

Optimalisasi Jaringan dengan *Load Balancing* Menggunakan *Metode Per Connection Classifier* dan *Fail Over*

Fajar Syahputra¹, Tika Adilah²

^{1,2} Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kemanggisan Utama Raya, RT.03/RW.02, Slipi, Jakarta, Indonesia

e-mail korespondensi: syahjapar@gmail.com

Submit: 24-09-2025 | Revisi: 29-09-2025 | Terima: 02-10-2025 | Terbit online: 06-10-2025

Abstrak - Di era digital yang berkembang pesat, teknologi informasi memegang peran penting dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan. Salah satu komponen krusial yang mendukung proses belajar mengajar adalah jaringan komputer. Namun, jaringan komputer di SMKS Said Na'um masih menghadapi kendala, terutama pada distribusi jaringan yang tidak optimal, sehingga menyebabkan koneksi tidak stabil, kecepatan bervariasi, dan kemacetan data. Kondisi ini berdampak langsung pada kegiatan belajar mengajar maupun administrasi sekolah. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan solusi untuk mengoptimalkan pemanfaatan dua ISP yang tersedia serta meningkatkan stabilitas jaringan. *Metode Per Connection Classifier (PCC)* digunakan untuk mendistribusikan beban koneksi secara merata, sedangkan fitur *Failover* diterapkan untuk menjamin ketersediaan jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa solusi ini mampu meningkatkan kinerja jaringan secara signifikan, ditunjukkan dengan peningkatan kecepatan unduh, kestabilan koneksi, serta kemampuan jaringan dalam melakukan pengalihan otomatis ke jalur cadangan ketika jalur utama terputus, sehingga layanan internet tetap tersedia.

Kata Kunci: Optimalisasi Jaringan; *Load Balancing*; *Failover*; MikroTik; PCC

Abstract - In the rapidly evolving digital era, information technology plays a crucial role in various sectors, including education. One crucial component supporting the teaching and learning process is the computer network. However, the computer network at SMKS Said Na'um still faces challenges, particularly suboptimal network distribution, resulting in unstable connections, variable speeds, and data congestion. This situation directly impacts both teaching and learning activities and school administration. This research aims to design and implement a solution to optimize the utilization of the two available ISPs and improve network stability. The *Per Connection Classifier (PCC)* method is used to evenly distribute the connection load, while the *Failover* feature is implemented to ensure network availability. Test results show that this solution significantly improves network performance, demonstrated by increased download speeds, connection stability, and the network's ability to automatically switch to a backup path when the primary path is down, ensuring internet service remains available.

Keywords: Network Optimization; *Load Balancing*; *Failover*; MikroTik; PCC

1. Pendahuluan

Di era digital yang terus berkembang pesat, teknologi informasi memainkan peran krusial di berbagai sektor, termasuk dalam dunia pendidikan. Salah satu elemen penting dalam teknologi informasi yang berpengaruh besar terhadap proses belajar mengajar adalah jaringan komputer. Jaringan ini menyediakan akses kepada beragam sumber belajar digital, mempermudah komunikasi antara guru, siswa, dan pihak manajemen, serta mendukung otomatisasi berbagai tugas administratif. Dengan meningkatnya kebutuhan akan penggunaan perangkat berbasis teknologi dalam proses belajar, memiliki jaringan komputer yang handal, efisien, dan aman menjadi suatu keharusan bagi setiap institusi pendidikan, termasuk sekolah menengah Kejuruan [1].

SMK (Sekolah Menengah Kejuruan) merupakan salah satu lembaga pendidikan yang menyiapkan tenaga terampil. Siswa SMK diharapkan memiliki pengetahuan dan keterampilan yang sesuai dengan bidang minat yang mereka pilih, dimana keterampilan tersebut diterapkan melalui praktik langsung. Untuk itu perlu adanya penguatan pengetahuan terkait kompetensi keahlian oleh siswa dan siswi di SMK, sehingga pada saat lulus nanti menjadi siswa yang terampil dan kompeten dibidangnya [2]. Namun, dalam praktiknya, jaringan komputer di lingkungan sekolah masih menghadapi berbagai kendala, seperti koneksi yang tidak stabil, kecepatan internet yang bervariasi, dan terjadinya *bottleneck* atau kelebihan beban pada jalur koneksi tertentu. Masalah-masalah ini dapat mengganggu efektivitas proses pembelajaran dan administrasi sekolah yang semakin bergantung pada akses internet. Salah satu penyebab utama masalah tersebut adalah kurang optimalnya distribusi trafik jaringan. Dengan



menerapkan *metode load balancing* ini, diharapkan dapat meningkatkan kemudahan penggunaan fasilitas internet dan menghindari gangguan layanan internet. Dengan teknik *load balancing*, beban lalu lintas dapat didistribusikan secara seimbang di antara dua jalur koneksi, memungkinkan lalu lintas untuk berjalan secara optimal dan mencegah *overload* pada salah satu jalur koneksi [3].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi jaringan komputer yang ada di SMKS Said Na'um serta mengimplementasikan *metode load balancing* menggunakan perangkat *MikroTik*. *MikroTik* dipilih karena kemampuannya dalam manajemen *bandwidth* dan *routing* yang fleksibel, serta mendukung berbagai *metode load balancing* seperti *Per Connection Classifier (PCC)* dan *Fail Over*. Penelitian oleh Rahman berjudul "*Per Connection Classifier Load Balancing dan Failover MikroTik pada Dua Line Internet*" memperkuat argumen ini. Mereka menyimpulkan bahwa *metode PCC* efektif dalam membagi beban koneksi secara seimbang di antara dua *ISP*, meskipun ukuran paket data yang melewati setiap *ISP* tidak selalu seimbang. Hal ini karena fokus *PCC* adalah pada koneksi itu sendiri. Jurnal ini juga secara jelas menunjukkan bahwa fitur *failover* berhasil bekerja secara otomatis, mengalihkan koneksi ke *ISP* yang masih aktif saat salah satu jalur utama terputus, sehingga menjaga ketersediaan internet [4]. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi optimal untuk meningkatkan kinerja jaringan komputer di SMKS Said Na'um, sehingga dapat mendukung proses belajar mengajar dengan lebih maksimal dan efisien.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *deskriptif kualitatif* dengan *metode* studi kasus. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis kondisi jaringan komputer yang ada di SMKS Said Na'um serta mengevaluasi penerapan *metode load balancing* dalam mengoptimalkan performa jaringan tersebut. *Metode deskriptif* digunakan untuk mengamati, mengumpulkan data, dan menjelaskan kondisi nyata jaringan komputer di lapangan. Sedangkan studi kasus digunakan karena penelitian ini difokuskan pada satu lokasi tertentu, yaitu SMKS Said Na'um.

Model pengembangan jaringan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model pengembangan sistem berkelanjutan (*continuous improvement*), merupakan langkah menciptakan perubahan yang terorganisir atau pencapaian tingkat kinerja yang belum pernah terjadi sebelumnya yang dilakukan secara terus-menerus dan berkelanjutan [5]. Di mana proses pengembangan tidak hanya dilakukan dalam satu tahap, tetapi melalui beberapa tahapan yang saling terhubung dan dapat dievaluasi secara berkala.

Tahapan dalam model pengembangan jaringan ini terdiri dari:

1. Analisis Kebutuhan Jaringan
Menganalisis kondisi jaringan yang ada di SMKS Said Na'um, termasuk jumlah pengguna, perangkat aktif, dan kebutuhan akses internet. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem jaringan saat ini sudah optimal atau memerlukan perbaikan.
2. Perancangan Solusi Jaringan
Berdasarkan hasil analisis, dirancang solusi jaringan menggunakan *metode load balancing* dengan memanfaatkan perangkat *MikroTik*. Desain mencakup *topologi* jaringan, skema pembagian trafik, dan konfigurasi *routing*.
3. Implementasi *Load Balancing*
Tahap ini melibatkan pemasangan dan konfigurasi perangkat *MikroTik* sesuai dengan *metode load balancing* yang dipilih, seperti *Per Connection Classifier (PCC)* atau *Fail Over*, dengan tujuan untuk mendistribusikan beban trafik internet secara merata.
4. Pengujian dan Evaluasi Kinerja
Setelah implementasi, dilakukan pengujian terhadap performa jaringan untuk melihat dampak dari penerapan *load balancing*. Parameter yang diuji meliputi stabilitas koneksi, kecepatan akses, dan distribusi trafik. Evaluasi ini menjadi dasar untuk perbaikan lebih lanjut.
5. Pemeliharaan dan Dokumentasi
Hasil konfigurasi dan pengujian didokumentasikan dengan baik sebagai referensi untuk pengembangan jaringan di masa mendatang. Proses pemeliharaan juga dirancang agar jaringan tetap optimal secara berkelanjutan.

Jaringan komputer adalah sebuah sistem yang terdiri dari dua atau lebih komputer yang saling terhubung satu sama lain melalui media transmisi atau media komunikasi sehingga dapat saling berbagi data, aplikasi maupun berbagi perangkat keras komputer [6]. Jaringan komputer berfungsi sebagai infrastruktur yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik, termasuk komputer, *smartphone*, *tablet*, *printer*, dan perangkat lainnya, sehingga memungkinkan terjadinya komunikasi antar perangkat tersebut. Secara umum, jaringan komputer memfasilitasi pertukaran data dan sumber daya di antara perangkat yang terhubung, baik dalam skala lokal di dalam satu gedung atau area terbatas, maupun secara global melalui internet. Peran jaringan komputer sangat vital dalam berbagai aspek kehidupan *modern*, seperti dalam bidang bisnis, pendidikan, hiburan, dan komunikasi [7].

Internet Protocol Version 4 (IPv4) adalah Alamat protocol internet (*IP*) yang ditetapkan untuk setiap perangkat komputer yang terhubung dalam jaringan komputer yang digunakan untuk saling berkomunikasi. *IPv4*

ditampilkan dalam notasi desimal bertitik, setiap nomor alamat IP dibuat dari delapan bit individu yang dikenal sebagai oktet, setiap oktet dapat membuat nilai angka dari 0 hingga 255. Alamat IP berisi alamat jaringan dan alamat host yang dinotasikan dengan Panjang 32 bit. Alamat jaringan yang menjadi tujuan paket, dan alamat host digunakan untuk mengidentifikasi masing-masing host di jaringan [8].

Berdasarkan Gambar 1. *Subnetting, IPv4* terdapat beberapa kelas IP yang memiliki jumlah *subnet*, *subnetmask*, dan jumlah *host* yang berbeda, Didalam suatu *network* untuk membagi jaringan agar sesuai dengan jumlah *host* yang diperlukan maka dilakukan *subnetting*. Pemecahan menjadi beberapa *network* dapat berpengaruh pada kecepatan koneksi dalam mengakses suatu jaringan karena dalam satu jaringan terdapat *network id* yang akan mencakup seluruh IP pada suatu *network id* [8]. “*Subnetting* merupakan metode yang digunakan untuk memecah jaringan besar menjadi beberapa jaringan lebih kecil yang dikenal sebagai *subnet*” [9]. Cara ini sangat penting dalam pengaturan jaringan, terutama untuk jaringan yang menggunakan protokol *IPv4*, yang memiliki batasan jumlah alamat IP. Melalui *subnetting*, penempatan alamat IP dapat dilakukan dengan lebih efisien, yang berkontribusi pada pengelolaan jaringan yang lebih baik serta mengurangi kemungkinan masalah yang berkaitan dengan pengalamatan dan penggunaan *bandwidth*. Dengan pendekatan ini, alamat IP yang terbatas dapat dimanfaatkan secara optimal untuk berbagai keperluan tanpa membuang-buang, serta mendukung pertumbuhan jaringan yang lebih luas [10].

	/	Netmask	Block Size	Subnets			Hosts		
				Class A	Class B	Class C	Class A	Class B	Class C
Class A Network	8	255.0.0.0	256	1			16777214		
	9	255.128.0.0	128	2			8388606		
	10	255.192.0.0	64	4			4194302		
	11	255.224.0.0	32	8			2097150		
	12	255.240.0.0	16	16			1048574		
	13	255.248.0.0	8	32			524286		
	14	255.252.0.0	4	64			262142		
	15	255.254.0.0	2	128			131070		
	16	255.255.0.0	256	256	1		65534	65534	
	17	255.255.128.0	128	512	2		32766	32766	
	18	255.255.192.0	64	1024	4		16382	16382	
	19	255.255.224.0	32	2048	8		8190	8190	
	20	255.255.240.0	16	4096	16		4094	4094	
	21	255.255.248.0	8	8192	32		2046	2046	
	22	255.255.252.0	4	16384	64		1022	1022	
	23	255.255.254.0	2	32768	128		510	510	
Class B Network	24	255.255.255.0	256	65536	256	1	254	254	254
	25	255.255.255.128	128	131072	512	2	126	126	126
	26	255.255.255.192	64	262144	1024	4	62	62	62
	27	255.255.255.224	32	524288	2048	8	30	30	30
	28	255.255.255.240	16	1048576	4096	16	14	14	14
	29	255.255.255.248	8	2097152	8192	32	6	6	6
	30	255.255.255.252	4	4194304	16384	64	2	2	2
	31	255.255.255.254	2	8388608	32768	128	1	1	1
Class C Network	32	255.255.255.255	1	16777214	8388606	4194302	16777214	8388606	4194302
	33	255.255.255.255	1	16777214	8388606	4194302	16777214	8388606	4194302

Gambar 1. Subnetting

MikroTik merupakan perangkat lunak dan perangkat keras yang dirancang khusus untuk pengelolaan jaringan komputer, dengan fokus utama pada pengaturan lalu lintas data internet. Salah satu yang terkenal dari *MikroTik* adalah *RouterOS*, sebuah sistem operasi yang diinstal pada perangkat *router* atau komputer khusus berfungsi seperti *router* jaringan. Dengan *MikroTik*, pengelolaan jaringan menjadi lebih mudah dan fleksibel, memungkinkan pengguna untuk mengatur pembagian *bandwidth*, memblokir akses ke situs tertentu, serta menjaga keamanan jaringan dari serangan luar. Selain itu, *MikroTik* juga menawarkan beragam fitur, seperti *Simple Queue*, *Load Balancing*, *VPN*, *Firewall*, dan *Hotspot*, yang membantu administrator dalam mengoptimalkan dan mengendalikan jaringan internet dengan lebih efektif [1].

Load balancing adalah sebuah proses yang bertujuan untuk mendistribusikan beban kerja ke layanan yang tersedia di berbagai *server* atau perangkat jaringan ketika ada permintaan dari pengguna. Ketika jumlah permintaan meningkat, ada kemungkinan *server* akan terbebani karena harus menangani semua permintaan tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, solusi yang diterapkan adalah membagi beban yang ada ke beberapa *server*, sehingga tidak hanya terpusat pada satu perangkat. Teknologi ini dikenal sebagai *load balancing*, yang menawarkan berbagai manfaat, termasuk peningkatan keandalan layanan, ketersediaan yang lebih baik, dan kemampuan untuk skalabilitas jaringan yang lebih tinggi [3].

Per Connection Classifier (PCC) adalah metode yang digunakan untuk menentukan jalur koneksi tertentu bagi paket data. Metode ini mengelompokkan lalu lintas berdasarkan alamat sumber, alamat tujuan, *port* sumber, dan *port* tujuan. *Mikrotik* menyimpan informasi mengenai jalur *Gateway* yang digunakan pada awal koneksi,

sehingga paket-paket data selanjutnya yang terkait akan diarahkan ke jalur *Gateway* yang sama. Dengan semakin banyak perangkat yang terhubung ke internet, jaringan tersebut akan beroperasi dengan semakin optimal [11].

Failover adalah teknik yang menerapkan beberapa jalur untuk mencapai suatu *network* tujuan. Namun dalam keadaan normal hanya ada satu *link* yang digunakan. *Link* yang lain berfungsi sebagai cadangan dan hanya akan digunakan bila *link* utama terputus [12]. Untuk menjaga layanan internet, penerapan *failover* otomatis sangat disarankan. Dengan konfigurasi *failover* pada *Mikrotik*, jika salah satu *ISP* mengalami gangguan, sistem secara otomatis akan beralih ke *ISP* lainnya tanpa intervensi manual [13].

NAT merupakan cara untuk mengubah alamat sumber atau tujuan di dalam *header IP* dari sebuah paket ketika sedang dalam perjalanan. Umumnya, pengirim dan penerima aplikasi tidak menyadari bahwa *IP* sedang dimodifikasi. *NAT* biasanya dilakukan oleh *router*, dan kita akan menyebut *host* yang melakukan *NAT* sebagai *router NAT* [14].

Keamanan jaringan merupakan aspek krusial dalam perancangan jaringan komputer, terlebih saat jaringan terhubung ke dua penyedia layanan internet (*ISP*). Dalam sistem jaringan usulan ini, keamanan difokuskan pada pencegahan akses tidak sah, perlindungan dari serangan eksternal, dan kontrol lalu lintas jaringan agar tetap stabil dan terkendali [15].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Jaringan usulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap jaringan yang sedang berjalan di SMKS Said Na'um, ditemukan beberapa kelemahan seperti distribusi *bandwidth* yang tidak merata, keterbatasan jalur internet, serta belum adanya mekanisme cadangan (*redundansi*) ketika terjadi gangguan pada salah satu *ISP*. Oleh karena itu, dirancanglah jaringan usulan yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja, keandalan, dan efisiensi penggunaan dua *ISP* melalui metode *Load Balancing* dan *Failover*.

Tujuan Jaringan Usulan:

1. Meningkatkan efisiensi distribusi trafik data menggunakan metode *Per Connection Classifier (PCC)*.
2. Menyediakan *redundansi* koneksi internet dengan fitur *failover* otomatis.
3. Memberikan kemudahan monitoring dan pengelolaan jaringan.

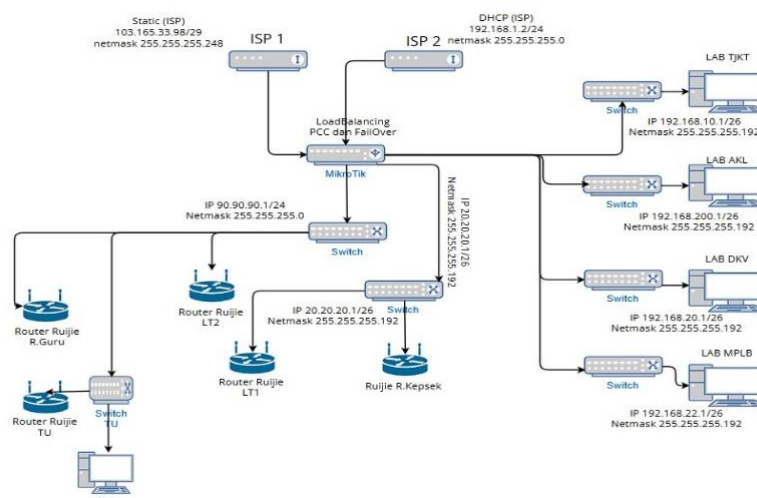
Deskripsi Jaringan Usulan

Jaringan usulan menggunakan *topologi star*, namun dengan tambahan sistem pengelolaan berbasis *MikroTik RouterBoard*. Berikut elemen-elemen penting dalam jaringan usulan:

- a. *Dual ISP (ISP 1 dan ISP 2)* akan dihubungkan ke satu *router Mikrotik*.
- b. *Load Balancing PCC* akan digunakan untuk mendistribusikan beban koneksi dari pengguna ke kedua *ISP* secara adil dan seimbang.
- c. *Failover* diaktifkan untuk memastikan koneksi tetap berjalan saat salah satu *ISP* bermasalah.

3.2. Topologi Jaringan

Topologi jaringan yang diusulkan dalam desain ini adalah bentuk *star* yang dimodifikasi dengan penggunaan alat terpusat, yaitu *Router Mikrotik*, untuk mengatur lalu lintas data dan distribusi koneksi internet.



Sumber: Penelitian Tahun 2025

Gambar 1. Jaringan Usulan

Berdasarkan Gambar 1 Jaringan usulan, dalam model ini semua perangkat jaringan, baik komputer maupun *switch*, terhubung ke satu titik utama, yaitu *router*, yang berperan sebagai pengendali utama *traffic*. Penggunaan *topologi star* memberikan keuntungan dalam hal kemudahan dalam pengelolaan dan

identifikasi masalah. Jika terjadi kendala pada salah satu jalur atau perangkat, maka hal tersebut tidak akan berdampak pada konektivitas perangkat lainnya.

Skema jaringan usulan juga mengimplementasikan:

- Load Balancing* dengan metode *Per Connection Classifier (PCC)* untuk membagi beban trafik ke dua *ISP*.
- Failover* sebagai cadangan otomatis ketika salah satu *ISP* tidak aktif.

3.3. Skema Jaringan

Skema jaringan yang diajukan menunjukkan cara semua alat jaringan di SMKS Said Na'um saling terhubung baik secara logis maupun fisik untuk meningkatkan sambungan internet dari dua penyedia layanan dengan menggunakan metode *Load Balancing* dan *Failover*.

Deskripsi Skema Jaringan Usulan:

1. Router Mikrotik:

- Terhubung langsung dengan dua *ISP*.
- Menggunakan metode *PCC (Per Connection Classifier)* untuk membagi koneksi ke dua *ISP*.
- Mengaktifkan *Failover*, sehingga jika salah satu *ISP* *down*, trafik otomatis dialihkan ke *ISP* cadangan.

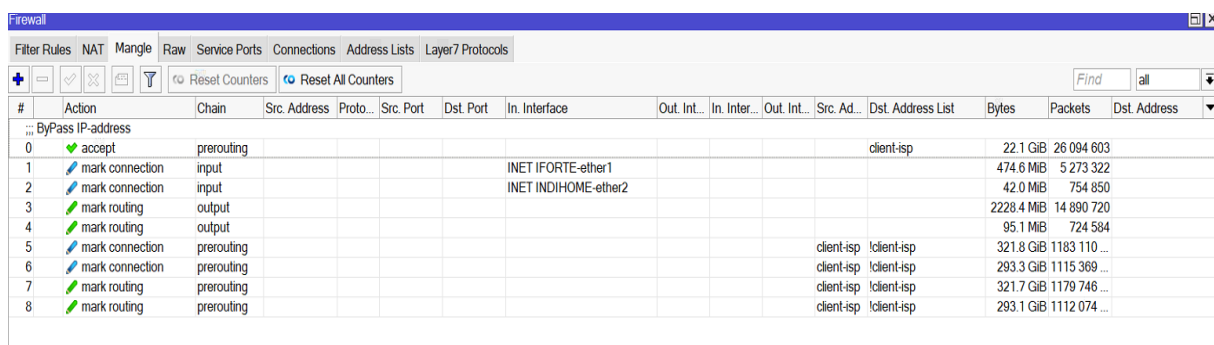
2. Keamanan Jaringan:

- Firewall* Menolak koneksi dari alamat *IP* yang tidak dikenal dan hanya Mengizinkan koneksi yang bersifat *established* dan *related*.
- NAT* dan *mangle rules* digunakan untuk menangani *routing*, *Per Connection Classifier*, dan *failover*.

Berdasarkan Gambar 2. *Mangle*. Berikut konfigurasi yang akan ditetapkan:

/ip firewall mangle

```
add action=accept chain=prerouting comment="ByPass IP-address" \ dst-address-list=client-isp
add action=mark-connection chain=input in-interface="INET IFORTE-ether1" \ new-connection-
mark=koneksi-ISP1 passthrough=yes
add action=mark-connection chain=input in-interface="INET INDIHOME-ether2" \ new-connection-
mark=koneksi-isp2 passthrough=yes
add action=mark-routing chain=output connection-mark=koneksi-ISP1 \ new-routing-mark=route-isp1
passthrough=no add action=mark-routing chain=output connection-mark=koneksi-isp2 \ new-routing-
mark=route-isp2 passthrough=no
add action=mark-connection chain=prerouting dst-address-list=!client-isp \ dst-address-type=!local new-
connection-mark=koneksi-ISP1 passthrough=yes \ per-connection-classifier=both-addresses-and-ports:2/0 src-
address-list=!client-isp
add action=mark-connection chain=prerouting dst-address-list=!client-isp \ dst-address-type=!local new-
connection-mark=koneksi-isp2 passthrough=yes \ per-connection-classifier=both-addresses-and-ports:2/1 src-
address-list=!client-isp
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=koneksi-ISP1 \ -address-list=!client-isp new-
routing-mark=route-isp1 passthrough=yes \ src-address-list=client-isp
add action=mark-routing chain=prerouting connection-mark=koneksi-isp2 \ dst-address-list=!client-isp new-
routing-mark=route-isp2 passthrough=yes \ src-address-list=client-isp
```



#	Action	Chain	Src. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Interface	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Address List	Bytes	Packets	Dst. Address
0	ByPass IP-address											client-isp	22.1 GiB	26 094 603	
1	accept	prerouting													
2	mark connection	input					INET IFORTE-ether1						474.6 MiB	5 273 322	
3	mark connection	input					INET INDIHOME-ether2						42.0 MiB	754 850	
4	mark routing	output											2228.4 MiB	14 890 720	
5	mark routing	output											95.1 MiB	724 584	
6	mark connection	prerouting									client-isp	client-isp	321.8 GiB	1183 110 ...	
7	mark connection	prerouting									client-isp	client-isp	293.3 GiB	1115 369 ...	
8	mark routing	prerouting									client-isp	client-isp	321.7 GiB	1179 746 ...	
9	mark routing	prerouting									client-isp	client-isp	293.1 GiB	1112 074 ...	

Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 2. *Mangle*

3.4. Keamanan Jaringan

Pengamanan utama dilakukan melalui *firewall* pada *Mikrotik*. *Firewall* dikonfigurasi untuk:

- Menolak koneksi dari alamat *IP* yang tidak dikenal.
- Mengizinkan hanya koneksi yang bersifat *established* dan *related*.
- Memblokir koneksi *invalid* yang sering kali menjadi indikasi serangan.

Berdasarkan Gambar 3. *Filter Rules*. Berikut konfigurasi yang diterapkan:

```
/ip firewall filter
```

```
add action=drop chain=input comment="Drop Invalid Connections" connection state=invalid
```

```
add action=accept chain=input connection-state=established,related
```

```
add action=accept chain=input protocol=icmp add action=drop chain=input
```

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets
0	drop	input												242.0 MB	2 744 968
1	accept	input												162.7 MB	2 147 437
2	accept	input			1 (icmp)									555.2 MB	7 371 204
3	drop	input												2935.4 MB	22 559 256

Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 3. *Filter Rules*

3.5. Network Address Translation (NAT)

Network Address Translation (NAT) berfungsi untuk menyembunyikan *IP internal* dari akses *eksternal*. Ini berperan sebagai tambahan lapisan keamanan dan menjadi praktik yang umum dalam jaringan yang berbasis *Mikrotik*.

Berdasarkan Gambar 4. *Network Address Translation*. Berikut konfigurasi yang ditetapkan:

```
/ip firewall nat
```

```
add action=masquerade chain=srcnat out-interface="INET IFORTE-ether1"
```

```
add action=masquerade chain=srcnat out-interface="INET INDIHOME-ether2"
```

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Interface	In. Inter...	Out. Int...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets
0	masquerade	srcnat							INET IFORTE-ether1					7.5 GiB	30 985 245
1	masquerade	srcnat							INET INDIHOME-ether2					7.2 GiB	45 529 365

Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 4. *Network Address Translation*

3.6. Rancangan Aplikasi

Dalam implementasi jaringan usulan, aplikasi dan perangkat lunak yang digunakan berperan penting dalam mengelola, mengamankan, serta memantau lalu lintas jaringan. Rancangan aplikasi berikut dipilih berdasarkan kebutuhan sekolah, kestabilan jaringan, dan kemudahan operasional oleh tenaga teknis.

3.6.1. Winbox (MikroTik RouterOS Management Tool)

Aplikasi utama untuk mengelola dan mengonfigurasi *router MikroTik*. Dengan *Winbox*, administrator jaringan dapat:

- Mengatur *Load Balancing (PCC dan Failover)*
- Menyusun *firewall* dan *NAT*
- Melakukan pemantauan trafik jaringan

3.6.2. Manajemen Jaringan

Manajemen jaringan merupakan langkah krusial untuk menjamin bahwa jaringan berjalan secara maksimal, terlindungi, dan memenuhi kebutuhan para penggunanya. Dalam sistem jaringan yang diusulkan yang memanfaatkan dua *ISP* serta teknik *Load Balancing* dan *Failover*, manajemen jaringan dirancang untuk meningkatkan efisiensi, kestabilan, dan kemudahan dalam pemeliharaan.

3.6.3. Manajemen Trafik

- Load Balancing Per Connection Classifier (PCC)*: Memastikan distribusi koneksi *client* ke dua *ISP* secara adil.
- Failover*: Otomatis mengalihkan koneksi internet ke *ISP* cadangan saat *ISP* utama gagal.

3.6.4. Pengendalian Akses

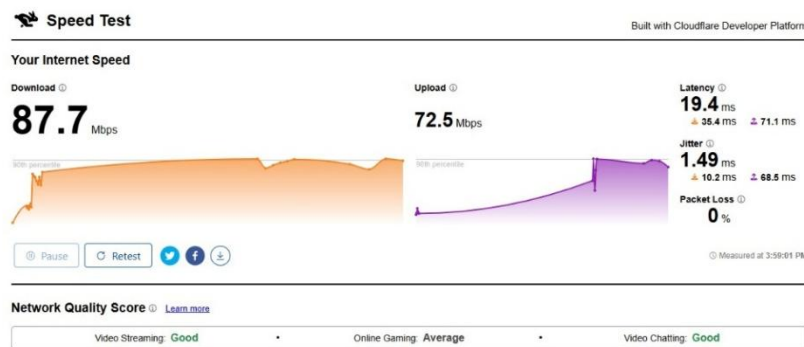
Penggunaan *user* berbasis *role (admin)* di *MikroTik* untuk membatasi akses.

3.7. Pengujian Jaringan

Pengujian jaringan dilaksanakan untuk mengevaluasi kinerja sistem jaringan sebelum dan setelah penerapan teknik *Load Balancing* serta *Failover* dengan menggunakan perangkat *MikroTik*. Sasaran dari pengujian ini adalah untuk menemukan perbedaan dalam performa jaringan dan mengetahui tingkat optimasi jaringan yang telah dicapai berdasarkan sejumlah parameter tertentu.

3.7.1. Pengujian Jaringan Awal

Pengujian jaringan awal dilakukan sebelum penerapan *metode load balancing* dan *failover*, di mana jaringan hanya mengandalkan satu jalur *ISP* secara manual dan tidak memiliki manajemen beban koneksi maupun pengalihan otomatis.



Sumber: <https://speed.cloudflare.com/>

Gambar 5. Pengujian Jaringan Awal

Tabel 1. Pengujian Jaringan Awal

No	Parameter	Hasil	Penjelasan
1	Kecepatan <i>Download</i>	87.7 Mbps	Menunjukkan kecepatan maksimum dalam mengunduh data. Cocok untuk streaming video HD/4K, browsing cepat, dan mengunduh file besar.
2	Kecepatan <i>Upload</i>	72.5 Mbps	Kecepatan mengunggah data yang tinggi dan stabil, mendukung video <i>conference</i> dan unggah file ke <i>cloud</i> .
3	<i>Latency (Ping)</i>	19.4 ms	<i>Respon</i> jaringan cepat, <i>ideal</i> untuk aktivitas <i>real-time</i> seperti <i>video call</i> dan game online.
4	<i>Jitter</i>	1.49 ms	Variasi <i>delay</i> antar paket sangat rendah (<5 ms), menandakan koneksi yang sangat stabil.
5	<i>Packet Loss</i>	0%	Tidak ada paket data yang hilang, menunjukkan koneksi jaringan sangat sehat dan andal.

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

3.7.2. Pengujian Jaringan Akhir

Setelah implementasi *metode Load Balancing* dengan *Per Connection Classifier (PCC)* dan *Failover*, dilakukan pengujian akhir untuk mengetahui peningkatan performa jaringan dari sisi kecepatan akses, stabilitas koneksi, serta kemampuan *failover* saat salah satu *ISP* mengalami gangguan.

a. Pengujian Kecepatan (*Speedtest*)

Speedtest (Oolka)

Date/Time	Ping ms	Download Mbps	Upload Mbps	Server/Location	Provider	Actions
09/08/2025 12:50 PM	7	226.94	146.12	Jakarta PT. Mora Telematika Indonesia	PT Telekomunikasi Indonesia	📄 🗑
09/08/2025 12:49 PM	7	198.46	142.03	Jakarta PT. Mora Telematika Indonesia	PT Telekomunikasi Indonesia	📄 🗑
09/08/2025 12:45 PM	5	241.45	146.33	Jakarta PT. Mora Telematika Indonesia	PT Telekomunikasi Indonesia	📄 🗑

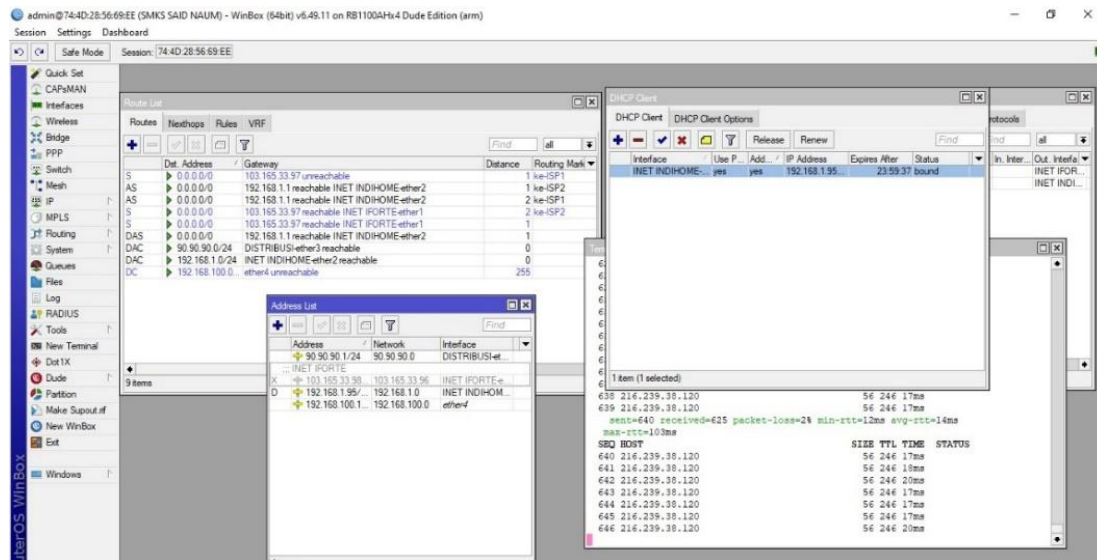
Sumber: <https://www.speedtest.net/>

Gambar 6. Pengujian Kecepatan (*By Oolka*)

Berdasarkan hasil *Speedtest* diatas, dengan tiga pengujian yang dilakukan secara umum menampilkan koneksi internet yang sangat baik dan konsisten. Pada pengujian pertama mendapatkan kecepatan *download* 241Mbps dengan kecepatan *upload* 146Mbps. Pengujian kedua mendapatkan kecepatan *download* 198Mbps dengan kecepatan *upload* 142Mbps. Pengujian ketiga mendapatkan kecepatan *download* 226Mbps dengan kecepatan *upload* 146Mbps.

b. Pengujian *Failover*

Untuk menguji fungsi *failover*, dilakukan simulasi dengan memutus koneksi ke *ISP* 1.



Sumber: Hasil Penelitian 2025.

Gambar 7. Pengujian *Fail Over*

Berikut adalah hasil pengujian kecepatan internet by *Ookla*,



Sumber: <https://www.speedtest.net/>

Gambar 8. *Ookla*

Dari gambar 8 sesuai dengan tampilan *Ookla*, kualitas koneksi internet menunjukkan performa yang baik. Kecepatan unduh mencapai 145 Mbps, dengan kecepatan unggah 99Mbps. *Ping* paling rendah tercatat di (4ms), menjamin koneksi yang responsif dan ideal penggunaan aplikasi yang membutuhkan respon cepat.

4. Kesimpulan

Implementasi *Load Balancing* berhasil: Pemanfaatan *Per Connection Classifier (PCC)* dan *Failover* sebagai metode penyeimbangan beban telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan bantuan perangkat *MikroTik*. Solusi ini mampu mendistribusikan beban lalu lintas internet secara merata di kedua jalur *ISP* yang tersedia. Peningkatan Efektivitas Jaringan: Penerapan penyeimbangan beban terbukti meningkatkan *stabilitas* dan *efisiensi* jaringan di lingkungan sekolah. Keberadaan *failover* juga berkontribusi pada ketersediaan koneksi yang dapat diakses secara bersamaan, meskipun salah satu rute utama sedang tidak beroperasi. Dengan demikian, solusi ini menghilangkan masalah koneksi yang tidak stabil dan kemacetan dalam sistem.

Referensi

- [1] N. Muhammad *et al.*, “Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Menggunakan Simple Queue Dan Firewall Mikrotik Di Sekolah,” vol. 8, no. 6, pp. 12828–12835, 2024.
- [2] Amri Muliawan Nur, Hariman Bahtiar, Yahya, Nurhidayati, Almi Yulistia Alwanda, and Amir Bagja, “Pelatihan Jaringan Berbasis Mikrotik Untuk Peningkatan Kompetensi Siswa kelas XI di SMKN 1 Pringgasela,” *J. Teknol. Inf. untuk Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 115–127, 2024, doi: 10.29408/jt.v2i2.28380.
- [3] Ahmad Irpan Mawali, Ahmad Tanton, and Maulana Ashari, “Implementasi Load Balancing Dan Failover Pada Jaringan Internet Hotel Puri Indah Dengan Metode NTH,” *Merkurius J. Ris. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 28–38, 2024, doi: 10.61132/mercurius.v2i4.133.
- [4] T. Rahman, E. Sulistianto, A. Sudibyo, S. Sumarna, and B. Wijonarko, “Per Connection Classifier Load Balancing dan Failover MikroTik pada Dua Line Internet,” *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 5, no. 2, p. 195, 2021, doi: 10.31000/jika.v5i2.4517.
- [5] M. A. Abdurrohmam and I. R. Fahmi, “Membangun Sustainability (Continuous Improvement) Dalam Pendidikan,” *AL-MIKRAJ J. Stud. Islam dan Hum. (E-ISSN 2745-4584)*, vol. 2, no. 1, pp. 25–33, 2021, doi: 10.37680/almikraj.v2i1.1005.
- [6] U. A. Ahmad, R. E. Saputra, and Y. Pangestu, “Perancangan Infrastruktur Jaringan Komputer Menggunakan Fiber Optic Dengan Metode Network Development Life Cycle (Ndlc) Design of Computer Network Infrastructure Using Optical Fiber With Network Development Life Cycle (Ndle) Method,” *Peranc. Infrastruktur Jar. Komput. Menggunakan Fiber Opt. Dengan Metod. Netw. Development Life Cycle Des. Comput. Netw. Infrastruct. Using Opt. Fiber With Netw. Dev. Life Cycle Method*, vol. 8, no. 6, pp. 12066–12079, 2021.
- [7] Muhamad Malik Mutoffar, Anak Agung Ngurah Gunawan, Anak Agung Ngurah Frady Cakra Negara, Nyoman Gunantara, and Hari Antoni Musril, “Jaringan Komputer: Konsep dan Aplikasi Modern,” in *Jaringan Komputer: Konsep dan Aplikasi Modern*, no. September, 2024, pp. 1–142. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/381432597>
- [8] N. Rahman *et al.*, “Analisis Perancangan Metode Vlsm Dan Flsm Pada Manajemen Ip Address Lan,” *J. Ilm. Teknosains*, vol. 10, no. 1/Mei, pp. 16–21, 2024, doi: 10.26877/jitek.v10i1/mei.18988.
- [9] I. Bagus, K. Manuaba, and F. Agus, “Kinerja Book Chapter Jaringan Komputer,” in *Jaringan Komputer*, 2025, p. 71.
- [10] H. I. Zaafarani and A. Yunanda, “Strategi Optimalisasi Infrastruktur Jaringan Melalui Subnetting,” *DiJITAC Digit. J. Inf. Technol. Commun.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–34, 2023, doi: 10.21093/dijitac.v4i1.10313.
- [11] A. Arizki and N. A. Chandra, “Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Router Mikrotik Menggunakan Teknik Load Balancing Memakai Metode Pcc (Per Connection Classifier) Dengan Topologi Hybrid Optimizing the Internet Network with a Mikrotik Router Using Load Balancing Techniques Using th,” vol. 9, no. 2, pp. 436–448, 2024.
- [12] K. Azmi, F. Razi, and P. Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, “Studi Penggunaan Dua Isp Dengan Load Balancing Dan Failover Untuk Meningkatkan Kinerja Jaringan Berbasis Router Mikrotik,” *J. Tektro*, vol. 6, no. 02, pp. 176–183, 2022, [Online]. Available: <https://e-jurnal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/view/3729>
- [13] Idham, Rodianto, and H. Wahyudi, “Implementasi Load Balancing Dan Failover Pada Jaringan Internet Menggunakan Metode Nth,” *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 4, no. 3, pp. 131–136, 2022, doi: 10.51401/jinteks.v4i3.1904.
- [14] Alriza Nuh Hidasaputra, “Mengenal Konsep Gateway Dan Nat (Network Address Translation),” *Teknol. Inf.*, vol. 1, pp. 1–9, 2021.
- [15] I. F. Bayu Andoro S, H. Agung Budijanto, and M. Aidjili, “Lisensi Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0. RISTEK : Jurnal Riset, Inovasi dan Teknologi Kabupaten Batang,” *RISTEK J. Riset, Inov. dan Teknol. Kabupaten Batang*, vol. 6, no. 2, pp. 35–39, 2022.