

PENERAPAN LOAD BALANCE PCC DAN ECMP DALAM PENGGUNAAN AKSES JARINGAN INTERNET SETIAP HARI

IMPLEMENTATION OF PCC AND ECMP LOAD BALANCE IN DAILY INTERNET NETWORK ACCESS USAGE

Rifky Setiawan Putra¹, Jefri Alfa Razaq²

Falkutas Teknik Informatika, Universitas Stikubank Semarang^{1,2}

Rifkysetiawan2000@gmail.com¹

ABSTRACT

This research aims to compare two load balancing methodologies commonly used in computer networks, namely Per Connection Classifier (PCC) and Equal-Cost Multi-Path (ECMP). Load balancing is an important technique in computer networks to distribute traffic efficiently to improve network performance. In this research, we conducted a comprehensive analysis of the characteristics, advantages, and weaknesses of the two load balancing methodologies. We also conducted a series of experiments using network simulations to compare the performance and effectiveness of PCC and ECMP in dealing with high traffic loads.

Keywords: Load balancing, Per Connection Classifier (PCC), Equal-Cost Multi-Path (ECMP), Computer Network, Network Performance.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metodologi load balancing yang umum digunakan dalam jaringan komputer, yaitu Per Connection Classifier (PCC) dan Equal-Cost Multi-Path (ECMP). Load balancing merupakan teknik yang penting dalam jaringan komputer untuk mendistribusikan lalu lintas secara efisien guna meningkatkan kinerja jaringan. Dalam penelitian ini, kami melakukan analisis komprehensif terhadap karakteristik, kelebihan, dan kelemahan dari kedua metodologi load balancing tersebut. Kami juga melakukan serangkaian eksperimen menggunakan simulasi jaringan untuk membandingkan kinerja dan efektivitas PCC dan ECMP dalam mengatasi beban lalu lintas yang tinggi.

Kata Kunci: Load balancing, Per Connection Classifier (PCC), Equal-Cost Multi-Path (ECMP), Jaringan Komputer, Kinerja Jaringan.

PENDAHULUAN

Jaringan internet telah menjadi infrastruktur kritis dalam kehidupan modern (Budiman, 2020). Semakin banyaknya perangkat yang terhubung ke internet dan pertumbuhan pesat dalam jumlah data yang dipertukarkan melalui jaringan ini menimbulkan tantangan besar dalam menjaga performa dan keandalan jaringan. Pada hal ini, load balancing (penyeimbangan beban) menjadi opsi penting yang digunakan untuk mendistribusikan lalu lintas jaringan secara merata di antara berbagai jalur atau sumber daya jaringan yang tersedia (Riskiono, 2020). Load Balancing PCC (Per Connection Classifier) adalah salah satu metode load balancing yang telah digunakan secara luas dalam jaringan (Aji, 2019). Metode ini bekerja dengan membagi

lalu lintas jaringan berdasarkan koneksi atau aliran data individual. Dengan kata lain, setiap koneksi atau aliran data diberikan prioritas yang berbeda dan didistribusikan ke berbagai jalur sesuai dengan kebijakan yang telah ditentukan. Load Balancing ECMP (Equal-Cost Multi-Path) adalah metode load balancing lain yang berfokus pada distribusi lalu lintas berdasarkan rute yang tersedia dengan biaya yang sama (Anwar, 2019). Dalam metode ini, lalu lintas jaringan dibagi secara merata di antara beberapa jalur yang memiliki biaya (cost) yang setara. Ini memungkinkan penggunaan efisien dari sumber daya jaringan yang tersedia. Analisis perbandingan antara Load Balancing PCC dan Load Balancing ECMP dapat membantu administrator jaringan dan penyedia layanan internet dalam membuat

keputusan yang lebih baik dalam mengelola lalu lintas jaringan dan meningkatkan pengalaman pengguna. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi panduan bagi peneliti yang tertarik dalam mengembangkan metode load balancing yang lebih efektif dan efisien di masa depan.

LANDASAN TEORI

1. Pengaruh Dalam Penggunaan

membantu untuk memilih dan mengimplementasikan metode load balancing yang paling sesuai dengan kebutuhan jaringan. Hal ini dapat meningkatkan kinerja jaringan perusahaan, mengurangi latensi, dan memastikan pengalaman pengguna yang lebih baik saat mengakses layanan online yang disediakan.

Hipotesis 1: Kemudahan Dalam Memilih Kinerja Dalam Mengakses Layanan.

2. Pengaruh Untuk Kemanfaatan

ini akan membuka jalan bagi peneliti selanjutnya untuk memahami lebih dalam tentang load balancing dalam konteks jaringan internet. Mereka dapat memanfaatkan pengetahuan yang diperoleh dari penelitian ini sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut dalam topik ini atau topik terkait.

SHipotesis 2: pengaruh Kemanfaatan Dalam Penggunaan.

METODE

Penelitian terdahulu ini akan menjadi dasar penting dalam memahami konteks dan kerangka kerja penelitian yang penulis lakukan saat ini, serta membantu dalam membedakan kontribusi penelitian penulis dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Faisal Adam, Martanto, dan Irfan Ali pada tahun 2023 dengan judul "Analisis Perbandingan Penerapan Load Balancing Menggunakan Per Connection Classifier dan NTH" memiliki tujuan untuk membandingkan dua metode penerapan load balancing, yakni Per Connection Classifier (PCC) dan NTH.

Penelitian yang dilakukan oleh Umar Ali Ahmad, Aliwarman Tarihoran, dan Yulianto Mardiansyah pada tahun 2021 dengan judul "Analisis Perbandingan Kinerja Load Balancing dengan Metode Pcc dan Metode ECMP Pada Mikrotik Routers" memiliki tujuan untuk membandingkan kinerja dua metode load balancing yang berbeda, yaitu Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi-Path (ECMP), dalam konteks pengoptimalan penyimpanan data pada era Big Data.

Penelitian yang dilakukan oleh Rifki Alkatiria, Erwin Gunawan, dan Santosac pada tahun 2021 dengan judul "Analisis Perbandingan Metode Load Balancing PCC dan ECMP Menggunakan Mikrotik Hap Lite Rb941" memiliki tujuan untuk mengevaluasi kualitas layanan internet dengan membandingkan dua metode load balancing, yaitu Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi-Path (ECMP), menggunakan perangkat Mikrotik Hap Lite Rb941.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengukuran

Pengukuran pengujian dilakukan pada dua tempat dengan menggunakan 2 ISP (INTERNET PROVIDER SERVICES). Parameter yang digunakan untuk mengukur QOS (*Quality of service*) adalah *paket loss*, *jitter*, *delay*, dan *throughput*. pengukuran QOS menggunakan tiga buah (3) PC Client dan dilakukan secara bersama-sama. Pengujian dilaksanakan pada tgl 7 Januari 2024 – 13 Januari 2020, pada jam 09.00 – 12.00 WIB, masing-masing dilakukan sebanyak tiga (3) kali dengan kondisi jalur yang berbeda yaitu ketika kedua jalur dengan status Hidup dan ketika salah satu mati. Kecuali throughput hanya dua (2) kali kondisi yaitu hidup mati dan mati hidup dikarenakan pada bab 3 bagian uji coba download hasil load balancing pada saat kondisi hidup-hidup gateway yang digunakan hanya 1, tidak bisa membagi pada 2 sumber koneksi dengan seimbang.

2. Delay

Delay (latency) adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik lain yang menjadi tujuannya. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Delay diperoleh dari selisih waktu kirim antara satu paket TCP dengan paket lainnya yang direpresentasikan dalam satuan second.

KATEGORI LATENSI	BESAR DELAY	INDEKS
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

$$\text{Rata-Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}}$$

3. Data Packet Loss

Packet loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh tabrakan (collision) dan congestion. Pada jaringan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi tersebut.

Kategori Degradasi	Packet Loss (%)
Sangat Bagus	0
Bagus	1 s/d 3
Sedang	4 s/d 15
Jelek	16 s/d 25

Rumus untuk menghitung packet loss :

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Data Yang Dikirim} - \text{Data Yang Diterima}}{\text{Paket Data Yang Dikirim}} \times 100 \%$$

4. Data Jitter

Jitter atau variasi kedatangan paket, diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan jitter. Jitter biasanya disebut variasi delay, berhubungan erat dengan latency, yang

menunjukkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan.

Kategori Latensi	Jitter (ms)
Sangat Bagus	0
Bagus	1 s/d 75
Sedang	76 s/d 125
Jelek	126 s/d 225

Rumus untuk menghitung jitter :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{TOTAL VARIASI DELAY}}{\text{TOTAL PAKET DITERIMA}-1}$$

1. Data Throughput

Throughput adalah bandwidth aktual, diukur dalam satuan waktu tertentu dan dalam kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk mentransfer file dengan ukuran tertentu. Faktor yang mempengaruhi throughput ada banyak seperti jenis data yang akan dikirim, spesifikasi dalam komputer, perangkat jaringan, cuaca, dan lain sebagainya.

IMPLEMENTASI

Dalam tahap implementasi ini, akan menerapkan konfigurasi jaringan yang telah direncanakan sebelumnya untuk menguji teknik load balancing PCC (Per Connection Classifier) dan ECMP (Equal-Cost Multi-Path) pada dua sumber internet (ISP). Pertama-tama, penulis akan menginstal dan mengonfigurasi MikroTik RouterOS versi 4.5 pada platform VirtualBox sesuai dengan spesifikasi perangkat keras yang telah disediakan. Setelah itu, router MikroTik akan dihubungkan dengan ISP 1 dan ISP 2 menggunakan interface Ether 1 dan Ether 2 dengan konfigurasi alamat IP yang sesuai. Kemudian, penulis akan menerapkan pengaturan load balancing PCC dan ECMP pada router MikroTik untuk membagi lalu lintas antara kedua ISP dengan cara yang telah direncanakan. Konfigurasi ini akan mencakup pembuatan aturan-aturan yang memungkinkan pemilihan jalur yang sesuai berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Selanjutnya, penulis akan menghubungkan tiga PC ke router MikroTik melalui koneksi jaringan yang sesuai. Hal ini akan

memungkinkan penulis untuk menguji distribusi lalu lintas dari PC ke dua ISP yang digunakan. Selama proses implementasi, penulis akan memastikan bahwa semua komponen jaringan beroperasi dengan baik dan sesuai dengan rencana desain. Selain itu, penulis juga akan mempersiapkan perangkat lunak dan alat yang diperlukan untuk analisis kinerja yang akan dilakukan pada tahap selanjutnya. Tahap implementasi ini akan menjadi dasar untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk melakukan analisis kinerja dan perbandingan antara teknik load balancing PCC dan ECMP, serta untuk menguji beban CPU load yang dihasilkan selama penggunaan teknik tersebut.

Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada datu tempat dengan menggunakan 2 ISP (INTERNET PROVIDER SERVICES) . Parameter yang digunakan untuk mengukur QOS (*Quality of service*) adalah *paket loss*, *jitter*, *delay*, dan *throughput*. pengukuran QOS pengukuran QOS menggunakan tiga buah (3) PC Client dan dilakukan secara bersama-sama. Pengujian dilaksanakan pada tgl 7 Januari 2024 – 13 Januari 2020, pada jam 09.00 – 12.00 WIB, masing-masing dilakukan sebanyak tiga (3) kali dengan kondisi jalur yang berbeda yaitu ketika kedua jalur dengan status Hidup dan ketika salah satu mati. Kecuali throughput hanya dua (2) kali kondisi yaitu hidup mati dan mati

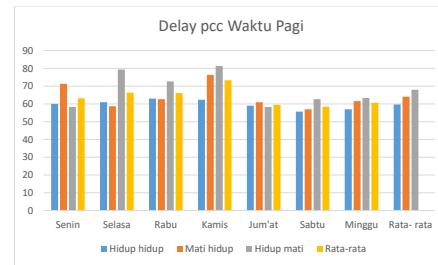
1. Delay

Delay (latency) adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik lain yang menjadi tujuannya. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses ytansmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Delay diperoleh dari selisih waktu kirim antara satu paket TCP dengan paket lainnya yang direpresentasikan dalam satuan second.

Skenario	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu	Rata-rata
Hidup hidup	60,00	61,00	63,00	62,33	59,00	55,67	57,00	59,71
Mati hidup	71,33	58,67	62,67	76,33	61,00	57,00	61,67	64,09
Hidup mati	58,33	79,33	72,67	81,33	57,33	62,67	63,33	67,99
Rata-rata	63,22	63,33	66,11	73,33	59,44	58,44	60,66	

gambar Tabel dapat dilihat nilai delay

hidup-hidup (HH), mati-hidup (MH), hidup-mati (HM).



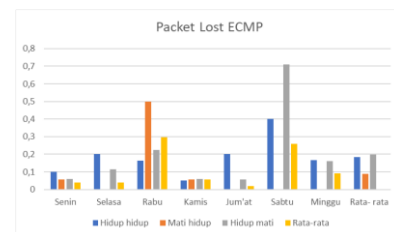
Gambar 4.3.1 Grafik Hasil Perhitungan Delay

1. Packet loss

Packet loss adalah banyaknya paket yang hilang pada suatu jaringan paket yang disebabkan oleh tabrakan (collision) dan congestion. Pada jaringan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi tersebut

Skenario	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu	Rata-rata
Hidup hidup	0,1	0,2	0,165	0,052	0,2	0,4	0,166	0,183286
Mati hidup	0,057	0	0,5	0,056	0	0	0	0,087571
Hidup mati	0,059	0,114	0,225	0,059	0,058	0,71	0,16	0,197857
Rata-rata	0,039	0,039	0,297	0,056	0,019	0,26	0,092	

gambar Tabel dapat dilihat nilai delay



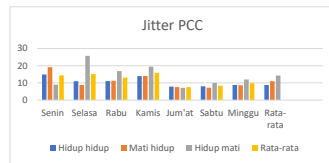
Gambar Grafik Hasil Perhitungan Packet loss

2. Data Jitter

Jitter atau variasi kedatangan paket, diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan jitter. Jitter biasanya disebut variasi delay, berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan.

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu	Rata-rata
Hidup hidup	14,89	10,93	11,07	13,92	7,82	7,96	8,78	8,78
Mati hidup	19,14	8,73	11,22	14,03	7,54	7,22	8,61	10,927
Hidup mati	9	25,69	16,83	19,46	7,12	9,93	11,99	14,289
Rata-rata	14,343	15,117	13,04	15,803	7,493	8,37	9,793	

gambar Tabel dapat dilihat nilai jitter



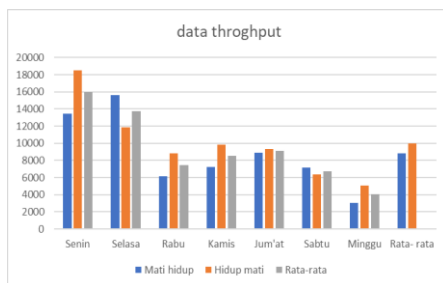
Gambar Grafik Nilai Jitter

2.Data Throughput

Throughput adalah bandwidth aktual, diukur dalam satuan waktu tertentu dan dalam kondisi jaringan tertentu yang digunakan untuk mentransfer file dengan ukuran tertentu. Faktor yang mempengaruhi throughput ada banyak seperti jenis data yang akan dikirim, spesifikasi dalam komputer, perangkat jaringan, cuaca, dan lain sebagainya.

Skenario	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu	Rata-rata
Mati hidup	13480	15610	6170	7240	8910	7150	3060	8802,86
Hidup mati	18480	11880	8790	9860	9300	6330	5090	9961,43
Rata-rata	15980	13745	7480	8550	9105	6740	4075	

Gambar Nilai Tabel Nilai Throughput



Gambar Grafik Nilai Throughput

PENGUJIAN

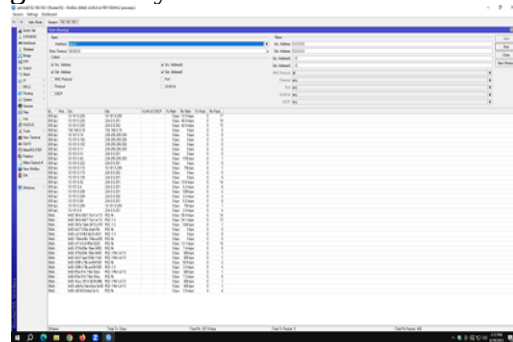
Pada tahap uji coba, penulis akan mengukur sejauh mana sistem yang telah dibangun dapat berjalan secara optimal, dengan cara melihat unjuk kerja sistem *load balancing* serta melihat kualitas jaringan yang digunakan pada *load balancing*.

Pengujian Browsing

Pada tahap pengujian *browsing* ini penulis akan melakukan *browsing* menggunakan PC *client* dengan situs yang dituju mengacu pada Perancangan Uji Coba. Kegiatan ini sebagai sample aktifitas

browsing dari client. Karena sifat PCC yang akan mengingat jalur yang telah dilewati diawal trafik koneksi.

Hasil dan pembahasan memaparkan hasil penelitian ataupun analisis yang diperoleh. Berbagai fakta serta fenomena yang dianggap penting dapat dijabarkan lebih lanjut pada bagian ini. Setelah itu, dilanjutkan dengan pembahasan secara mendalam dengan menyebutkan temuan atau keponiran gagasan beserta signifikansinya.



Gambar Pengujian Ping untuk Browser

Pengujian Download

Pengujian download untuk mengetahui sejauh mana dalam untuk membagi beban koneksi.



Pengujian Upload

Pengujian Ini untuk Mengetahui Sejahter mana Kecepatan Dalam Mengirim Sebuah Data



Pengujian Failover

Pengujian *failover* berguna untuk mengetahui perilaku sistem jika terjadi pemutusan koneksi pada salah satu jalur koneksi, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pengujian ini terdiri dari tiga bagian yaitu pengujian pada protokol ICMP, TCP dan UDP. Pada pengujian protokol ICMP, dilakukan dengan cara salah satu client melakukan Ping ke suatu situs yang telah ditentukan yaitu *www.usm.ac.id* kemudian memutus salah satu jalur dengan cara *men-disable* interface yang digunakan sebagai *gateway* pada saat melakukan Ping.

```

Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=61ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=55ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=95ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=67ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=60ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=91ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=68ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=80ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=73ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=83ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=83ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=71ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=81ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=87ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=75ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=74ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=74ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=112ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=71ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=70ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=69ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=69ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=76ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=66ms TTL=55

```

Gambar Ping Jalur Koneksi pada Ite2

```

Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=61ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=80ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=80ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=77ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=78ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=88ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=86ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=72ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=85ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=83ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=80ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=78ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=74ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=75ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=72ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=71ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=69ms TTL=55
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=66ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=55ms TTL=55
Reply from 103.134.215.4: bytes=32 time=62ms TTL=55

```

Gambar 4.8.5 Ping Setelah Pemutusan Jalur Koneksi pada Ite1

PENUTUP

1. ini telah berhasil mengidentifikasi keunggulan dan kelemahan dari dua metode load balancing, yaitu PCC dan ECMP. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan teknologi load balancing dan menjadi referensi bagi implementasi sistem jaringan yang lebih efisien dan handal.

- Implementasi yang tepat dari metode load balancing yang dipilih akan sangat bergantung pada kebutuhan spesifik dari jaringan yang akan diterapkan, termasuk pertimbangan performa, kompleksitas, dan skala jaringan.
- Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperdalam pemahaman mengenai optimasi parameter dan pengembangan algoritma load balancing yang lebih canggih untuk menghadapi tantangan jaringan di masa mendatang.

Saran

Dari hasil kesimpulan yang penulis sampaikan diatas, load balancing pada jaringan 4G LTE menggunakan metode PCC memiliki potensi yang bagus untuk dikembangkan menjadi jauh lebih baik dan lebih lengkap. Oleh karena itu maka penulis mencoba memberikan saran yang mungkin dapat berguna pada penelitian selanjutnya:

- Untuk menyeimbangkan beban yang lebih baik, sebaiknya menggunakan provider yang sama dan modem dengan spesifikasi yang sama.
- Load balancing dapat dikembangkan menggunakan lebih dari dua sumber (jalur) koneksi dan dalam pelaksanaannya diperlukan penelitian lebih lanjut.
- Penerapan load balancing sebaiknya dilengkapi dengan sistem bandwidth management jika diterapkan pada jaringan yang memiliki banyak client agar pendistribusian bandwidth merata pada setiap client.

Daftar Pustaka

- Adam, Faisal, Martanto Martanto, dan Irfan Ali. 2023. "Analisis Perbandingan Penerapan Jaringan Internet Load Balancing Menggunakan Per Connection Classifier dan Nth". *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 7.1: 197-202.
- Ahmad, Umar Ali, Aliwarman Tarihoran, dan Yuliantho Mardiansyah. 2021. "Analysis Perbandingan Kinerja Load Balace Metode Pcc dan Metode Ecmp pada Mikrotik

- Routers". *Eproceedings Of Engineering* 8.6.
- Ahmad, Umar Ali, Aliwarman Tarihoran, dan Yuliantho Mardiansyah. 2021. "Analysis Perbandingan Kinerja Load Balancing Metode Pcc dan Metode Ecmp pada Mikrotik Routers". *Eproceedings Of Engineering* 8.6.
- Aji, Galih Tegar P., Catur Iswayudi, dan Joko Triyono. 2019. "Implementasi Teknik Load Balancing Metode Per Connection Classifier (Pcc) dengan Fungsi Queue untuk Manajemen Bandwidth (Studi Kasus pada Laboratorium Komputer Jaringan, Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta)". *Jurnal Jarkom* 7.1: 1-10.
- Alkatiri, Rifki, Erwin Gunawan, dan M. Santosa. 2021. "Analisis Perbandingan Metode Load Balancing Pcc dan Ecmp Menggunakan Mikrotik Hap Late Rb941". *Jurnal Teknik Informatika (J-Tifa)* 4.1: 18-22.
- Anwar, Muhammad Khoirul, dan Ida Nurhaida. 2019. "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (Ecmp) pada Interkoneksi Jaringan". *Incomtech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer* 9.1: 39-48.
- Apriliansyah, Fahmi, Iskandar Fitri, dan Agus Iskandar. 2020. "Implementasi Load Balancing pada Web Server Menggunakan Nginx". *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika* 6.1: 18-26.
- Azhar, Raisul, Heroe Santoso, dan Bambang Krismono. 2022. "Pengaruh Implementasi Kernel Based Virtual Machine pada Server Vps terhadap Pemakaian Cpu Memory dan Harddisk". *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik* 5.1: 140-152.
- Budiman, Aprianto, M. Ficky Duskarnaen, dan Hamidillah Ajie. 2020. "Analisis Quality Of Service (Qos) pada Jaringan Internet Smk Negeri 7 Jakarta". *Pinter: Jurnal Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer* 4.2: 32-36.
- Ghozali, Imam. 2018. *Multivariate Analysis Application With Spss Program*. Semarang: Diponegoro University Publishing Agency.
- Hadi, Soiful, dan Basworo Ardi Pramono. 2022. "Analisa Komparasi Metode Pembagian Trafik Jaringan (Load Balancing) Antara Metode Pcc dan Metode Ecmp: Studi Kasus pada Jaringan Usn". *Indonesian Journal Of Computer Science* 11.3.
- Herryanto, Dodi. 2019. "Membuat Web Server Menggunakan Dinamic Domain Name System dan Routers Mikrotik Os pada Ip Dinamis". *Jurnal Informatika dan Komputer (Jik)* 10.2: 80-90.
- Hikam, Muhamad, dan Raka Yusuf. 2021. "Analisis Implementasi Cos untuk Mengatasi Masalah Delay, Jitter, Packetloss Menggunakan Cbwfq Pcq". *Network Engineering Research Operation* 6.2: 121-132.
- Komarlah, Aan, Djam'An Satori. 2014. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Kurniawan, Hamid, Et Al. 2020. "Penerapan Metode Waterfall dalam Perancangan Sistem Informasi Penggajian pada Smk Bina Karya Karawang". *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi* 14.4: 159-169.
- Kusbandono, Hendrik, dan Eva Mirza Syafitri. 2019. "Penerapan Quality Of Service (Qos) dengan Metode Pcq untuk Manajemen Bandwidth Internet pada Wlan Politeknik Negeri Madiun". *Research: Journal Of Computer, Information System & Technology Management* 2.1: 7-12.
- Leman, Dedi. 2019. "Load Balancing 2 Jalur Internet Menggunakan Mikrotik

- Round Robin". *Riau Journal Of Computer Science* 5.2: 137-143.
- Mulyanto, Yudi, dan Akbar Algi Fari. 2022. "Analisis Keamanan Login Router Mikrotik dari Serangan Bruteforce Menggunakan Metode Penetration Testing (Studi Kasus: Smk Negeri 2 Sumbawa)". *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)* 4.3: 145-155.
- Notoatmodjo, S. 2018. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Cetakan Ketiga. Jakarta: Pt Rineka Cipt.
- Nugroho, Kurnianto Tri, dkk. 2023. "Quality Analysis Of Service Load Balancing Using Pcc, Ecmp, dan Nth Methods". *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: Janapati* 12.1.
- Nurchahyo, Azriel Christian, Ema Utami, dan Suwanto Raharjo. 2019. "Analisis Perbandingan Simulasi Load Balance Menggunakan Metode Ecmp dan Pcc pada Penerapan Kongesti Manajemen Bandwidth Htb (Studi Kasus: Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta)". *Informasi Interaktif* 4.2: 84-93.
- Pakiding, Reza, Catur Iswahyudi, dan Renna Yanwastika Ariyana. 2021. "Simulasi Perbandingan Load Balancing dengan Metode Pcc, Ecmp, dan Nth Menggunakan Gns3". *Jurnal Jarkom* 9.1: 29-29.
- Prihantoro, Cahyo, Agung Kharisma Hidayah, dan Sandhy Fernandez. 2021. "Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Jaringan Internet Universitas Muhammadiyah Bengkulu". *Just Ti (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)* 13.2: 81.
- Riskiono, Sampurna Dadi, dan Dedi Darwis. 2020. "Peran Load Balancing dalam Meningkatkan Kinerja Web Server di Lingkungan Cloud". *Krea-Tif: Jurnal Teknik Informatika* 8.2: 1-8.
- Sugiarto, M. 2017. *Metodologi Penelitian Bisnis*. Yogyakarta: Penerbit. And.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&A*. Bandung: Alfabeta, C.
- Tantoni, Ahmad, Mohammad Taufan Asri Zaen, dan Lalu Mutawalli. 2022. "Komparasi Qos Load Balancing pada 4 Line Internet dengan Metode Pcc, Ecmp dan Nth". *Jurnal Media Informatika Budidarma* 6.1: 110-119.
- Wahid, Aceng Abdul. 2020. "Analisis Metode Waterfall untuk Pengembangan Sistem Informasi". *J. Ilmu-Ilmu Inform. dan Manaj. Stmik*, No. November: 1-5.
- Warman, Indra, dan Ahmad Hanafi. 2019. "Analisa Perbandingan Kinerja Generic Routing Encapsulation (Gre) Tunnel dengan Point To Point Protocol Over Ethernet (Pppoe) Tunnel Mikrotik Routeros". *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang* 7.1: 58-66.
- Wijaya, Nerissa Hansa, dan Billy Susanto Panca. 2020. "Analisis Litensi Metode Pcc, Nth dan Ecmp untuk Load Balance dan Failover". *Jurnal Strategi-Jurnal Maranatha* 2.1: 177-189.
- Yuliansyah, Atri. 2022. "Implementasi Jaringan Mikrotik Router Sebagai User Manager Berbasis Virtual Machine untuk Menciptakan Internet Sehat". *Jurnal Teknologi Pintar* 2.8