkan konfigurasi default gateway tanpa parameter mark-routing. Hasilnya pada tabel routing akan menjadi berikut ini:

```
add check-gateway=ping comment="internet untuk mikrotik"
distance=1 gateway=192.168.1.1,192.168.200.1,192.168.100.1
```

Gambar 17. Perintah Konfigurasi Default Route Mikrotik

4.7. Pengujian Load Balancing

Penulis akan melakukan verifikasi connection balance dan penulis juga akan melakukan monitoring jaringan memakai program winbox. Hasil pengawasan dapat dilihat pada menu daftar antarmuka di winbox. Berikut adalah hasilnya:



Gambar 18. Grafik Koneksi masing-masing ISP

4.8. Pengujian Failover

Peneliti menguji agar dapat diketahui performa failover dari sistem load-balancing yang dibuat. Fungsi dari failover ini untuk mengatasi kehilangan koneksi dari satu ISP. Dengan failover, jika salah satu dari dua koneksi dari masing-masing ISP tersebut mengalami down-time atau terputus, maka sistem masih mempunyai 2 ISP atau 1 ISP lainnya sebagai backup koneksi internetnya.



Gambar 19. Pengujian Download Menggunakan 3 ISP

Pengujian dilaksanakan dengan mengunduh file berukuran besar yang dapat diakses melalui program PC client IDM (Internet Download Manager). Kondisi semula ialah ketiga ISP ini tetap terhubung dengan router. IP Gateway ketika melakukan download ialah 180.244.162.175 yang merupakan nomor koneksi untuk layanan ISP2 Indihome. Pada saat pengunduhan, penulis mencoba untuk menentukan apakah ISP2 terhubung ke router, hingga memutuskan koneksi dari ISP2 dan ISP1 yang terhubung ke router hingga menyisakan ISP3 saja yang terhubung.



Gambar 20. Pengujian Download Setelah ISP2 Terputus



Gambar 21. Pengujian Download Setelah ISP2 Dan ISP1 Terputus

hasil pengujian diatas, hasilnya ialah, unduhan yang dilakukan tetap berjalan dengan lancar tidak ada kendala koneksi terputus atau apapun karena secara otomatis jika ISP2 terputus maka ISP1 dan ISP3 akan menjadi gateway default yang mendukung pengoperasian seluruh jaringan. Terlihat dari alamat IP yang diperiksa melalui website IP checker yaitu <https://whatismyipaddress.com>. Pada awal proses download masih menggunakan ISP2 yaitu Indihome dengan IP 180.244.162.175. Dan setelah ISP2 ini diputus, proses download tetap berjalan namun speed yang dihasilkan menurun 10Mbps dan menjadi speed total menjadi 20Mbps dan juga IP yang dilewati ialah menggunakan koneksi ISP1 dan ISP2 yaitu Moratel dan Remala, dan IP yang tersambung ialah 103.160.12.81. Dan kemudian apabila ISP2 dan ISP1 terputus proses download juga tetap berjalan namun speed menurun menjadi 20mbps dan speed yang dimiliki total hanya 10mbps dan IP yang dilewati ialah koneksi dan ISP3 saja yaitu Remala dengan IP 167.71.199.241.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan setelah melakukan tahap penelitian adalah perancangan *load balancing* pada suatu sistem yang dibangun menghasilkan kinerja yang baik, yaitu mampu membagi beban menjadi lebih merata, dapat membagi satu jalur *traffic* menjadi beberapa jalur penghubung secara simetris. Dan pada perancangan *failover* pada sistem yang dibangun juga bekerja dengan baik, dan tentunya berhasil menyelesaikan masalah berupa salah satu dari ISP mengalami *down-time*, maka akan otomatis melakukan *backup* jaringan internet lainnya yang masih berjalan.

Sesuai dengan kesimpulan yang telah dijabarkan diatas penulis memiliki saran tepatnya dalam aspek pemilihan ISP, penulis menyarankan agar memilih ISP yang memiliki kecepatan *download* dan *upload* yang tidak beda jauh agar ketika melakukan *browsing* ataupun lainnya tidak mengalami kelambatan kecepatan koneksi karena *response time* yang berbeda pada masing-masing, dan juga penulis menyarankan agar memakai 2 perangkat mikrotik *load balancer*, hal ini bertujuan agar kinerja *load balancing* agar lebih stabil dan dapat membagikan beban kerja ke mikrotik lainnya dan tidak membebankan kepada satu mikrotik saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Frayogi, W. Yahya, and R. A. Setiawan, "Perbandingan Kinerja RouterOS Mikrotik dan Zeroshell pada Mekanisme Load Balancing Serta Failover," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 7, pp. 2689–2697, 2018.
- [2] A. Mustofa and D. Ramayanti, "Implementasi Load Balancing dan Failover to Device Mikrotik Router Menggunakan Metode NTH (Studi Kasus: PT.GO-JEK Indonesia)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 139–144, 2020. doi: 10.25126/jtiik.2020701638.
- [3] Suryanto, T. Prasetyo, and N. Hikmah, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) Dengan Failover Berbasis Mikrotik Router," *Semin. Nas. Inov. dan Tren*, vol. 1, no. 1, pp. A230–A238, 2018.
- [4] A. Abdullah, "Implementasi teknik Load Balancing Dan Failover Dengan Metode ECMP Dalam Peningkatan Kualitas Layanan Jaringan," *IJ Jurnal Sains Komputer dan Teknologi Informasi*, *J. Sains Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 111–115, 2020.
- [5] Wartono, B. Soedijono, and E. Pramono, "Analisa Optimasi Penggunaan Bandwidth Dengan Failover Dan Load Balance Pada Mikrotik," *J. Inf. Politek. Indomusa Surakarta*, vol. 5, no. 3, pp. 33–39, 2019.
- [6] S. D. Riskiono and D. Pasha, "ANALISIS METODE LOAD BALANCING DALAM MENINGKATKAN KINERJA WEBSITE E-LEARNING," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, pp. 22–26, 2020.
- [7] Djunhadi and R. S. Roring, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN FAILOVER MENGGUNAKAN PROTOKOL SPANNING TREE PADA PT. PLN UP3B KALIMANTAN TIMUR," *J. Ilm. Matrik*, vol. 22, no. 3, pp. 249–256, 2020.
- [8] H. I. Pohan, "Analisis dan Implementasi Internet Gateway Menggunakan Mikrotik Routerboard di Virtualbox," Universitas Pembangunan Panca Budi, 2019.
- [9] A. P. N. Permana, "DISTRIBUSI JARINGAN MENGGUNAKAN ROUTING OSPF DENGAN METODE REDISTRIBUTION," *J. Simetris*, vol. 9, no. 1, pp. 519–532, 2018.
- [10] F. A. Purwaningrum, A. Purwanto, and E. A. Darmadi, "Optimalisasi jaringan menggunakan firewall," *J. IKRA-ITH Inform.*, vol. 2, no. 3, pp. 17–23, 2018.
- [11] J. Natali, Fajrillah, and T. M. Diansyah, "IMPLEMENTASI STATIC NAT TERHADAP JARINGAN VLAN MENGGUNAKAN IP DYNAMIC HOST CONFIGURATION PROTOCOL (DHCP)," *J. Ilm. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 51–58, 2016.
- [12] H. Wintolo, S. Aryanto, and M. Hafish, "Analisis Pengaruh Konfigurasi NAT Statik Berbasis Web Menggunakan Wire Shark," *J. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 93–98, 2021.
- [13] F. Ardianto, B. Alfaresi, and A. Darmadi, "RANCANG BANGUN LOAD BALANCING DUA INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP) BERBASIS MIKROTIK," *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, pp. 198–202, 2018.
- [14] Afrizal and Fitriani, "Penerapan IPV4 dan IPV6 pada Jaringan yang Terhubung," *J. JTik (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 3, no. 1, pp. 2–6, 2019.

KERTAS KERJA

Ringkasan

Kertas kerja ini merupakan material kelengkapan artikel jurnal dengan judul "Implementasi Load Balancing Dan Failover Dengan Tiga ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: CV. Setia Kawan)". Kertas kerja berisi semua material atau bahan hasil penelitian Tugas Akhir. Di dalam kertas kerja ini disajikan beberapa bagian bacaan yang terdiri dari Pendahuluan, Landasan Teori, Metode Penelitian, Perancangan dan Implementasi Sistem, Hasil dan Pembahasan serta Penutup.

BAB 1 "Pendahuluan" berisi tentang latar belakang pembuatan tugas akhir, rumusan masalah, pembatasan masalah, maksud dan tujuan pembuatan tugas akhir, dan sistematika yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir. BAB 2 "Landasan Teori" berisi tentang teori-teori yang diperlukan untuk penyelesaian tugas akhir ini, antara lain teori jaringan, *load balancing*, dan metodenya (PCC). BAB 3 "Metode Penelitian" berisi tentang metodologi penelitian yang akan diimplementasikan dalam sistem yang dirancang oleh penulis. BAB 4 "Perancangan dan Implementasi Sistem" berisi tentang pengujian jaringan berdasarkan metodologi yang digunakan untuk desain dan implementasi jaringan. BAB 5 "Hasil dan Pembahasan" berisi tentang penjelasan dan menjabarkan pengujian yang ada di bab sebelumnya serta menjabarkan hasil pengujiannya. Terakhir BAB 6 "Penutup" berisi tentang kesimpulan dan rekomendasi untuk temuan penelitian. Kesimpulan mencakup pernyataan kesimpulan singkat yang menjelaskan hasil penelitian, serta proposal termasuk pandangan peneliti tentang kemungkinan mengembangkan dan menerapkan hasil penelitian di masa depan.