

EVALUASI KINERJA PENERAPAN METODE UNEQUAL LOAD BALANCE MENGGUNAKAN PENDEKATAN NDLC BERDASARKAN PARAMETER QOS PADA JARINGAN SMKN 1 LUBUKLINGGAU

Septi Novita Sari¹, Hendri Alamsyah², Yoli Andi Rozzi^{3*}

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Rekayasa Sistem Komputer Universitas Dehasen, Kota Bengkulu, Indonesia

Jl. Meranti No.32, Sawah Lebar, Kec. Ratu Agung, Kota Bengkulu, Bengkulu 38228
1novitasepti53@gmail.com, 2hendri.alamsyah@unived.ac.id, 3*yoliandi15@gmail.com

Abstract

SMKN 1 Lubuklinggau utilizes two Internet Service Providers (ISPs), Indihome and Iconnet, to support teaching and learning activities in its computer laboratories. However, the network frequently encounters issues such as connection failures on one ISP and unbalanced traffic loads, which compromise connection stability and internet availability. This study aims to analyze and implement the Unequal Load Balance method on the SMKN 1 Lubuklinggau network to optimize the use of two ISPs with different bandwidth capacities, improve redundancy, and maintain network service quality. The research employed the Network Development Life Cycle (NDLC) methodology, encompassing analysis, design, simulation, implementation, monitoring, and management phases. Implementation was carried out by configuring a Mikrotik RB750 router to proportionally distribute traffic based on each ISP's bandwidth (35 Mbps for Iconnet and 20 Mbps for Indihome), integrated with a failover mechanism. The implementation demonstrated that the Unequal Load Balance method successfully distributed traffic evenly between both ISPs. The failover mechanism could switch to the backup ISP within approximately 47 seconds if one ISP experienced disruption. Quality of Service (QoS) remained stable before and after implementation, with no significant degradation in throughput, packet loss (0%), delay (0.77 ms), or jitter (0.341–0.342 ms). The implementation of Unequal Load Balance successfully enhanced network reliability and availability at SMKN 1 Lubuklinggau. This method can serve as an effective solution for educational institutions relying on multiple ISPs with differing capacities without sacrificing service quality. This study also provides a practical configuration framework replicable in similar network environments

Keywords : *Load Balancing, Unequal Load Balancing, Mikrotik, QoS, Computer Networks, Failover, Multi-ISP*

Abstrak

SMKN 1 Lubuklinggau menggunakan dua penyedia layanan internet (ISP), yaitu Indihome dan Iconnet, untuk menunjang kegiatan belajar mengajar di laboratorium komputer. Namun, jaringan sering mengalami kendala seperti gangguan koneksi pada salah satu ISP dan pembebanan trafik yang tidak seimbang, sehingga memengaruhi stabilitas dan ketersediaan akses internet. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengimplementasikan metode Unequal Load Balance pada jaringan SMKN 1 Lubuklinggau guna mengoptimalkan penggunaan bandwidth dua ISP yang berbeda kapasitas, meningkatkan redundansi, dan menjaga kualitas layanan jaringan. Penelitian menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC) yang meliputi tahap analisis, perancangan, simulasi, implementasi, pemantauan, dan manajemen. Implementasi dilakukan dengan konfigurasi router Mikrotik RB750 untuk membagi beban trafik secara proporsional berdasarkan bandwidth masing-masing ISP (35 Mbps Iconnet dan 20 Mbps Indihome), dilengkapi mekanisme failover. Hasil implementasi menunjukkan bahwa metode Unequal Load Balance berhasil mendistribusikan trafik secara seimbang antara kedua ISP. Mekanisme failover dapat beralih ke ISP cadangan dalam waktu 47 detik jika salah satu ISP mengalami gangguan. Quality of Service (QoS) sebelum dan setelah implementasi tetap stabil, dengan parameter throughput, packet loss (0%), delay (0.77 ms), dan jitter (0.341–0.342 ms) yang tidak mengalami penurunan signifikan. Implementasi Unequal Load Balance berhasil meningkatkan keandalan dan

ketersediaan jaringan di SMKN 1 Lubuklinggau. Metode ini dapat menjadi solusi efektif untuk institusi pendidikan yang mengandalkan multi-ISP dengan kapasitas berbeda, tanpa mengorbankan kualitas layanan. Penelitian ini juga menyediakan konfigurasi praktis yang dapat direplikasi pada lingkungan jaringan sejenis.

Kata kunci : Load Balance, Unequal Load Balancing, Mikrotik, QoS, Jaringan Komputer, Failover, Multi-ISP

1. PENDAHULUAN

Era digital telah menginisiasi transformasi signifikan dalam dunia pendidikan melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi. Implementasi jaringan komputer menjadi fondasi utama yang memungkinkan interkoneksi antarperangkat, mempercepat komunikasi, serta meningkatkan efisiensi transmisi data. Dalam konteks pendidikan, internet berperan penting sebagai sarana untuk memperoleh informasi, berinteraksi akademik, dan mengakses berbagai platform pembelajaran daring [1], [2], [7], [8].

SMKN 1 Lubuklinggau merupakan salah satu sekolah kejuruan yang telah menerapkan jaringan komputer untuk mendukung kegiatan belajar mengajar, khususnya pada jurusan Teknik Komputer dan Jaringan serta Desain Grafis. Sekolah ini menggunakan dua penyedia layanan internet, yaitu Indihome dan Iconnet, untuk mendukung konektivitas antar ruang dan laboratorium. Namun, implementasi tersebut masih menghadapi kendala seperti gangguan koneksi (connection lost), maintenance ISP, dan ketidakseimbangan pemanfaatan bandwidth yang menyebabkan traffic overload sehingga menurunkan kecepatan dan stabilitas jaringan [3], [4], [10], [12]. Permasalahan ini menunjukkan bahwa pengelolaan jaringan belum optimal dan membutuhkan solusi teknis yang mampu menyeimbangkan distribusi trafik secara adaptif.

Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah teknik load balancing, yaitu metode pembagian beban trafik ke beberapa jalur agar tidak terjadi penumpukan pada satu koneksi tertentu [5]. Prinsip dasar load balancing adalah menjaga keseimbangan beban antarperangkat atau jalur koneksi guna mempertahankan ketersediaan layanan dan efisiensi penggunaan sumber daya jaringan [3], [6], [11], [9], metode Equal Cost Multi-Path (ECMP) efektif dalam mendistribusikan trafik antar-ISP sehingga koneksi menjadi lebih stabil dan risiko gangguan dapat diminimalkan.

Berbagai penelitian terdahulu mendukung efektivitas load balancing dalam meningkatkan

performa jaringan.[5] menunjukkan bahwa metode Per Connection Classifier (PCC) pada router Mikrotik mampu meningkatkan kecepatan unggah dan unduh secara signifikan pada jaringan multi-WAN. [6] membuktikan bahwa metode Nth Load Balancing menghasilkan Quality of Service (QoS) yang lebih stabil di lingkungan pendidikan. Sementara itu, [7] menemukan bahwa metode Hierarchical Token Bucket (HTB) efektif dalam meningkatkan stabilitas jaringan melalui pembagian bandwidth secara hierarkis sesuai kebutuhan pengguna. Selain itu, [8] menyoroti pentingnya sistem monitoring berbasis open source Zabbix untuk memantau performa load balancing secara real-time dan efisien.

Beberapa penelitian lain memperkuat pentingnya kombinasi metode load balancing untuk mencapai efisiensi jaringan yang lebih tinggi. [13],[14] menunjukkan bahwa kombinasi metode PCC, ECMP, dan NTH mampu mengurangi downtime dan menyeimbangkan beban trafik antar-ISP.[15] menambahkan bahwa evaluasi metode ECMP meningkatkan keandalan jaringan melalui pemilihan jalur otomatis terbaik.[16] menegaskan bahwa penerapan Network Development Life Cycle (NDLC) dalam pengembangan sistem load balancing mampu menciptakan manajemen bandwidth yang berkelanjutan di lingkungan pendidikan.

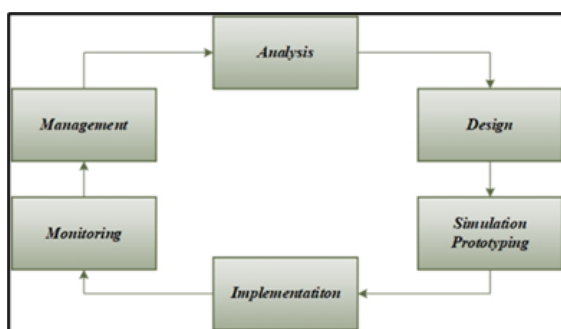
Berdasarkan kajian tersebut, terlihat bahwa penelitian terdahulu lebih banyak menitikberatkan pada metode Equal Load Balance, sementara penerapan Unequal Load Balance pada jaringan pendidikan dengan kapasitas bandwidth yang berbeda masih jarang dieksplorasi. Inilah yang menjadi kesenjangan penelitian (research gap) utama dalam studi ini. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada penerapan metode Unequal Load Balance menggunakan router Mikrotik RB750 di SMKN 1 Lubuklinggau, dengan pendekatan NDLC sebagai kerangka pengembangan jaringan. Selain itu, penelitian ini juga melakukan evaluasi kinerja jaringan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS) — throughput, delay, jitter, dan packet loss — untuk mengukur efektivitas metode yang diterapkan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan strategi load balancing berbasis NDLC di lingkungan pendidikan, sekaligus menawarkan solusi praktis dalam meningkatkan keandalan, efisiensi, dan stabilitas jaringan multi-ISP.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Skema Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Network Development Life Cycle (NDLC) sebagai metodologi pengembangan sistem jaringan. Metode NDLC dipilih karena bersifat iteratif dan komprehensif, mencakup seluruh tahapan mulai dari analisis kebutuhan hingga pengelolaan jaringan secara berkelanjutan. NDLC terdiri atas enam tahapan utama, yaitu Analysis, Design, Simulation/Prototyping, Implementation, Monitoring, dan Management. Setiap tahapan dijelaskan secara sistematis berikut ini.



Gambar 1. Tahapan Network Development Life Cycle (NDLC)

1. Analysis

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan jaringan di SMKN 1 Lubuklinggau. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan administrator jaringan, ditemukan beberapa kendala utama, antara lain ketidakstabilan koneksi akibat gangguan pada salah satu ISP, serta ketidakseimbangan distribusi trafik yang menyebabkan overload pada jalur tertentu. Selain itu, belum terdapat sistem manajemen bandwidth yang efektif. Hasil analisis ini menjadi dasar perancangan topologi baru dengan mekanisme load balancing.

2. Design

Tahap perancangan dilakukan untuk merumuskan arsitektur jaringan yang mampu mengoptimalkan dua koneksi internet dari ISP berbeda (Indihome dan Iconnet). Desain sistem memanfaatkan router Mikrotik RB750 dengan

konfigurasi multi-WAN yang mengimplementasikan metode Unequal Load Balance. Metode ini dipilih karena mampu menyesuaikan rasio distribusi trafik sesuai perbedaan kapasitas bandwidth antar-ISP — dalam hal ini, Iconnet (35 Mbps) dan Indihome (20 Mbps). Dengan demikian, alokasi trafik menjadi lebih proporsional dibandingkan metode Equal Load Balance yang membagi beban secara identik tanpa mempertimbangkan kapasitas jalur.

3. Simulation/Prototyping

Sebelum implementasi, rancangan sistem disimulasikan menggunakan perangkat lunak seperti Cisco Packet Tracer dan Winbox untuk memverifikasi konfigurasi rute, mangle rules, serta pembagian trafik antar-gateway. Tahapan ini juga mencakup pengujian fungsional failover untuk memastikan perpindahan koneksi antar-ISP dapat terjadi otomatis ketika salah satu jalur mengalami gangguan.

4. Implementation

Tahap implementasi dilakukan dengan mengonfigurasi router Mikrotik RB750 berdasarkan hasil desain dan simulasi. Konfigurasi mencakup:

- Penetapan interface untuk masing-masing ISP dan segmen jaringan lokal.
- Pengaturan firewall mangle dengan rasio load balancing 2:1 untuk menyesuaikan kapasitas antar-ISP.
- Pembuatan routing mark untuk menentukan arah lalu lintas data sesuai dengan beban yang telah ditetapkan.
- Aktivasi fitur failover menggunakan parameter `check-gateway=ping` untuk menjamin kontinuitas layanan saat salah satu jalur gagal.

Implementasi dilakukan secara bertahap di lingkungan laboratorium komputer dan ruang administrasi SMKN 1 Lubuklinggau

5. Monitoring

Pemantauan sistem dilakukan melalui antarmuka Winbox dan perangkat lunak Wireshark untuk mengukur parameter kinerja jaringan (Quality of Service / QoS) baik sebelum maupun sesudah penerapan metode Unequal Load Balance. Parameter yang diuji meliputi:

- Throughput (Mbps): laju transmisi data aktual.
- Packet Loss (%): persentase kehilangan paket data.

c) Delay (ms): waktu tunda pengiriman data.
d) Jitter (ms): variasi waktu tunda antar-paket.
Selain itu, waktu perpindahan antar-ISP (*failover time*) diukur menggunakan perintah *ping* untuk menghitung jeda antara gangguan dan pemulihan koneksi.

6. Management

Tahap akhir mencakup evaluasi hasil implementasi dan perumusan kebijakan pengelolaan jaringan agar sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan. Pengelolaan ini meliputi pemantauan berkala terhadap distribusi trafik, pembaruan konfigurasi bila terjadi perubahan kapasitas ISP, serta dokumentasi prosedur konfigurasi agar penelitian dapat direplikasi oleh peneliti lain.

2.2. Pengumpulan Data

a. Wawancara

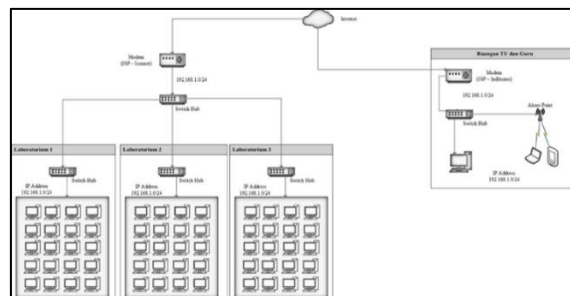
Ini adalah proses tanya jawab yang dilakukan secara langsung kepada ahli jaringan dan juga kepada dosen pembimbing penulis.

b. Pustaka

Metode ini dilakukan melalui kompilasi data sekunder dari berbagai sumber kepustakaan dan institusi, mencakup karya ilmiah, jurnal, buku, serta literatur daring yang relevan dengan fokus penelitian. Studi pustaka ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam dan memperoleh informasi komprehensif terkait objek kajian.

2.3. Analisis Sistem Aktual

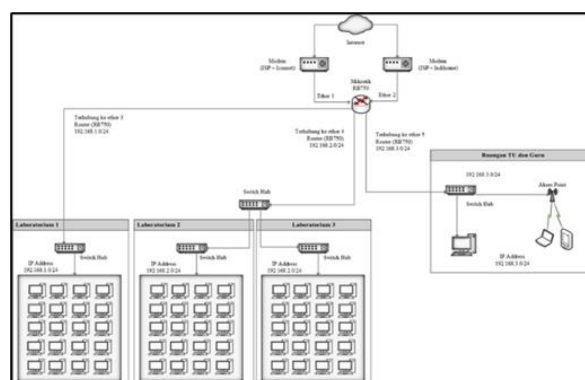
Berdasarkan hasil analisis di SMKN 1 Lubuklinggau, jaringan komputer sering mengalami gangguan teknis seperti penurunan kecepatan secara drastis dan connection lost. Permasalahan utama terjadi ketika salah satu penyedia layanan internet (ISP) mengalami gangguan atau maintenance, sehingga aktivitas belajar mengajar dan pekerjaan staf sekolah terganggu. Selain itu, penggunaan satu ISP menyebabkan beban trafik menumpuk pada satu jalur, mengakibatkan koneksi menjadi overload. Kondisi ini diperburuk oleh belum adanya sistem manajemen jaringan, seperti pembatasan bandwidth atau filterisasi akses pengguna, sehingga penggunaan jaringan menjadi tidak efisien dan mudah mengalami gangguan.



Gambar 2. Blok Diagram Global Sistem Aktual

2.4. Analisa Sistem Yang Diusulkan

Diagram Blok global dari jaringan komputer yang diusulkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Blok Diagram Global Sistem Baru

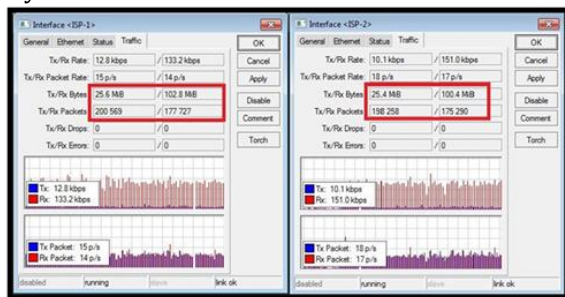
1. Internet Global adalah jaringan internet yang biasa digunakan secara umum.
2. Modem berfungsi sebagai perangkat penghubung ke jaringan internet global. Dalam konfigurasi ini, Modem 1 menggunakan layanan ISP Iconnet dengan bandwidth 35 Mbps, sedangkan Modem 2 terhubung melalui layanan Indihome dengan bandwidth 20 Mbps.
3. Router MikroTik RB 750 digunakan sebagai perangkat untuk mengimplementasikan load balancing, dengan konfigurasi antarmuka ethernet sebagai berikut:
 - a) Ether 1, terhubung ke modem 1
 - b) Ether 2, terhubung ke modem 2
 - c) Ether 3, terhubung ke switch hub pada laboratorium 1
 - d) Ether 4, terhubung ke switch hub pada laboratorium 2 dan 3
 - e) Ether 5, terhubung ke Ruang TU dan guru
4. Switch hub berfungsi untuk mendistribusikan koneksi jaringan ke

beberapa perangkat dalam satu segmen jaringan yang sama.

5. Laboratorium komputer menggunakan IP Address Class C, yang meliputi
 - a) Laboratorium 1 dengan IP Address 192.168.1.0/24
 - b) Laboratorium 2 dan 3 dengan IP Address 192.168.2.0/24
 - c) Ruang TU dan Guru dengan IP Address 192.168.3.0/24
6. Akses Point berfungsi untuk memancarkan sinyal wifi
7. Kantor Guru dan TU menggunakan jaringan kabel dan nirkabel untuk terhubung dengan laptop dan HP tenaga kependidikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi metode Unequal Load Balance pada router Mikrotik RB750 di jaringan SMKN 1 Lubuklinggau telah berhasil diuji. Bab ini tidak hanya menyajikan hasil pengujian secara deskriptif, tetapi juga menganalisis keterkaitan hasil tersebut dengan tujuan penelitian, yaitu mengoptimalkan pemanfaatan dua ISP yang berbeda kapasitas, meningkatkan ketersediaan jaringan melalui failover, dan menjaga kualitas layanan.



Gambar 4. Grafik Koneksi Pada Tiap Gateway ISP

1. Hasil Pengujian Metode Unequal Load Balance

Pengujian metode Unequal Load Balance dilakukan dengan membandingkan distribusi trafik antara dua jalur ISP, yaitu ISP1 (Iconnet) dan ISP2 (Indihome), menggunakan empat skenario beban: <5 Mbps, 5–10 Mbps, 10–20 Mbps, dan >20 Mbps. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membagi trafik jaringan secara proporsional berdasarkan kapasitas masing-masing jalur.

Berdasarkan hasil pengujian, distribusi bandwidth yang diperoleh pada setiap kondisi beban dapat dirangkum sebagai berikut:

- a) Pada penggunaan <5 Mbps, pembagian trafik tercatat sebesar 2.8 Mbps pada ISP1 dan 2.4 Mbps pada ISP2.
- b) Pada beban 5–10 Mbps, diperoleh 4.7 Mbps pada ISP1 dan 4.2 Mbps pada ISP2.
- c) Pada rentang 10–20 Mbps, nilai masing-masing ISP adalah 8.6 Mbps dan 8.4 Mbps.
- d) Pada kondisi >20 Mbps, beban terdistribusi 10.9 Mbps (ISP1) dan 10.1 Mbps (ISP2).

Rata-rata selisih antar-ISP pada seluruh pengujian tidak lebih dari 0.5 Mbps, yang menunjukkan bahwa sistem berhasil menjaga keseimbangan distribusi trafik sesuai rasio konfigurasi 2:1 yang diterapkan pada router Mikrotik RB750. Perbandingan ini mengindikasikan bahwa metode Unequal Load Balance berfungsi efektif dalam mengalokasikan beban sesuai kapasitas aktual dari masing-masing ISP, di mana jalur dengan bandwidth lebih besar menerima porsi trafik yang lebih tinggi tanpa menimbulkan overload.

2. Kemampuan Mikrotik dalam Menjalankan Metode Load Balance

Pengujian router Mikrotik RB750 dilakukan untuk menilai kinerja sistem Unequal Load Balance saat terjadi gangguan koneksi (failover) dan penggunaan sumber daya perangkat. Hasil menunjukkan bahwa waktu perpindahan koneksi dari ISP1 (Iconnet) ke ISP2 (Indihome) memerlukan 47 detik, ditandai perubahan alamat IP publik dari 103.189.207.249 menjadi 182.1.237.107. Nilai ini tergolong cepat dan masih dalam batas toleransi sistem failover pada jaringan pendidikan.

3. Quality Of Service (QoS)

Pengujian Quality of Service (QoS) dilakukan menggunakan perangkat lunak Wireshark dengan empat parameter utama: throughput, packet loss, delay, dan jitter. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah penerapan metode Unequal Load Balance untuk menilai dampaknya terhadap kualitas koneksi jaringan.

Hasil pengujian menunjukkan nilai throughput sebelum penerapan sebesar 10.628 bps dan sesudah penerapan 9.878 bps, mengalami penurunan sekitar 7%, namun masih dalam batas toleransi. Parameter packet loss tetap 0%, delay konstan pada 0.77 ms, dan jitter stabil di sekitar 0.34 ms.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan Unequal Load Balance tidak menurunkan kualitas jaringan secara signifikan. Penurunan kecil pada throughput

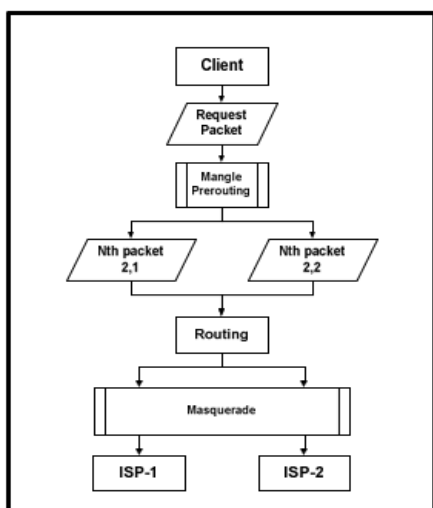
terjadi akibat redistribusi beban antar-ISP, tetapi keseluruhan parameter QoS tetap stabil. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mempertahankan kualitas layanan dan kestabilan jaringan, sesuai dengan tujuan ketiga penelitian, yaitu menjaga efisiensi dan mutu koneksi pada penerapan multi-ISP.

3.1. Perancangan Load Balance

Tahap perancangan dilakukan untuk mengintegrasikan metode Unequal Load Balance ke dalam infrastruktur jaringan SMKN 1 Lubuklinggau menggunakan perangkat Mikrotik RB750. Desain topologi jaringan dirancang agar dua jalur ISP, yaitu Iconnet (ISP1) dan Indihome (ISP2), dapat beroperasi secara bersamaan dengan rasio pembagian trafik 2:1 sesuai kapasitas bandwidth masing-masing.

Konfigurasi utama mencakup tiga tahap, yaitu:

- nisialisasi antarmuka (interface) — memberikan penamaan pada setiap port agar mempermudah proses identifikasi jalur trafik dan pengaturan routing.
- Penerapan mangle rules — menandai paket data berdasarkan kebijakan rasio 2:1 untuk memastikan aliran trafik dibagi secara proporsional antara ISP1 dan ISP2.
- Pengaturan failover — menggunakan parameter distance dan check-gateway=ping untuk mendeteksi gangguan koneksi. Jika ISP utama tidak merespons, sistem otomatis mengalihkan trafik ke ISP cadangan tanpa interupsi signifikan.

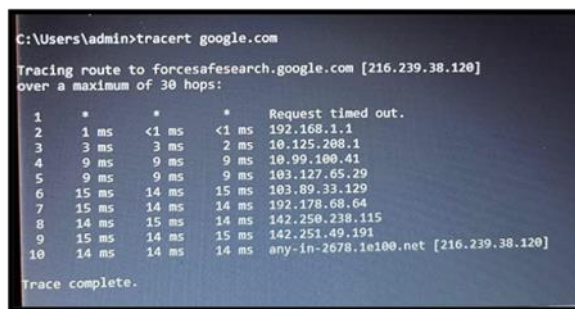


Gambar 5. Alur Proses Pengiriman Paket Pada Load Balance

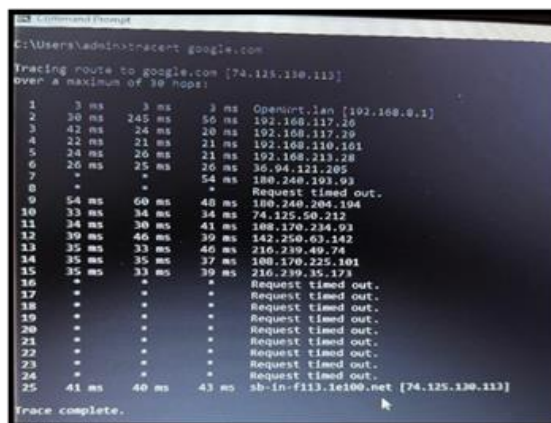
3.2. Pengujian Rute Menggunakan Tracert

Pengujian dilakukan ketika ke dua-dua ISP aktif dan salah satu ISP mengalami gangguan (down), adapun Data hasil pengujian

divisualisasikan dalam grafik berikut sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Tracert Ke 2 ISP Normal



Gambar 7. Hasil Tracert Ketika ISP Beralih

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 6 dan Gambar 7, terlihat bahwa saat kedua ISP aktif, jalur utama (ISP1) memiliki 13 hop menuju alamat tujuan. Namun, ketika ISP1 (jalur utama) mengalami gangguan, sistem secara otomatis mengalihkan trafik ke ISP2 (jalur cadangan). Setelah perpindahan jalur, jumlah hop meningkat menjadi 25, menunjukkan bahwa paket data menempuh rute alternatif yang lebih panjang melalui jaringan cadangan.

Meskipun terjadi peningkatan jumlah hop, seluruh paket data tetap berhasil mencapai tujuan tanpa kehilangan (packet loss). Hal ini membuktikan bahwa mekanisme failover pada konfigurasi Unequal Load Balance bekerja dengan baik dalam menjaga konektivitas jaringan. Sistem mampu melakukan perpindahan rute secara otomatis tanpa memutus aliran data secara permanen, sehingga availability jaringan tetap terjaga.

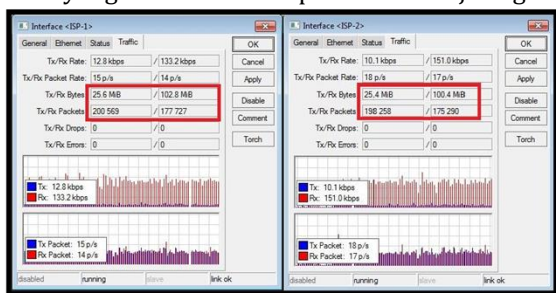
Secara analitis, peningkatan jumlah hop menggambarkan perbedaan rute antara ISP utama dan cadangan, tetapi tidak berdampak negatif terhadap stabilitas koneksi. Mekanisme ini menegaskan bahwa penerapan metode Unequal Load Balance tidak hanya mengatur pembagian trafik berdasarkan kapasitas jalur,

tetapi juga menyediakan keandalan jaringan (reliability) melalui proses failover yang responsif.

3.3. Pengujian Efektifitas Penyetaraan Beban pada Gateway ISP

Pengujian efektivitas penyetaraan beban dilakukan untuk menilai kemampuan sistem Unequal Load Balance dalam mendistribusikan trafik jaringan antara dua jalur ISP, yaitu ISP1 (Iconnet) dan ISP2 (Indiehome). Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa beban lalu lintas (traffic load) dapat tersebar secara proporsional sesuai kapasitas bandwidth masing-masing ISP.

Pemantauan dilakukan melalui aplikasi Winbox dengan menggunakan fitur Interface List, yang menampilkan jumlah paket dan volume data yang melewati setiap antarmuka jaringan.



Gambar 8. Grafik Koneksi Pada Tiap Gateway ISP

TABEL I. TABEL PERBANDINGAN PENYEBARAN PAKET DATA

Gateway	Jumlah Paket (packets)		Ukuran Paket (Kb)	
	Tx	Rx	Tx	Rx
ISP-1	200569	177727	26214.4	105267.2
ISP-2	198258	175290	26009.6	102809.6

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 8 dan Tabel 1, terlihat bahwa distribusi trafik antara kedua gateway hampir seimbang, dengan selisih rata-rata kurang dari 2%. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme Unequal Load Balance berhasil mendistribusikan trafik secara proporsional sesuai dengan kapasitas tiap jalur.

Distribusi yang hampir merata ini mengindikasikan bahwa rasio pembagian beban 2:1 yang dikonfigurasi pada router Mikrotik berfungsi dengan baik. Jalur dengan kapasitas bandwidth lebih besar (ISP1) menanggung porsi trafik sedikit lebih tinggi, sedangkan ISP2 berperan sebagai penyeimbang beban secara dinamis.

Secara analitis, hasil ini memperkuat efektivitas metode Unequal Load Balance dalam mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya jaringan. Tidak ditemukan dominasi beban pada salah satu jalur, dan penggunaan bandwidth kedua ISP berada pada tingkat efisiensi yang seimbang. Kondisi ini mendukung stabilitas koneksi dan mengurangi risiko bottleneck pada jaringan, yang menjadi salah satu tujuan utama penelitian.

3.4. Pengujian Performa Load balancing

Pengujian performa load balancing dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas dan efisiensi koneksi jaringan setelah penerapan metode Unequal Load Balance. Pengujian ini menggunakan situs Speedtest.net untuk mengukur parameter utama yaitu ping (latensi), download speed, dan upload speed. Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan koneksi dan mendistribusikan trafik secara optimal pada kedua ISP tanpa menurunkan kualitas layanan.

TABEL II. PENGUJIAN SEBELUM IMPLEMENTASI LOAD BALANCING

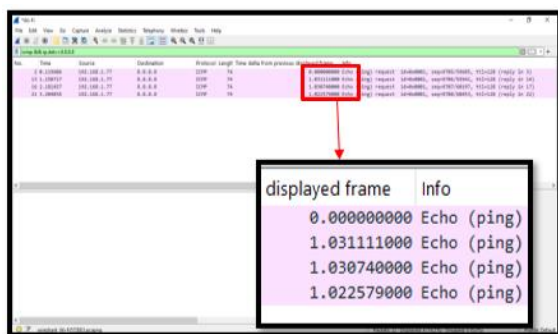
Pengujian	ICONNET			INDIEHOME		
	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	148	0.26	0.05	442	0.20	0.07
2	331	0.22	0.08	392	0.15	0.05
3	223	0.26	0.06	474	0.16	0.06
4	143	0.17	0.10	578	0.13	0.09
5	235	0.25	0.07	286	0.21	0.07

TABEL III. PENGUJIAN SETELAH IMPLEMENTASI LOAD BALANCING

Pengujian	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	28	0.22	0.09
2	20	0.30	0.05
3	26	0.27	0.07
4	19	0.31	0.05
5	35	0.30	0.05

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dan Tabel 3, terlihat adanya peningkatan performa jaringan setelah penerapan load balancing. Sebelum implementasi, nilai ping berada pada rentang 143–578 ms, menunjukkan adanya latensi yang tinggi dan ketidakstabilan

Packet Loss (%)	0	0	Tidak terjadi kehilangan paket
Delay (ms)	0.77	0.77	Stabil
Jitter (ms)	0.342	0.342	Stabil



Gambar 12. Visualisasi hasil analisis QoS menggunakan Wireshark

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode Unequal Load Balance tidak menurunkan kualitas layanan jaringan secara signifikan. Meskipun terjadi sedikit penurunan pada nilai Throughput, parameter Packet Loss, Delay, dan Jitter tetap stabil. Kondisi ini menandakan bahwa sistem mampu menjaga kestabilan performa jaringan dan menjamin kualitas layanan tetap berada dalam batas normal.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode Unequal Load Balance pada jaringan SMKN 1 Lubuklinggau berhasil meningkatkan efisiensi distribusi trafik antar-ISP, menjaga stabilitas koneksi, dan meningkatkan ketersediaan jaringan melalui mekanisme failover. Meskipun terdapat sedikit penurunan throughput sekitar 7%, parameter QoS lainnya seperti packet loss (0%), delay (0.77 ms), dan jitter (0.34 ms) tetap stabil, menandakan bahwa metode ini tidak menurunkan kualitas layanan jaringan secara signifikan.

Selain itu, penerapan metode ini memberikan implikasi praktis bagi manajemen jaringan di lingkungan pendidikan, yaitu bahwa penggunaan dua ISP dengan kapasitas berbeda dapat dioptimalkan tanpa perlu peningkatan infrastruktur besar. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi institusi pendidikan lain yang

menghadapi kendala serupa dalam pengelolaan multi-ISP.

4.2. Saran

- Mengembangkan pengujian pada skala jaringan yang lebih besar atau menggunakan beragam tipe perangkat router untuk melihat konsistensi kinerja metode Unequal Load Balance.
- Mengkombinasikan metode Unequal Load Balance dengan teknik manajemen bandwidth lain seperti Queue Tree atau Hierarchical Token Bucket (HTB) untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth.
- Menambahkan sistem monitoring otomatis berbasis open source (misalnya Zabbix atau The Dude) agar performa load balancing dapat dipantau secara real-time dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat.
- Mengintegrasikan proxy server eksternal (misalnya Squid) untuk caching konten agar kecepatan akses internet meningkat, sesuai dengan rekomendasi optimalisasi dari penelitian ini.

Daftar Pustaka:

- J. A. Baba, Implementasi Jaringan Load Balancing dengan 4 WAN Menggunakan Metode Per Connection Classifier pada PT. Masa Kini Mandiri, Jurnal Informatika dan Teknologi Pendidikan, STMIK Pringsewu, 2021. <https://jurnal.stmikpringsewu.ac.id/index.php/jitp/article/view/132>
- C. K. Wilujeng, Implementasi Firewall Filter Rules Sebagai Filtering Content Pada Jaringan Komputer Menggunakan Mikrotik, JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), Universitas Singaperbangsa Karawang, 2024. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/jati/article/view/6789>
- A. I. Mawali, Implementasi Load Balancing dan Failover Pada Jaringan Internet Hotel Puri Indah Dengan Metode NTH, Mercurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika, STMIK Lombok, 2024. <https://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/mercurius/article/view/1137>
- S. Indratno, Implementasi Load Balancing Pada Mikrotik Menggunakan Metode ECMP (Studi Kasus: STIE Gentiaras Bandar Lampung), Teknologi Pintar, 2023.

- <https://ejournal.teknologipintar.com/index.php/teknologipintar/article/view/1042>
- [5] S. A. Wibowo, M. F. Alfiansyah, and R. Pratama, "Optimizing Internet Speed Using PCC Method on Multi-WAN Networks with Mikrotik Router," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 3, pp. 145–152, 2022. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2022.145>
- [6] A. Kurniawan and F. R. Hidayat, "Implementation of Nth Load Balancing Method to Improve Network Quality of Service in Vocational Schools," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2021. <https://jti.polibatam.ac.id/index.php/jti/article/view/342>
- [7] M. Bagus, Y. Mulyanto, N. D. Sofya, and Yuliadi, "Penerapan Hierarchical Token Bucket (HTB) dalam Manajemen Bandwidth untuk Meningkatkan Quality of Service (QoS) pada SMKN 1 Alas," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 7, no. 1, pp. 174–180, 2024. <http://ejournal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/1168>
- [8] N. Iman, C. R. Hassolthine, and R. Sahara, "Sistem Monitoring Topologi Jaringan Load Balancing Berbasis Open Source Zabbix," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 7, no. 1, pp. 27–32, 2024. <http://ejournal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/1137>
- [9] M. F. Zurkarnaen and M. I. Isnaini, "Implementasi Load Balancing dengan Metode Equal Cost Multi-Path," *JIRE (Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 1, no. 1, pp. 13–17, 2018. <http://ejournal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/26>
- [10] T. Hidayat and D. Rahman, "Analisis Optimasi Kinerja Router Menggunakan Metode PCC dan ECMP," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 2, pp. 112–119, 2021. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jitik/article/view/2319>
- [11] S. R. Fauzan and E. Nugraha, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Queue Tree untuk Peningkatan QoS," *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 8, no. 3, pp. 45–52, 2022.
- [12] R. Setiawan and L. Hidayati, "Analisis Implementasi Load Balancing untuk Jaringan Multi-ISP di Lingkungan Kampus," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 6, no. 4, pp. 78–85, 2020.
- [13] B. Rahman, "Penerapan Metode PCC Load Balancing pada Router Mikrotik untuk Optimalisasi Trafik," *Jurnal Komputer dan Telekomunikasi*, vol. 12, no. 1, pp. 33–40, 2021. <https://journal.undiksha.ac.id/index.php/jkt/article/view/4513>
- [14] D. F. Anshori and A. Widodo, "Perbandingan Metode Load Balancing NTH dan PCC pada Mikrotik Router," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 97–104, 2022.
- [15] H. Prasetyo, "Evaluasi Kinerja Metode ECMP untuk Load Balancing pada Jaringan Multi-Gateway," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 21–28, 2023.
- [16] Y. Saputra and I. F. Maulana, "Implementasi NDLC dalam Penerapan Load Balancing untuk Optimalisasi Trafik Data Sekolah," *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi*, vol. 10, no.