

LOAD BALANCING DENGAN METODE PCC (PER CONNECTION CLASSIFIER) PADA SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN NEGERI 1 PALOPO

Hendrawan^{1*}, Dasril², Muhlis Muhallim³, Mukramin⁴, Hisma Abduh⁵, Vaira Indah Wahyuni⁶

^{1,2}Teknik Informatika/Universitas Andi Djemma; Jl. Tandipau, Kota Palopo;

Received: 17 Januari 2025
Accepted: 17 Maret 2025
Published: 14 April 2025

Keywords:

Load balancing, Per Connection Classifier, jaringan, efisiensi, SMKN 1 Palopo.

Correspondent Email:

hendrawanhati@gmail.com

Abstrak. Sistem load balancing merupakan salah satu teknik untuk mendistribusikan beban jaringan secara merata di antara beberapa server atau jalur akses internet, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kinerja jaringan. Pada penelitian ini, diterapkan metode Per Connection Classifier (PCC) untuk mengoptimalkan load balancing di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Palopo. PCC adalah metode yang membagi lalu lintas jaringan berdasarkan koneksi individual, sehingga memungkinkan pengelolaan distribusi beban yang lebih efisien dan tepat sasaran. Dengan menggunakan metode ini, setiap koneksi akan diarahkan ke jalur yang berbeda sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan koneksi tersebut. Hasil dari implementasi ini menunjukkan bahwa metode PCC mampu meningkatkan kualitas layanan jaringan di SMKN 1 Palopo, terutama dalam hal stabilitas koneksi dan efisiensi penggunaan bandwidth. Analisis kinerja yang dilakukan meliputi pengukuran throughput, latency, dan packet loss. Kesimpulannya, metode PCC terbukti efektif dalam mendistribusikan beban jaringan secara dinamis dan adaptif, sehingga meningkatkan kinerja keseluruhan jaringan sekolah.

Abstract. Load balancing systems are one of the techniques used to evenly distribute network load among several servers or internet access paths, with the aim of improving network efficiency and performance. In this study, the Per Connection Classifier (PCC) method is applied to optimize load balancing at Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Palopo. PCC is a method that divides network traffic based on individual connections, allowing for more efficient and targeted load distribution management. By using this method, each connection will be directed to a different path according to the characteristics and needs of that connection. The results of this implementation show that the PCC method is capable of improving the quality of network services at SMKN 1 Palopo, particularly in terms of connection stability and bandwidth usage efficiency. The performance analysis conducted includes the measurement of throughput, latency, and packet loss. In conclusion, the PCC method has proven effective in dynamically and adaptively distributing network load, thereby improving the overall performance of the school network.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi saat ini yang sangat pesat sejalan dengan penambahan kebutuhan layanan masyarakat yang cepat, efektif dan efisien. Begitu halnya dengan teknologi komunikasi data, berawal dari koneksi antara satu komputer dengan beberapa komputer lainnya yang berupa networking komputer. Jaringan komputer era sekarang ini

adalah bagian dari suatu fasilitas yang sangat dibutuhkan. Dalam artian bahwa jaringan komputer memiliki suatu yang lebih menguntungkan daripada perangkat komputer yang berdiri-sendiri (*standalone*).

Kebutuhan komunikasi sangat penting seiring dengan kemajuan dan perkembangan teknologi komunikasi data yang semakin berkembang pesat. Dalam memenuhi

kebutuhan akan teknologi komunikasi data, administrator jaringan harus bijak dalam memilih *Internet Service Provider* (ISP) yang akan kita gunakan. Menggunakan dua ISP atau lebih dapat dijadikan solusi untuk memenuhi kebutuhan internet. *Load balancing* merupakan salah satu teknik routing yang dapat memanfaatkan beberapa ISP untuk dapat digunakan secara bersamaan atau saling membackup jika ISP lainnya *down* atau bermasalah. Ada berbagai metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode *Per Connection Classifier* (PCC).

SMK Negeri 1 Palopo telah menerapkan dan memanfaatkan jaringan internet yaitu jaringan internet yang dipasang demi kenyamanan para guru dan staf pegawai yang ada pada sekolah, dimana dalam penerapan jaringan internet masih menggunakan satu sumber internet untuk digunakan pada lingkungan sekolah. Adapun kecepatan *bandwidth* yang ada pada saat ini yaitu 30 Mbps untuk digunakan staff dan guru sedangkan 10 Mbps untuk laboratorium.

Namun seringkali terjadi permasalahan pada jaringan komputer atau internet yang dapat menghambat pekerjaan yang dilakukan oleh para guru dan staf sekolah, permasalahan-permasalahan tersebut antara lain seperti proses *upload* maupun *download* file dari internet terasa lambat, tidak bisa berkirim email dengan lancar, koneksi sering mengalami *time-out*, terjadi *downtime* jaringan yang cukup lama, maupun kepadatan *traffic* pada jaringan yang dapat menyebabkan kehandalan jaringan menjadi berkurang. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu solusi yang dapat mengatasi semua permasalahan tersebut. Salah satu solusi yang bisa diberikan untuk menjawab permasalahan tersebut yaitu menerapkan metode *load balancing* pada jaringan dengan menggunakan perangkat *router mikrotik*.

Oleh karena itu dibutuhkan perancangan dan implementasi dengan menggunakan dua layanan ISP dengan metode *load balancing* PCC agar tidak terjadi gagalnya koneksi karena hanya menggunakan satu layanan servis internet dan membagi beban *traffic* pada ISP. *Load balancing* merupakan salah satu teknik routing yang dapat memanfaatkan beberapa sumber daya internet untuk dapat digunakan secara bersamaan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis terdorong untuk mengambil tugas akhir yang

berjudul “*Load Balancing* dengan Metode PCC (*Per Connection Classifier*) Pada SMK Negeri 1 Palopo”, agar tidak terjadi gagalnya koneksi karena hanya menggunakan satu layanan servis internet dan membagi beban *traffic* pada ISP

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Teori

Kajian teori berisi topik-topik yang akan di bahas dalam penyusunan proposal ini, penulis akan menjelaskan materi-materi yang akan berhubungan dengan judul penelitian yang telah diajukan penulis.

2.2. Defenisi Rancangan

desain atau perancangan dalam pembangunan perangkat lunak merupakan upaya untuk mengonstruksi sebuah sistem yang memberikan kepuasan (mungkin informal) akan spesifikasi kebutuhan fungsional, memenuhi target, memenuhi kebutuhan secara implisit atau eksplisit dari segi performansi maupun penggunaan sumberdaya, kepuasan batasan pada proses desain dari segi biaya, waktu, dan perangkat[1].

perancangan atau rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menterjemahkan hasil analisa dan sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem di implementasikan[2].

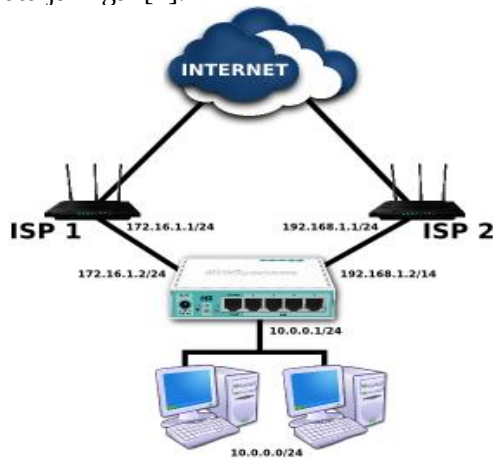
Dapat disimpulkan bahwa perancangan adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada baik secara keseluruhan maupun sebagian.

2.3. Load Balancing

Load Balancing adalah proses pendistribusian beban terhadap sebuah servis yang ada pada sekumpulan server atau perangkat jaringan ketika ada permintaan dari pengguna. Ketika banyak permintaan dari pengguna maka server tersebut akan terbebani karena harus melakukan proses pelayanan terhadap permintaan pengguna[3].

Solusi yang cukup bermanfaat adalah dengan membagi beban yang datang ke beberapa server, Jadi tidak berpusat ke salah satu server jaringan saja. Teknologi itulah yang disebut Teknologi *Load Balancing*. Dengan teknologi *Load Balancing* maka dapat

diperoleh keuntungan seperti menjamin reabilitas servis, availabilitas dan skalabilitas suatu jaringan[4].



Gambar 1 Load Balancing 2 ISP

Load balancing adalah teknik untuk mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang, agar trafik dapat berjalan optimal, dan menghindari *overload* pada salah satu jalur koneksi[5].

2.4. Metode PCC

Load Balancing dengan menggunakan konsep PCC ini adalah teknik untuk mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi supaya seimbang, agar trafik dapat berjalan optimal, memaksimalkan *throughput*, memperkecil waktu tanggap dan menghindari *overload* pada salah satu jalur koneksi. Kelebihan yang dimiliki metode PCC adalah mampu menspesifikasikan *gateway* untuk tiap paket data yang masih berhubungan dengan data yang sebelumnya sudah dilewatkan pada salah satu *gateway*. Sementara kekurangan dari metode ini lebih memungkinkan beresiko terjadi *overload* pada salah satu *gateway* yang disebabkan oleh pengaksesan situs yang sama[6].

Per Connection Classifier (PCC) merupakan metode yang mengspesifikasikan suatu paket menuju *gateway* suatu koneksi tertentu. PCC mengelompokkan trafik koneksi yang keluar masuk router menjadi beberapa kelompok. Pengelompokan ini bisa dibedakan berdasarkan *src-address*, *dst-address*, *src-port* dan *dst-port*. Mikrotik akan mengingat-ingat jalur *gateway* yang telah dilewati di awal trafik koneksi. Sehingga pada paket-paket data

selanjutnya yang masih berkaitan akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama dengan paket data sebelumnya yang sudah dikirim[7].

PCC merupakan metode yang mengelompokkan trafik koneksi melalui atau keluar masuk router menjadi beberapa kelompok. Pengelompokan ini bisa dibedakan berdasarkan *src-address*, *dst-address*, *src-port* dan atau *dst-port*. Router akan menyimpan informasi tentang jalur *gateway* yang dilewati data tiap trafik koneksi, sehingga pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan paket data sebelumnya akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama juga[8].

2.5. Bandwidth

Bandwidth adalah suatu nilai konsumsi transfer data yang dihitung dalam bit/detik atau yang biasanya di sebut dengan *bit per second* (bps), antara *server* dan *client* dalam waktu tertentu. Atau bisa didefinisikan sebagai lebar cakupan frekuensi yang dipakai oleh sinyal dalam medium transmisi[9].

Manajemen *Bandwidth* adalah proses mengukur dan mengontrol komunikasi (lalu lintas paket) pada *link* jaringan, untuk menghindari mengisi link untuk kapasitas atau *overflowing link*, maksud dari manajemen bandwidth ini adalah bagaimana kita menerapkan pengalokasian atau pengaturan bandwidth dengan menggunakan sebuah Router Mikrotik. Manajemen bandwidth memberikan kemampuan untuk mengatur *bandwidth* jaringan dan memberikan level layanan sesuai dengan kebutuhan dan prioritas sesuai dengan permintaan pelanggan[10].

Jadi dapat ditarik kesimpulan *bandwidth* merupakan kapasitas yang dapat digunakan pada kabel ethernet agar dapat dilewati trafik paket data dengan maksimal tertentu

2.6. Mikrotik

mikrotik adalah sebuah perusahaan yang berpusat di Latvia, bersebelahan dengan Rusia, yang bertujuan untuk mengembangkan sistem ISP *router* dan jaringan nirkabel. Pembentukannya diprakarsai oleh John Trully dan Arnis Riekstins. John Trully adalah seorang berkewarganegaraan Amerika yang bermigrasi ke Latvia. Di Latvia ia berjumpa dengan Arnis,

Seorang sarjana Fisika dan Mekanik sekitar tahun 1995[11].

MikroTik atau yang lebih di kenal dengan Mikrotik didirikan tahun 1995 bertujuan mengembangkan sistem ISP dengan *wireless*. Mikrotik saat ini telah mendukung sistem ISP (*Internet Service Protocol*) dengan *wireless* untuk jalur data internet di banyak negara, antara lain Iraq, Kosovo, Sri Lanka, Ghana dan banyak negara lainnya. Berbagai pengembangan telah dilakukan hingga saat ini dengan tersedianya perangkat lunak sistem operasi router versi 2 yang menjamin kestabilan, kontrol, dan fleksibilitas pada berbagai media antar muka dan sistem *routing* dengan menggunakan komputer standart sebagai *hardware*[12].



Gambar 2 Mikrotik

2.7. Jaringan Komputer

jaringan komputer adalah sebuah sistem yang terdiri atas beberapa unit komputer yang didesain sedemikian rupa sebagaimana tujuan utamanya yakni untuk dapat berbagi sumber daya (*CPU, printer, scanner, plotter, hardisk*). Berkomunikasi (pesan instan, surel). Dan dapat mengakses informasi (situs *web*). Menurut pembagiannya, jaringan komputer dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jaringan terdistribusi dan jaringan tersentral. Jaringan terdistribusi adalah jaringan komputer yang cara kerjanya dilakukan oleh semua perangkat komputer di dalamnya. Ini berarti tidak ada perbedaan antara *server* dan *client*. Sedangkan jaringan tersentral adalah jaringan komputer yang kerjanya berbeda baik itu *server* maupun *client*[13].

Jaringan komputer (*computer network*) adalah suatu himpunan terkoneksi sejumlah komputer *autonomous*. Dalam bahasa yang populer dapat dijelaskan bahwa jaringan komputer adalah kumpulan beberapa komputer (dan perangkat lain seperti *router, switch* dan sebagainya) yang saling terhubung satu sama lain melalui media perantara[14].

kesimpulan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa, Jaringan Komputer merupakan kumpulan dari perangkat keras dan lunak di dalam suatu sistem yang memiliki aturan tertentu untuk mengatur seluruh anggotanya dalam melakukan aktivitas komunikasi atau lebih yang terhubung dengan media transmisi kabel atau tanpa kabel (*wireless*).

2.8. Topologi Jaringan Komputer

Topologi jaringan merupakan sebuah desain jaringan komputer yang akan di bentuk serta menjelaskan bagaimana komputer-komputer tersebut dapat saling berhubungan antara satu sama lain. Topologi jaringan juga bisa memudahkan kita untuk memahami bagaimana memahami jalur lalu lintas data yang terjadi pada sebuah sistem jaringan. Dengan begini, jika kita ingin melakukan perbaikan terhadap sebuah jaringan, kita tidak perlu lagi kebingungan untuk mulai memperbaikinya dari mana[15].

2.9. Topologi Bus

Topologi *Bus* dianalogikan ada komputer yang bertindak sebagai server dan nada komputer yang menerima layanan (*client*). Tampilan dari topologi *Bus* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Media penghantar untuk topologi ini jenis kabel koaksial[16].

2.10. Topologi Ring

Bentuk dari topologi *Ring* dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Berbeda dengan topologi *Bus*, setiap komputer/simpul/*host* pada topologi ini memiliki tingktan yang sama yaitu dapat bertindak sebagai *client*. Metode komunikasi data yang digunakan pada topologi *ring* yaitu degan cara *loop*, data dikirimkan ke setiap komputer dan setiap informasi yang diterima akan diperiksa alamatnya, apakah data tersebut untuknya atau bukan[16].

2.11. Topologi Star

Topologi *star* terdapat alat yang digunakan sebagai sentral. Semua link harus malalui sentral yang menyalurkan data kesemua komputer atau *client* yang dipilihnya. Komputer yang berfungsi sebgai sentral disebut *server* dan komputer yang dilayanannya dinamakan *client*. Untuk menghubungkan sentral dengan *client* dibutuhkan alat yang dinamakan *hub*.

Hub inilah yang menghubungkan komputer *client* dengan media kabel atau *wireless*[16].

2.12. Topologi Mesh

Topologi *mesh* adalah suatu bentuk hubungan antar perangkat dimana setiap perangkat terhubung secara langsung ke perangkat lainnya yang ada didalam jaringan. Akibatnya dalam topologi *mesh* setiap perangkat dapat berkomunikasi langsung dengan perangkat yang dituju (*dedicated links*). Dengan demikian banyaknya koneksi antar perangkat pada jaringan bertopologi *mesh* ini dapat dihitung yaitu sebanyak $n(n-1)/2$. Selain itu karena setiap perangkat dapat terhubung dengan perangkat harus memiliki sebanyak $n-1$ Port Input/Output (I/O ports)[16].

2.13. Topologi Tree

Topologi *Tree* adalah kombinasi karakteristik antara topologi bintang dan topologi *Bus*. Topologi ini terdiri atas kumpulan topologi bintang yang dihubungkan dalam satu topologi *Bus* sebagai jalur tulang punggung atau *backbone*[16].

2.14. Penelitian Kualitatif

metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, suatu kondisi, suatu sistem pemikiran, ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki[17].

metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *postpositivisme*, digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah, (sebagai lawannya adalah eksperimen) dimana peneliti adalah sebagai *instrument* kunci, teknik pengumpulan data dilakukan secara *triangulasi* (gabungan), analisis data bersifat induktif/kualitatif, dan hasil penelitian kualitatif lebih menekankan makna dari generalisasi[18].

Jadi dapat disimpulkan bahwa penelitian kualitatif deskriptif adalah suatu metode yang menggambarkan suatu fenomena melalui deskripsi dalam bentuk kalimat dan bahasa yang menggunakan metode alamiah.

2.15. Profil SMK Negeri 1 Palopo

SMK Negeri 1 Palopo adalah salah satu satuan pendidikan dengan jenjang SMK di Jl. KHM Kasim No.10, Pattene, Palopo, Kota Palopo, Sulawesi Selatan 91913. Dalam menjalankan kegiatannya, SMK Negeri 1 Luwu berada di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. SMK Negeri 1 Palopo menyediakan listrik untuk membantu kegiatan belajar mengajar. Sumber listrik yang digunakan oleh SMK Negeri 1 Palopo berasal dari PLN. SMK Negeri 1 Palopo menyediakan akses internet yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan belajar mengajar menjadi lebih mudah. *Provider* yang digunakan SMK Negeri 1 Palopo untuk sambungan internetnya adalah *Indihome* dengan dua sumber internet.

Visi SMK Negeri 1 Palopo “Mendidik siswa agar dapat berjiwa wirausaha, cerdas, siap kerja kompetitif dan memiliki jati diri bangsa serta mampu mengembangkan ilmu pengetahuan yang dapat bermanfaat bagi masyarakat yang berlandaskan iman dan taqwa.

2.16. Penelitian Yang Relevan

Hasil penelitian di bawah ini sangat relevan dengan penelitian yang akan penulis lakukan baik dari segi rancangan maupun objek penelitian meskipun diterapkan pada sistem yang berbeda.

Penelitian terdahulu dari Enggar Bagoes Pabelan, Agus Salim, Achmad Raizaldi, Rizal (2023) yang berjudul “Implementasi *Load Balancing* Metode PCC (*Per Connection Classifier*) untuk Optimalisasi Internet dengan 2 ISP (Studi Kasus PT. Zyrexindo Mandiri Buana Jakarta)” Untuk melengkapi metode PCC penulis menambahkan teknik *fail over*, untuk mengatasi bilamana jaringan utama terjadi *down* atau terputus, dengan diterapkannya *fail over* bila terjadi *down* maka akan otomatis berganti menjadi gateway cadangan[19].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian kualitatif. Metode analisis kualitatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk melihat sistem yang ada pada objek penelitian yang akan diteliti, dengan berdasarkan analisis yang

difokuskan pada fungsi kualitas berdasarkan jumlah perangkat yang ada di sistem topologi yang ada di lokasi penelitian.

Penelitian ini menggunakan metode *Network Development Life Cycle (NDLC)* yaitu mendefinisikan siklus proses perancangan suatu sistem jaringan komputer. *NDLC* mempunyai elemen yang mendefinisikan fase, tahapan, langkah atau mekanisme proses spesifik. *NDLC* dijadikan metode yang digunakan sebagai acuan (secara keseluruhan atau secara garis besar) pada proses pengembangan dan perancangan sistem jaringan komputer.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini difokuskan pada satu tempat yaitu di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Palopo di Jl. KHM Kasim No.10, Pattene, Palopo, Kota Palopo, Sulawesi Selatan 91913. Penelitian ini dimulai pada minggu ke 1 bulan Agustus 2024 sampai minggu ke 4 bulan Oktober 2024.

Tabel 1 Waktu Penelitian

No	Tahapan Penelitian	Agustus 2024				September 2024				Oktober 2024			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Observasi												
2.	Pengumpulan Data												
3.	Konfigurasi Router												
4.	Uji Coba												
5.	Analisis Data												
6.	Penarikan Kesimpulan												

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut.



Gambar 3 skema tahapan penelitian

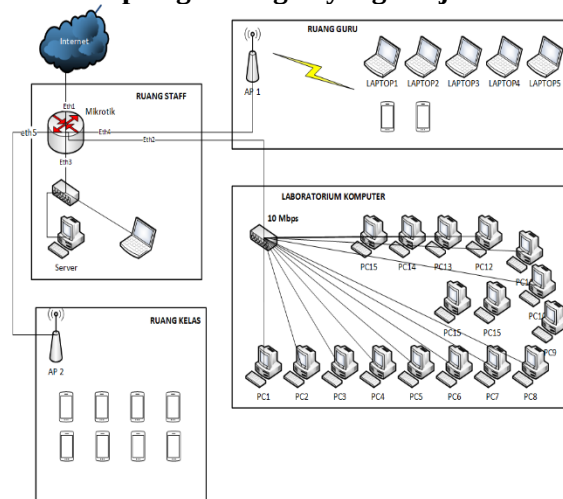
Diagram alir penelitian yang digambarkan pada Gambar diatas melibatkan beberapa tahapan penting. Tahap pertama adalah observasi, di mana dilakukan pengamatan terhadap permasalahan jaringan di SMK Negeri 1 Palopo, termasuk perangkat yang digunakan dan layanan ISP (Indihome). Selanjutnya adalah identifikasi masalah, yaitu pengumpulan informasi mengenai lokasi penelitian dengan data-data terkait seperti perancangan load balancing metode PCC menggunakan Mikrotik, jumlah bandwidth, dan pengguna jaringan. Pengumpulan data dilakukan melalui analisis dan perancangan jaringan komputer menggunakan metode *NDLC*. Kegiatan wawancara dilaksanakan dengan pengelola jaringan sekolah, seperti Bapak Komang, S.Kom, dan Bapak Ariswan, S.Kom, untuk menggali informasi mengenai jaringan internet sekolah. Studi pustaka dilakukan guna mencari referensi dari buku atau internet untuk memperkuat data terkait jaringan, load balancing, Mikrotik, firewall, internet, dan bandwidth. Tahap analisis data mencakup evaluasi kebutuhan user, perangkat keras, serta topologi jaringan yang ada. Tahap perancangan menghasilkan gambar topologi jaringan interkoneksi yang baru berdasarkan data yang diperoleh. Pada tahap simulasi, dilakukan pengembangan jaringan dalam bentuk simulasi menggunakan alat seperti Visio, Boson, Packet Tracer, dan Netsim, untuk melihat kinerja awal sistem. Tahap implementasi menerapkan hasil desain sebelumnya, di mana keberhasilan atau kegagalan proyek ditentukan. Monitoring dilakukan untuk memastikan jaringan berjalan sesuai tujuan awal, dengan memantau pengguna dan performa jaringan. Akhirnya, tahap manajemen melibatkan pengelolaan sistem yang dibangun agar berfungsi sesuai harapan.

3.4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan data dalam bentuk dokumen serta hasil observasi dan wawancara untuk menemukan kendala dan kekurangan dalam sistem yang berjalan saat ini di fakultas. **Observasi** dilakukan untuk melihat penggunaan jaringan internet dan proses pendistribusiannya di Fakultas Teknik. **Interview** dilakukan dengan Ketua Program Studi, Bapak Muhlis Muhallim, S.Kom., M.Cs.,

staf Ibu Maya Kurnia Sari, S.Kom., serta pengelola jaringan, dengan pertanyaan seputar penggunaan media transmisi jaringan yang ada. **Studi pustaka** dilakukan dengan mencari referensi dari buku, jurnal, dan artikel internet terkait jaringan, internet, PLC, firewall, mikrotik, dan bandwidth untuk mendukung data penelitian. **Kuesioner** digunakan untuk mengumpulkan data dari responden, yaitu dosen dan staf sebanyak 10 orang, untuk menilai variabel functional usability terhadap sistem yang akan dibuat. **Dokumentasi** mencakup pengumpulan dan pengolahan informasi berupa gambar, kutipan, guntingan koran, video konfigurasi mikrotik, dan bahan referensi lainnya sebagai bukti dan pendukung penelitian.

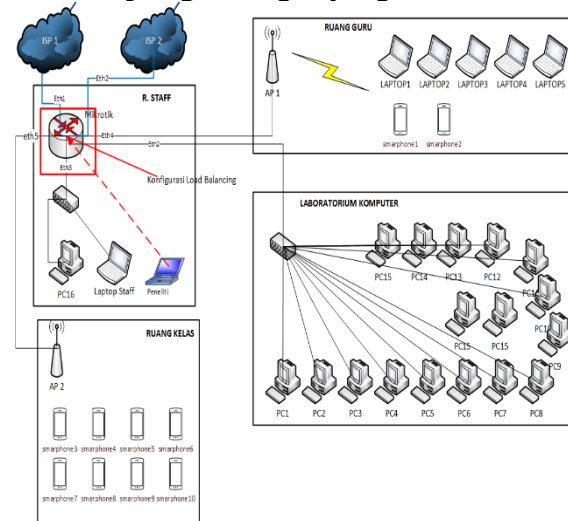
3.5. Topologi Jaringan yang Berjalan



Gambar 4 Sistem Yang Berjalan

Pada gambar diatas topologi jaringan yang berjalan menjelaskan bahwa Jaringan dari internet kemudian ke Modem kemudian ke *router mikrotik* dihubungkan ke 2 switch yang ada, 1 switch ruang staff, 1 switch laboratorium 1, dan 2 access point, 1 pada ruang kelas dan 1 pada ruang guru. Kecepatan *bandwidth* yang digunakan saat ini adalah 30 Mbps.

3.6. Topologi Jaringan yang Diusulkan



Gambar 5 Sistem Yang Diusulkan

Pada gambar diatas topologi jaringan yang diusulkan menjelaskan bahwa Jaringan dari internet kemudian ke Modem kemudian ke *router mikrotik* dihubungkan ke 2 switch yang ada, 1 switch ruang staff, 1 switch laboratorium 1, dan 2 access point, 1 pada ruang kelas dan 1 pada ruang guru, dimana pada topologi ini di tambahkan konfigurasi pada router mikrotik yaitu *load balancing* menggunakan metode PCC (*Per Connection Classifier*) dengan mengabungkan 2 ISP dari indihome. *Load balancing* dipakai untuk membagi beban traffic internet ke beberapa jalur ISP sesuai kapasitas *bandwidth* nya agar kapasitas *bandwidth* meningkat sehingga bisa dipakai lebih banyak user. Kecepatan *bandwidth* yang digunakan saat ini adalah 30 Mbps dan 20 Mbps.

3.7. Penerapan Mikrotik untuk Load Balancing

Pada tahap ini peneliti akan mengkonfigurasi dasar mikrotik, mulai dari konfigurasi IP *Server* dan *client*, konfigurasi NAT, konfigurasi *firewall*, konfigurasi *load balancing*.

3.8. Kebutuhan Fungsional dan Nonfungsional

Kebutuhan fungsional sistem didefinisikan sebagai penggambaran, perancangan, dan pembuatan sketsa dari berbagai elemen yang terpisah menjadi satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, di mana sistem ini memungkinkan administrator untuk menguji kecepatan jaringan sebelum dan sesudah menerapkan load

balancing, menggunakan aplikasi seperti Speedtest dan IDM (Internet Download Manager). Untuk merancang dan membangun load balancing dengan metode PCC pada Mikrotik, kebutuhan alat pendukung mencakup perangkat keras, yaitu router board RB951-2nd, laptop untuk konfigurasi jaringan wireless, access point, dan kabel UTP. Sementara itu, perangkat lunak yang digunakan meliputi sistem operasi Windows 10 64bit, Microsoft Visio 2013 atau draw.io untuk desain, Winbox 3.31 untuk konfigurasi, browser Firefox, serta aplikasi IDM dan Speedtest untuk pengujian performa jaringan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi langkah-langkah penelitian berikut yang digunakan dalam metode *Network Development Life Cycle* (NDLC), menggunakan langkah-langkah tersebut sebagai pendekatan proses yang menggambarkan siklus atau langkah-langkah dari awal sampai akhir dalam hasil adopsi *mobile. Load Balancing* dengan Metode PCC (*Per Connection Classifier*) Pada SMK Negeri 1 Palopo yang mencakup 6 langkah yaitu analisis (*analysis*), perancangan (*design*), simulasi (*simulation Prototyping*), implementasi (*implementation*), monitoring dan *management*.

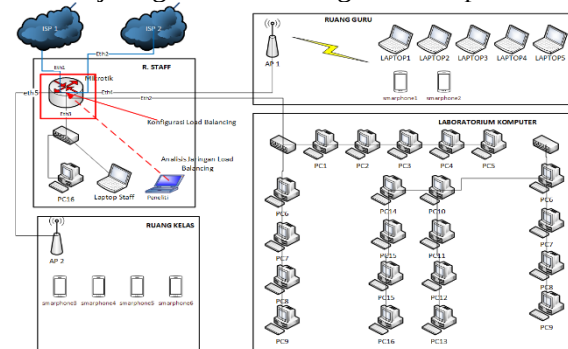
4.2. Analisis

Tahap pertama dalam pengembangan sistem adalah analisis, di mana pengembang mengumpulkan dan menganalisis semua informasi serta kebutuhan pengguna. Dalam analisis permasalahan, internet menjadi teknologi utama untuk penyampaian informasi yang real-time, tetapi tingginya permintaan informasi berdampak pada pengiriman data yang dapat memengaruhi kecepatan akses internet. Di SMK Negeri 1 Palopo, masalah jaringan seperti lambatnya proses upload dan download, gangguan dalam pengiriman email, koneksi yang sering time-out, downtime yang lama, dan kepadatan traffic menjadi perhatian. Penulis menganalisis dan merumuskan solusi berupa penerapan multiconnection internet menggunakan teknik load balancing untuk membagi beban traffic secara adil di kedua ISP serta sebagai cadangan jika salah satu koneksi

mengalami gangguan. Dalam analisis kebutuhan, perangkat lunak yang digunakan meliputi sistem operasi Windows 10 64-bit, Microsoft Visio 2010 atau draw.io, Winbox, browser, CMD, dan Speedtest. Sedangkan perangkat kerasnya mencakup router board RB951-2nd, laptop Asus, dan access point untuk mendukung implementasi load balancing pada jaringan sekolah.

4.3. Perancangan (Design)

Pada tahap analisis, penulis telah mendapatkan rincian spesifikasi dari sistem yang telah berjalan. Dan di tahap perancangan ini adalah tahapan yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Dari data-data yang didapatkan dari tahap analisis, tahap perancangan ini akan membuat rancangan topologi yang akan dibangun termasuk rincian yang akan dibutuhkan dalam mengimplementasikan *load balancing* ke dalam sistem jaringan di SMK Negeri 1 Palopo.

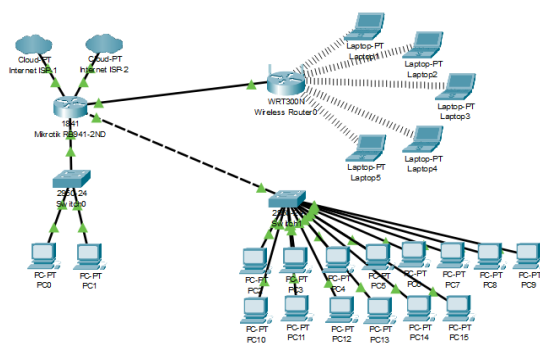


Gambar 6 Topologi jaringan usulan

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa Jaringan dari internet kemudian ke Modem kemudian ke *router mikrotik* dihubungkan ke 2 switch yang ada, 1 switch ruang staff, 1 switch laboratorium 1, dan 2 access point, 1 pada ruang kelas dan 1 pada ruang guru, dimana pada topologi ini di tambahkan konfigurasi pada router mikrotik yaitu *load balancing* menggunakan metode PCC (*Per Connection Classifier*) dengan mengabungkan 2 ISP dari indihome. *Load balancing* dipakai untuk membagi beban traffic internet ke beberapa jalur ISP sesuai kapasitas *bandwidth* nya agar kapasitas *bandwidth* meningkat sehingga bisa dipakai lebih banyak user.

4.4. Simulasi

Sebelum melakukan tahap implementasi secara utuh, penulis melakukan tahap simulasi atau uji coba terhadap sistem yang telah dirancang dengan menggunakan simulator. Tahap simulasi bertujuan untuk melihat kinerja awal dari jaringan yang akan dibangun, memperkecil resiko kegagalan dan akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan sebelum jaringan akan diimplementasikan. Adapun topologi jaringan pada SMK Negeri 1 Palopo adalah sebagai berikut:



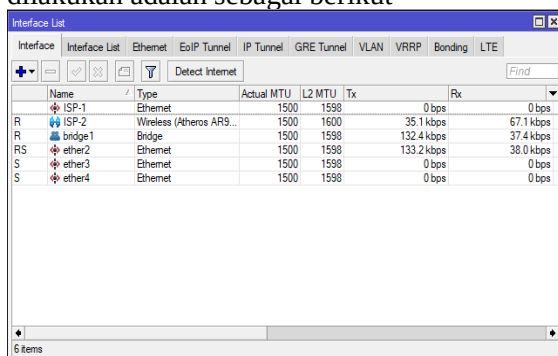
Gambar 7 Topologi Sistem Jaringan

Pada gambar diatas menjelaskan simulasi jaringan menggunakan 2 sumber internet ISP ke router mikrotik, dimana akan dibagi ke 2 hub/switch dan dihubungkan ke access point untuk koneksi pengguna jaringan wireless.

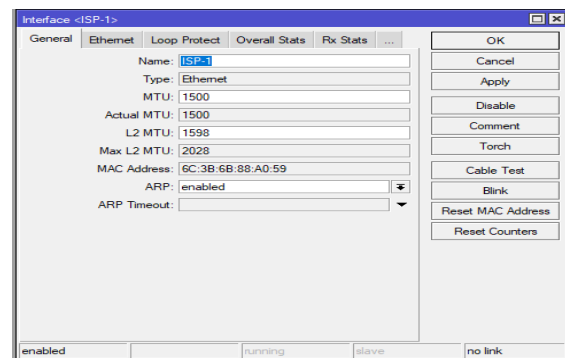
4.5. Implementasi

Pada tahap implementasi digunakan *tool* winbox untuk membangun jaringan *load balancing* pada SMK Negeri 1 Palopo sebagai berikut.

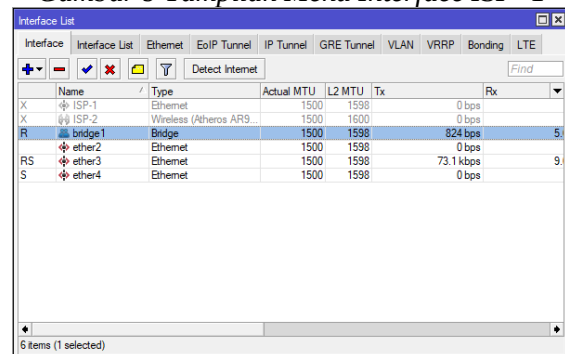
Inisialisasi *interface* berguna untuk memudahkan penulis dalam melakukan pengembangan sistem dengan cara memberikan nama pada masing-masing interface sesuai dengan fungsinya. Perintah-perintah yang dilakukan adalah sebagai berikut



Gambar 8 Menu Interface List

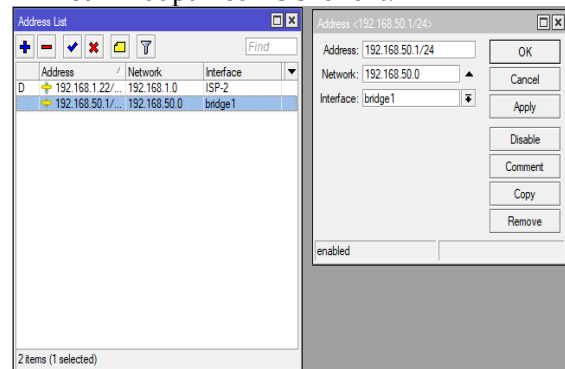


Gambar 9 Tampilan Menu Interface ISP -1

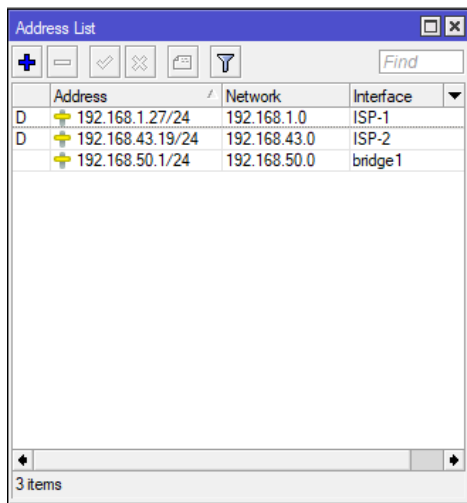


Gambar 10 Inisialisasi Interface Mikrotik

Pada tahap selanjutnya akan dilakukan pemberian alamat IP *address* pada tiap interface yang ada pada laboratorium komputer SMK Negeri 1 Palopo, baik pada modem router, mikrotik maupun dari sisi *client*.



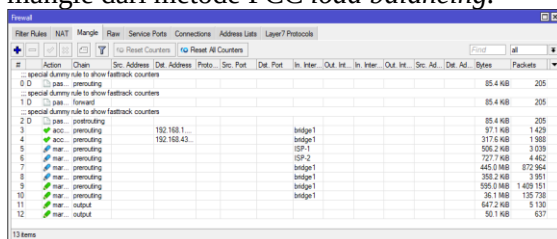
Gambar 11 Menu Address List



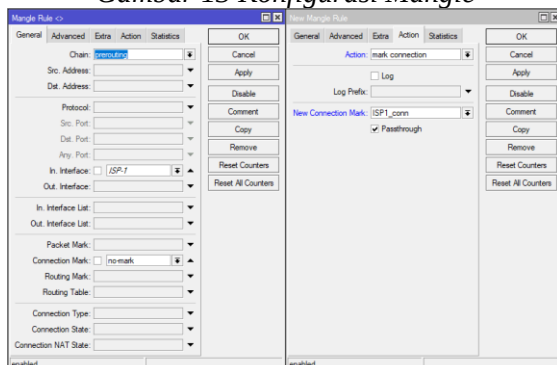
Gambar 12 Inisialisasi Interface Mikrotik

Pada gambar diatas merupakan tampilan tab untuk membuat IP Address mikrotik dengan memilih menu IP kemudian pilih menu Address.

Mangle adalah tahapan dimana paket data yang datang dari suatu interface tertentu akan diproses. Fungsi dari aturan yang ada dimangle adalah untuk menandai paket agar dapat diarahkan sesuai dengan rule routing yang ada. Di tahap ini penulis akan menerapkan aturan mangle dari metode PCC load balancing.



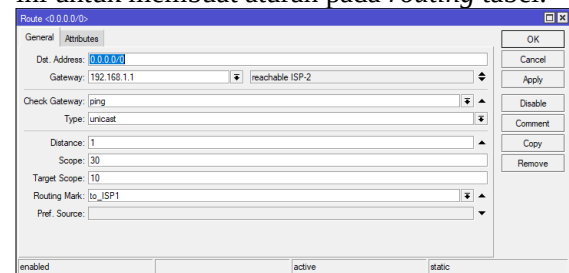
Gambar 13 Konfigurasi Mangle



Gambar 14 Pembuatan Mangle

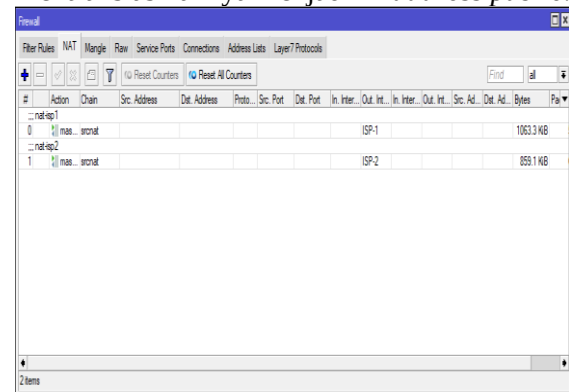
Konfigurasi Routing Untuk meneruskan paket yang telah ditandai pada proses mangle, maka harus dibuat aturan baru pada routing tabel agar dapat melewati paket data tersebut ke gateway ISP yang sesuai dengan marking

paket yang dibuat pada tahapan mangle. Berikut ini untuk membuat aturan pada routing tabel.

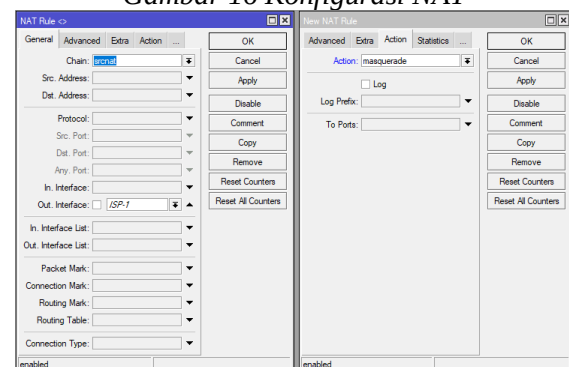


Gambar 15 Konfigurasi Route SP-1

Konfigurasi terakhir dalam PCC load balancing adalah NAT atau dalam mikrotik lebih dikenal dengan masquerade. Ini berfungsi agar dapat mengubah alamat sumber paket yaitu alamat client yang memiliki IP address private agar dapat dikenali di internet yaitu dengan cara mentranslasikannya menjadi IP address public.



Gambar 16 Konfigurasi NAT



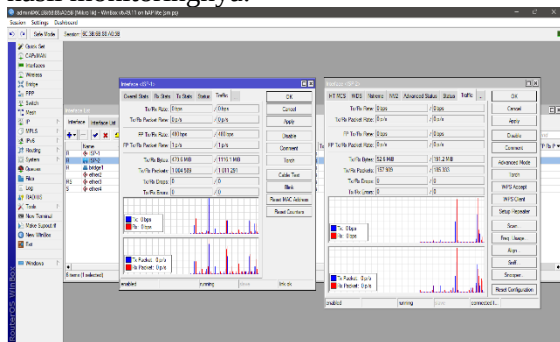
Gambar 17 Konfigurasi NAT ISP -1

4.6. Monitoring

Setelah load balancing berhasil diimplementasikan di jaringan laboratorium komputer SMK Negeri 1 Palopo, lalu tahap selanjutnya pada metode pengembangan sistem NDLC ialah tahapan monitoring. Pada tahap ini penulis akan melakukan pengujian sejauh mana sistem yang telah dibangun berjalan dalam mengoptimalkan kinerja dari jaringan tersebut

dengan menggunakan PCC *load balancing*. Untuk melakukan monitoring sistem ini penulis menggunakan beberapa *tool* baik yang terdapat pada *winbox* maupun aplikasi online seperti www.speedtest.net untuk mengetahui hasil kecepatan koneksi apakah hasil dari implementasi dari PCC *load balancing* memberikan hasil yang optimal.

Pengujian Efektifitas Penyetaraan Beban pada Gateway ISP Pada tahap ini penulis memonitoring sistem jaringan dengan menggunakan aplikasi atau *tools* yang ada pada *winbox*. Hasil dari monitoring dapat dilihat pada menu *interface list*. Berikut ini adalah hasil monitoringnya.



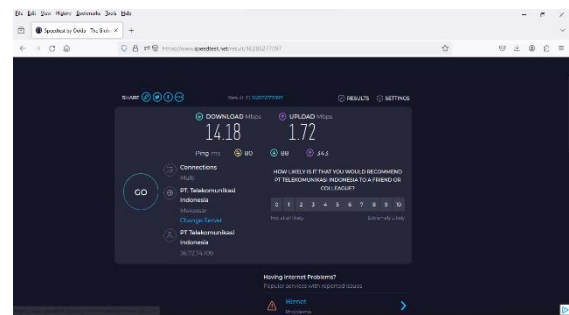
Gambar 18 Grafik koneksi pada tiap gateway ISP

Pada gambar diatas Parameter yang dilihat dari kedua *traffic* di *interface* ini adalah besar rata-rata penyebaran dari tiap-tiap gateway ISP. Pada *interface* ISP-1 dan *interface* ISP-2 terlihat besar *packet* dan *bytes* yang telah dilewati.

Pengujian *Bandwidth Load balancing* Pada tahap ini penulis akan menguji kualitas dari koneksi yang telah dibangun dengan menggunakan aplikasi berbasis online yaitu www.speedtest.net. dengan pengujian ini akan diketahui grade dari kualitas *bandwidth* yang dihasilkan. Selain itu, informasi yang didapat ialah besar *ping*, *download* dan *upload speed*.

Pada tahap ini akan penulis akan membandingkan kecepatan *bandwidth* sebelum dilakukan PCC *load balancing* lalu akan membandingkan setelah diimplementasikan Nth *load balancing*.

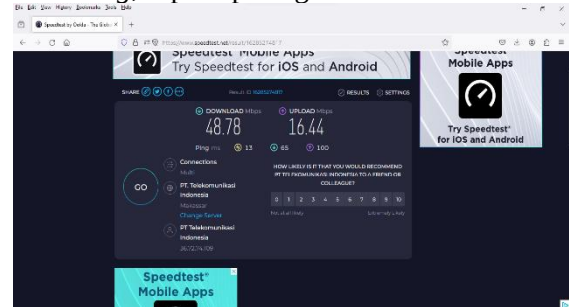
Pengujian pertama dilakukan dengan mengakses *speedtest* sebelum adanya *load balancing*, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 19 Pengujian sebelum load balancing

Pada gambar diatas adalah proses pengujian sebelum *load balancing*, terlihat hasil *download* 14.18 Mbps dan *upload* 1.72 Mbps dengan *ping* 80.

Pengujian kedua dilakukan dengan mengakses *speedtest* setelah adanya *load balancing*, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 20 Pengujian setelah load balancing

Pada gambar diatas adalah proses pengujian sebelum *load balancing*, terlihat hasil *download* 48.78 Mbps dan *upload* 16.44 Mbps dengan *ping* 13.

Pengujian akan dilakukan dua kali uji coba menggunakan *speedtest*, lalu data-data yang diterima akan dibuatkan tabel perbandingan. Adapun keterangan dari hasil pengujian, lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 Pengujian Load Balancing

No.	Pengujian	Download	Upload	Ping
1.	Pengujian 1 tanpa <i>load balancing</i>	14.18 Mbps	1.72 Mbps	80
2.	Pengujian 2 dengan <i>load balancing</i>	48.78 Mbps	16.44 Mbps	13

Dari tabel diatas diketahui perbandingan kualitas koneksi dari sebelum dan sesudah diimplementasikan PCC *load balancing*. Ini dapat dijelaskan bahwa *load balancing* adalah teknik menyeimbangkan koneksi diantara kedua ISP, bukan untuk menyatukannya. *Load balancing* bukan berarti $1+1=2$ namun $1+1=1+1$.

Tahap pengujian terakhir adalah pengujian transfer file sebelum dan sesudah PCC Load Balancing. Pengujian pertama dilakukan dengan mengunduh file sebelum adanya load

berjalan sesuai dengan yang diharapkan pada penggunaan PCC *load balancing*.

4.7. Management

Di tahapan ini merupakan tahapan pengaturan, salah satu yang menjadi perhatian khusus adalah masalah kebijakan, yaitu dalam hal aktivitas, pemeliharaan dan pengelolaan dikategorikan pada tahap ini. Kebijakan perlu dibuat untuk membuat dan mengatur agar sistem yang telah dibangun dan berjalan dengan baik dapat berlangsung lama dan unsur *reliability* terjaga. Dalam hal ini penulis menambahkan kebijakan agar sistem *load balancing* berjalan dengan optimal.

4.8. Pembahasan Penelitian

Dari hasil seluruh pengujian di atas jika dengan mengaplikasikan *load balancing* metode *Per Connection Classifier* (PCC) administrator mampu mengendalikan mengatur setiap kecepatan *upload* dan *download* pada jaringan. *Load Balancing* menggunakan Teknik PCC ini akan berjalan efektif dan mendekati seimbang jika semakin banyak koneksi dari client yang terjadi. *Load Balancing* menggunakan PCC (*Per Connection Classifier*) ini bukan selamanya dan sepenuhnya sebuah solusi yang pasti berhasil baik disemua jenis *network*, karena proses penyeimbangan dari *traffic* adalah berdasarkan logika probabilitas.

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya: Penggabungan 2 ISP dengan metode *load balancing* PCC membuat dapat dilakukannya pemisahan trafik sehingga *router* akan menetapkan berdasarkan *src-address* dan *dst-address* dari sebuah koneksi. Berdasarkan hasil pengujian Konfigurasi routing pada mikrotik yang dijalankan dengan metode PCC dalam mengatur trafik yang memiliki 2 layanan ISP, dapat berjalan dengan baik. Dan penerapan koneksi internet juga berjalan dengan baik ketika kedua ISP dalam keadaan hidup, Saat ISP 1 mengalami gagal koneksi, maka ISP 2 akan otomatis mengambil alih sehingga koneksi tetap berjalan dengan baik, begitu juga sebaliknya ketika ISP 2 mengalami gagal koneksi, maka ISP 1 akan otomatis mengambil alih sehingga koneksi tetap berjalan dengan baik.

Penerapan *load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada SMK

Negeri 1 Palopo menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan performa jaringan. Metode PCC berhasil mendistribusikan beban koneksi internet secara adil di antara beberapa jalur, meningkatkan kecepatan akses dan penggunaan *bandwidth* yang lebih efisien. Implementasi teknik failover memastikan kestabilan konektivitas dengan otomatis mengalihkan lalu lintas ke koneksi cadangan jika terjadi gangguan pada jalur utama, sehingga mengurangi risiko gangguan dalam proses belajar mengajar. Selain itu, monitoring dan pemeliharaan rutin membantu menjaga kinerja jaringan dan memastikan bahwa sistem *load balancing* tetap optimal. Secara keseluruhan, penerapan PCC meningkatkan kecepatan, keandalan, dan efisiensi jaringan di SMK Negeri 1 Palopo, mendukung kebutuhan akademik dan administratif dengan lebih baik.

Metode *load balancing* yang digunakan dalam studi-studi ini, seperti *Per Connection Classifier* (PCC) sangat efektif dalam mengoptimalkan koneksi internet. Metode PCC, yang diterapkan oleh Enggar Bagoes Pabelan dkk. (2023) dan Agus Salim dkk. (2023), terbukti mampu membagi beban koneksi secara efisien dan meningkatkan kecepatan internet dengan mengelola beberapa koneksi secara bersamaan. Di sisi lain, metode ECMP yang digunakan oleh Sidik Indratno (2022) juga menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan kecepatan koneksi dan mencegah *overload* pada *gateway*. Penelitian juga menunjukkan bahwa Mikrotik Routerboard sering digunakan sebagai perangkat keras dalam implementasi *load balancing*, seperti yang dilakukan oleh Mohd. Siddi dkk. (2023) dan Jimi Ali Baba dkk. (2021), dengan Cisco Packet Tracer digunakan untuk perancangan infrastruktur jaringan secara virtual. Selain itu, teknik failover yang diterapkan dalam beberapa penelitian, termasuk oleh Enggar Bagoes Pabelan dkk. (2023) dan Agus Salim dkk. (2023), menunjukkan pentingnya menjaga konektivitas yang stabil dengan secara otomatis beralih ke *gateway* cadangan jika terjadi gangguan pada koneksi utama. Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini menegaskan bahwa penerapan metode *load balancing* yang tepat, bersama dengan penggunaan alat yang sesuai dan teknik

failover, sangat efektif dalam meningkatkan kualitas dan keandalan koneksi internet.

Penelitian ini memiliki beberapa kelebihan, di antaranya: penggunaan sistem load balancing memungkinkan SMK Negeri 1 Palopo meningkatkan ketersediaan dan keandalan jaringan internet, di mana jika satu provider mengalami gangguan, koneksi internet masih dapat berjalan menggunakan provider lain. Selain itu, load balancing memungkinkan pemanfaatan bandwidth dari dua provider secara optimal dengan membagi beban trafik, sehingga mencegah bottleneck pada satu jalur internet. Mikrotik, sebagai perangkat yang fleksibel, terjangkau, dan umum digunakan dalam setting pendidikan dan bisnis kecil, menjadi pilihan praktis untuk implementasi load balancing di sekolah. Dengan adanya load balancing, pengguna (guru, siswa, dan staf sekolah) akan merasakan koneksi internet yang lebih stabil dan responsif, terutama saat mengakses sumber daya secara bersamaan. Penelitian ini juga memberikan kesempatan bagi siswa atau staf IT sekolah untuk mempelajari teknik jaringan canggih, seperti load balancing, yang bermanfaat di masa depan. Namun, penelitian ini juga memiliki kekurangan, seperti konfigurasi load balancing menggunakan Mikrotik yang cukup kompleks jika tidak memiliki keahlian teknis yang memadai, sehingga berpotensi menyebabkan kesalahan konfigurasi yang mengakibatkan ketidakstabilan jaringan. Selain itu, meskipun Mikrotik cukup andal, fitur-fiturnya masih terbatas dibandingkan perangkat load balancing komersial yang lebih canggih, yang dapat membatasi optimisasi dan kustomisasi sistem. Sistem ini juga sangat bergantung pada ketersediaan dua provider, sehingga jika kedua provider mengalami gangguan, seluruh jaringan akan terdampak, sehingga diperlukan backup plan atau solusi cadangan lain. Meskipun lebih hemat biaya di awal, biaya pemeliharaan dan dukungan teknis bisa meningkat seiring waktu, terutama jika terjadi masalah yang membutuhkan tenaga ahli. Implementasi load balancing yang tidak optimal dapat menimbulkan overhead tambahan dan meningkatkan latency, sehingga memengaruhi performa jaringan. Terakhir, untuk lingkungan dengan kebutuhan yang terus berkembang, sistem ini mungkin memiliki keterbatasan dalam hal skalabilitas, terutama jika SMK

Negeri 1 Palopo mengalami peningkatan jumlah pengguna dan perangkat yang terhubung ke jaringan.

Berikut adalah perbandingan metode *load balancing* dalam bentuk tabel.

Tabel 4 Perbandingan Metode Load Balancing

Metode	Cara Kerja	Kelebihan	Kekurangan	Kesesuaian
PCC (<i>Per Connection Classifier</i>)	Mendistribusikan lalu lintas berdasarkan koneksi individual (IP, port, dll.)	- Konsistensi koneksi yang baik - Skalabilitas tinggi	Ketidakseimbangan beban jika ada koneksi besar	Aplikasi berbasis sesi (VPN, SSH, aplikasi dengan koneksi stabil)
NTH (<i>Nth Packet</i>)	Mendistribusikan paket secara bergantian berdasarkan urutan	- Distribusi paket merata - Efektif untuk trafik kecil dan acak	Masalah konsistensi koneksi (paket dari satu sesi bisa terpisah jalur)	Lalu lintas kecil atau tidak membutuhkan sesi koneksi stabil
ECMP (<i>Equal-Cost Multi-Path</i>)	Menggunakan jalur dengan biaya yang sama untuk distribusi paket	- Efisiensi jaringan yang baik - Kinerja tinggi pada jaringan sibuk	Kompleksitas pengaturan tinggi	Jaringan besar dengan banyak jalur, membutuhkan efisiensi dan kinerja tinggi

Tabel ini merangkum cara kerja, kelebihan, kekurangan, dan kesesuaian masing-masing metode *load balancing*, sehingga memudahkan pemilihan metode yang sesuai dengan kebutuhan jaringan.

5. KESIMPULAN

Merancang *load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada SMK Negeri 1 Palopo memerlukan beberapa langkah penting. Pertama, perlu dilakukan analisis kebutuhan jaringan untuk menentukan bandwidth dan jumlah koneksi internet yang diperlukan berdasarkan aktivitas pengguna di sekolah. Selanjutnya, pemilihan perangkat yang sesuai, seperti router Mikrotik yang mendukung PCC, dan penyedia layanan internet (ISP) yang tepat menjadi kunci dalam implementasi. Konfigurasi router Mikrotik harus dilakukan untuk menerapkan PCC, dengan mengatur aturan untuk membagi lalu lintas internet berdasarkan kelas koneksi yang berbeda. Penerapan *load balancing* telah membagi beban *traffic* secara seimbang pada ISP 1 dan ISP 2 pada laboratorium komputer SMK Negeri 1 Palopo. Penerapan teknik *failover* dapat menjadikannya salah satu *gateway* sebagai koneksi tunggal jika *gateway* yang lain dalam keadaan mati:

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shalahudin, *Rekayasa Perangkat Lunak (Terstruktur dan Berorientasi Objek)*. Bandung: Informatika, 2015.
- [2] M. M. Mukramin, A'Affiat Fitrah, "Rancang bangun sistem informasi di balai latihan kerja kota palopo," vol. 12, no. 3, 2024.
- [3] I. Hidayah, R. Munadi, and I. D. Irawati, "Implementasi High-Availability Web Server Menggunakan Load Balancing As a Service Pada Openstack Cloud," *e-Proceeding Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 10278–10285, 2019.
- [4] R. M. negara Putra Prawhira Desa, Favian Dewanta, "Analisis Load Balancing Menggunakan Algoritma Optimasi Koloni Semut Dan Least Connection Pada Jaringan Software Defined Network," *J. Kreat. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 307–316, 2021, [Online]. Available: <http://ejurnalalahayati.ac.id/index.php/kreativitas/article/view/3511/pdf>
- [5] M. K. Anwar and I. Nurhaida, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) Pada Interkoneksi Jaringan," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 9, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.22441/incomtech.v9i1.5003.
- [6] N. Sadikin and F. R. Ramadhan, "Implementasi Load Balancing 2 (Dua) ISP Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC)," *J. Maklumatika*, vol. 5, no. 2, pp. 194–203, 2019, [Online]. Available: <https://maklumatika.i-tech.ac.id/index.php/maklumatika/article/view/74>
- [7] M. B. Pratama and A. H. Mirza, "Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per-Connection Classifier) Dengan Failover Berbasis Mikrotik Router (Studi Kasus Di Rsud Siti Fatimah)," 2021.
- [8] G. T. Aji, C. Iswahyudi, and J. Triyono, "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)," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [9] Satria Turangga, Martanto, and Yudhistira Arie Wijaya, "Analisis Internet Menggunakan Paramater Quality of Service Pada Alfamart Tuparev 70," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 392–398, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4693.
- [10] M. Arrahman, A. Yulio Pernanda, and R. Novita, "Pengembangan Sistem Manajemen Bandwidth Dengan Metode Hierarchical Token Bucket Di Smkn 9 Padang," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 4, pp. 2673–2682, 2024, doi: 10.36040/jati.v7i4.7528.
- [11] D. Setiawan, A. Bode, and W. Yunus, "Implementasi Eoip Tunnel Dan Bonding Di Routerboard Mikrotik Untuk Menambah Kapasitas Wireless Link Di Pt Gomeds Network," *J. Ilm. Ilmu Komput. Banthayo Lo Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.37195/balok.v2i1.397.
- [12] S. A. Panu and Musdalifa, "Perancangan Jaringan Wifi Dengan Menggunakan Mikrotik Pada SMP Negeri 3 Mallusetasi Kabupaten Barru," *J. Publ. Pendidik.*, vol. 9, no. 1, pp. 28–41, 2019.
- [13] R. Rahmat, R. Wiji Wahyuningrum, E. Haerullah, and S. Sodikin, "Analisis Monitoring Sistem Jaringan Komputer Menggunakan Aplikasi Spiceworks," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 44–52, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4671.
- [14] Intan Saputri, "Analisis Perbandingan IPv4 dan IPv6 pada Jaringan SMKN 7 Palopo," *BANDWIDTH J. Informatics Comput. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 36–42, 2023, doi: 10.53769/bandwidth.v1i1.382.
- [15] M. Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer [13]*, no. December. 2020.
- [16] * Rahmi, N. Guncya, R. N. Guncya, and K. Penulis, "Rancang Bangun Sistem Autentikasi Hotspot Berbasis Radius Server Menggunakan Mikrotik Pada Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 5 Luwu Alamat : Jalan Puang Haji Daud No.4 Kota Palopo," vol. 2, no. 3, pp. 138–152, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.150>
- [17] D. K. Furkony, "Analisis Budaya Organisasi Dan Komitmen Organisasi Pada Beberapa Bank Swasta Nasional Di Kota Bandung," *J. Ilm. Manajemen, Ekon. Akunt.*, vol. 2, no. 3, pp. 208–232, 2018, doi: 10.31955/mea.vol2.iss3.pp208-232.
- [18] M. S. Ummah, *Metode Penelitian Kualitatif*, vol. 11, no. 1. 2019. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [19] E. Bagoes Pabelan, A. Salim, and A. Raizaldi, "JBPI-Jurnal Bidang Penelitian Informatika Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional Implementasi Load Balancing Metode PCC

(Per Connection Classifier) untuk Optimalisasi Internet dengan 2 ISP (Studi Kasus Pt. Zyre,” *JBPI – J. Bid. Penelit. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 105–118, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.kreatifcemerlang.id/index.php/jbpi>