

**IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DENGAN *PER*
CONNECTION CLASSIFIER PADA MIKROTIK UNTUK
OPTIMASI BANDWIDTH**

SKRIPSI



Oleh :

NPM	: 210210064
NAMA	: STRIK JOHN HUTAGALUNG
JENJANG STUDI	: STRATA SATU(S1)
PROGRAM STUDI	: TEKNIK INFORMATIKA

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM KUANTAN SINGINGI

2025

TANDA TANGAN PENGESAHAN

NPM : 210210064
Nama : STRIK JOHN HUTAGALAUNG
Jenjang Studi : Strata Satu (S1)
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Implementasi *Load Balancing* dengan (*Per Connection Classifier*) pada MikroTik untuk optimasi bandwidth

Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Kuantan Singingi
Pada Tanggal : November 2025

Dewan Penguji

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	AGUS CANDRA, S.T., M.Si	Ketua	
2.	ELGAMAR, Ph.D	Pembimbing I	
3.	FEBRI HASWAN, S.Kom, M.Kom	Pembimbing II	
4.	APRIZAL, S.Kom., M.Kom	Penguji I	
5.	HARIANJA, S.Pd, M.Kom	Penguji II	

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik,



AGUS CANDRA, S.T., M.Si
NIDN. 1020088701

Ketua
Prodi Teknik Informatika,



HELPI NOPRIANDI, S.Kom., M.Kom
NIDN. 1030118303

PERSETUJUAN SEMINAR SKRIPSI

NPM : 210210064
Nama : STRIK JOHN HUTAGALAUNG
Jenjang Studi : Strata Satu (S1)
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Implementasi *Load Balancing* dengan (*Per Connection Classifier*) pada MikroTik untuk optimasi bandwidth

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,



ELGAMAR, Ph.D
NIDN. 1022108702

Tanggal. 30 October 2023

Pembimbing II



FEBRI HASWAN, S.Kom, M.Kom
NIDN. 1009028803

Tanggal. 30 October 2023

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Informatika



HELPI NOPRIANDI, S.Kom., M.Kom
NIDN. 1030118303

Tanggal. 30 October 2023

IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DENGAN PER CONNECTION CLASSIFIER PADA MIKROTIK UNTUK OPTIMASI BANDWITH

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan stabilitas jaringan internet pada Kantor Camat Batang Peranap melalui implementasi metode Load Balancing dan Failover menggunakan perangkat MikroTik RouterBOARD hAP lite. Kondisi jaringan sebelum diterapkannya sistem menunjukkan adanya beban berlebih pada satu jalur ISP utama, yang menyebabkan koneksi lambat, latensi tinggi, serta gangguan pada layanan administrasi digital. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan dua jalur ISP IndiHome dan PT. Kuantan Net Akses yang diintegrasikan melalui metode Per Connection Classifier (PCC) guna membagi beban trafik secara merata dan menjaga konsistensi koneksi setiap pengguna. Rancangan sistem mencakup konfigurasi Mangle, NAT, aturan routing mark, serta tabel routing terpisah untuk masing-masing ISP, sehingga setiap koneksi pengguna dapat diarahkan ke jalur internet yang sama selama sesi berlangsung. Selain itu, fitur failover diterapkan melalui mekanisme monitoring otomatis menggunakan ping ke IP publik untuk mendeteksi gangguan koneksi. Jika salah satu ISP tidak merespons, sistem secara otomatis mengalihkan trafik ke jalur ISP lainnya tanpa intervensi manual, dan akan kembali normal saat koneksi pulih. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan terhadap performa jaringan. Throughput menjadi lebih optimal, latensi lebih stabil, packet loss menurun, serta akses aplikasi administrasi seperti e-office, email instansi, dan video conference berjalan lebih lancar. Sistem juga mampu mempertahankan ketersediaan layanan meskipun salah satu ISP mengalami gangguan. Dengan demikian, implementasi Load Balancing PCC dan mekanisme failover berbasis MikroTik terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth dan menjaga kontinuitas layanan jaringan pada lingkungan perkantoran pemerintah.

Kata kunci: Load Balancing, PCC, Failover, MikroTik, Multi-ISP, Jaringan Kantor.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Jaringan Komputer.....	10
2.2 Manajemen Bandwidth.....	12
2.3 Konsep Load Balancing.....	14
2.4 Metode Per Connection Classifier (PCC).....	16
2.5 MikroTik RouterOS.....	18
2.6 Flowchart.....	19
2.7 Kajian Terdahulu.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	24
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	26
3.3 Teknik Analisis Data.....	27
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	29
BAB IV ANALISA DAN HASIL.....	31
4.1 Sistem yang Sedang Berjalan.....	31
4.2 Analisa Kebutuhan Terhadap Sistem yang Sedang Berjalan.....	32
4.3 Sistem yang Diusulkan.....	34
4.4 Desain Sistem (Topologi Jaringan).....	38
4.5 Skema IP dan Jaringan.....	39
4.6 Rancangan Logika Load Balancing dan Failover.....	40
4.7 Konfigurasi Dasar MikroTik.....	41
BAB V IMPLEMENTASI SISTEM.....	43
5.1 Gambaran Umum Implementasi.....	43

5.2 Implementasi Konfigurasi Jaringan.....	43
5.3 Tampilan Konfigurasi Jaringan.....	45
5.4 Pengujian dan Analisis Sistem.....	47
5.5 Hasil Implementasi.....	48
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
6.1 Kesimpulan.....	49
6.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di era digital saat ini, koneksi internet yang cepat, stabil, dan andal bukan lagi sekadar fasilitas tambahan, melainkan kebutuhan primer bagi organisasi pemerintahan dalam menjalankan fungsi administratif dan pelayanan publik. Berbagai layanan pemerintahan seperti sistem informasi desa, pelayanan administrasi elektronik, pelaporan tiba waktu nyata, serta komunikasi antarinstansi bergantung pada ketersediaan bandwidth yang memadai dan kualitas jaringan yang konsisten. Gangguan pada koneksi internet dapat berakibat langsung pada lambannya proses layanan, penurunan produktivitas pegawai, serta menurunnya kualitas pelayanan kepada masyarakat.[1]

Di banyak instansi publik, termasuk kantor kecamatan, konfigurasi jaringan sering hanya bergantung pada satu jalur ISP (*single-homed*). Ketergantungan pada satu jalur ini berisiko menimbulkan bottleneck ketika beban trafik meningkat, misalnya pada jam sibuk atau saat terjadi lonjakan akses layanan digital. Akibatnya, metrik kinerja jaringan seperti throughput menurun, latensi meningkat, dan tingkat kehilangan paket (*packet loss*) bisa naik kondisi yang mengganggu aplikasi *real-time* seperti *video conference*, *VoIP*, dan layanan manajemen data berbasis web.[2][3]

Kondisi nyata seperti ini terjadi di Kantor Camat Batang Peranap, Kabupaten Indragiri Hulu, di mana peningkatan kebutuhan layanan digital (sistem informasi desa, pengurusan dokumen elektronik, dan komunikasi antarlembaga) tidak diimbangi dengan optimasi pemanfaatan koneksi internet. Kantor tersebut

pada umumnya hanya memanfaatkan satu jalur ISP sehingga ketika terjadi lonjakan trafik atau penurunan kualitas pada jalur tersebut, seluruh layanan terpengaruh. Selain itu, trafik yang heterogen mulai dari *browsing* ringan, transfer *file* besar, hingga aplikasi real-time tidak terdistribusi secara proporsional sehingga beberapa jenis aplikasi mengalami degradasi performa.[4]

Salah satu pendekatan teknis yang efektif untuk mengatasi permasalahan distribusi beban dan pemanfaatan bandwidth adalah penerapan *Load Balancing*. *Load Balancing* memungkinkan pendistribusian lalu lintas jaringan ke beberapa jalur ISP sehingga beban tidak menumpuk pada satu jalur saja. Manfaat langsung yang diharapkan antara lain peningkatan total kapasitas efektif (*aggregated throughput*), penurunan *latency* rata-rata, peningkatan ketersediaan koneksi (redundansi), serta perbaikan konsistensi performa untuk aplikasi sensitif waktu.[5]

Di lingkungan perangkat jaringan *MikroTik*, metode *Per Connection Classifier* (PCC) merupakan teknik *load balancing* yang populer dan *fleksibel*. PCC bekerja dengan cara mengelompokkan koneksi (*connections*) berdasarkan atribut-atribut tertentu seperti alamat IP sumber/destinasi dan *port* lalu mendistribusikan koneksi tersebut ke jalur keluar (*next-hop*) yang berbeda sesuai kebijakan. Keunggulan PCC antara lain kemampuannya melakukan pembagian koneksi *perflow* sehingga meminimalkan masalah *out of order packets* pada koneksi TCP, serta memberikan kontrol granular terhadap bagaimana trafik didistribusikan antar ISP.[6][7]

Meskipun PCC menawarkan mekanisme distribusi yang kuat, implementasi yang tidak tepat dapat menimbulkan masalah baru, misalnya distribusi yang tidak seimbang akibat konfigurasi hashing yang kurang sesuai, pemilihan *metrik*

failover yang kurang efektif, atau kurangnya pengukuran kinerja sebelum dan sesudah implementasi sehingga dampak optimasi sulit diukur. Oleh karena itu, implementasi PCC memerlukan perencanaan yang meliputi pemetaan jenis trafik, penentuan kebijakan routing, pengaturan mark connection/route, serta mekanisme monitoring untuk mengevaluasi metrik kunci seperti *throughput*, *latency*, dan *packet loss*. [8]

Berdasarkan kondisi lapangan dan potensi solusi teknis tersebut, penelitian ini difokuskan pada implementasi *Load Balancing* menggunakan *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat MikroTik di Kantor Camat Batang Peranap. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, serta mengevaluasi konfigurasi PCC yang mampu mengoptimalkan pemanfaatan *bandwidth* dari beberapa jalur ISP. Melalui penerapan metode ini, diharapkan kapasitas efektif jaringan dapat meningkat dengan *throughput agregat* yang lebih tinggi, latensi serta tingkat packet loss untuk aplikasi kritis dapat ditekan, dan ketersediaan layanan (redundansi) jaringan menjadi lebih baik ketika salah satu jalur ISP mengalami gangguan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan menghasilkan rekomendasi *konfigurasi* dan praktik terbaik (*best practices*) dalam penerapan *load balancing* berbasis *MikroTik* yang dapat diterapkan di instansi pemerintahan dengan sumber daya terbatas. Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya memberikan solusi teknis terhadap permasalahan *bandwidth* di Kantor Camat Batang Peranap, tetapi juga menghadirkan panduan implementatif dan bukti empiris mengenai efektivitas metode PCC dalam upaya optimasi jaringan di lingkungan pemerintahan. [9]

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama sebagai berikut:

1. Koneksi internet di Kantor Camat Batang Peranap sering mengalami ketidakstabilan dan keterbatasan *bandwidth*, terutama pada jam-jam sibuk.
2. Seluruh aktivitas jaringan masih bergantung pada satu jalur ISP, sehingga ketika terjadi gangguan, seluruh layanan publik dan administrasi digital ikut terhenti.
3. Distribusi trafik jaringan belum optimal, menyebabkan beberapa jenis layanan penting seperti *video conference* dan sistem pelaporan daring sering terganggu.
4. Belum diterapkannya metode *Load Balancing* pada perangkat *MikroTik* untuk mengatur pembagian beban koneksi secara merata.
5. Belum ada sistem evaluasi dan optimasi *bandwidth* yang terukur guna meningkatkan efisiensi dan kestabilan jaringan.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas maka dirumuskan sebuah permasalahan yang akan dibahas yaitu : Bagaimana cara mengimplementasikan metode *Load Balancing* dengan *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik* untuk mengoptimalkan penggunaan *bandwidth*?

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. **Manfaat Akademis (Teoritis)**

Penelitian ini dapat memperkaya literatur di bidang jaringan komputer, khususnya mengenai penerapan metode *Load Balancing* menggunakan *Per Connection Classifier (PCC)* pada perangkat *MikroTik*. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti lain dalam mengkaji penerapan teknik optimasi jaringan di lingkungan instansi pemerintahan.

2. **Manfaat Praktis (Teknis)**

Penelitian ini memberikan solusi konkret terhadap permasalahan ketidakstabilan koneksi internet dan pemanfaatan *bandwidth* di Kantor Camat Batang Peranap. Implementasi metode PCC diharapkan mampu meningkatkan kinerja jaringan, menurunkan tingkat *packet loss*, serta memastikan konektivitas tetap terjaga ketika salah satu jalur ISP mengalami gangguan.

3. **Manfaat bagi Instansi Pemerintah**

Hasil penelitian ini dapat dijadikan panduan dan rekomendasi bagi instansi pemerintahan lain dalam menerapkan sistem *Load Balancing* berbasis *MikroTik* secara efisien dengan biaya yang relatif rendah, sehingga meningkatkan efektivitas dan produktivitas kerja.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi jaringan dan pemanfaatan *bandwidth* yang digunakan di Kantor Camat Batang Peranap untuk mengetahui faktor-faktor penyebab ketidakstabilan koneksi dan terjadinya *bottleneck* jaringan.

2. Mengimplementasikan metode *Load Balancing* menggunakan *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik* sebagai solusi teknis untuk mendistribusikan trafik jaringan secara merata ke beberapa jalur ISP.
3. Menguji dan mengevaluasi kinerja jaringan setelah penerapan metode PCC, meliputi peningkatan *throughput*, kestabilan koneksi, efisiensi pemanfaatan *bandwidth*, serta ketersediaan layanan ketika salah satu jalur ISP mengalami gangguan.
4. Menyusun rekomendasi konfigurasi dan praktik terbaik (*best practices*) dalam penerapan *Load Balancing* berbasis *MikroTik* yang dapat diterapkan pada instansi pemerintahan dengan kondisi serupa.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Objek penelitian difokuskan pada jaringan internet di Kantor Camat Batang Peranap, Kabupaten Indragiri Hulu, yang mengalami permasalahan keterbatasan dan ketidakstabilan *bandwidth*.
2. Penelitian berfokus pada penerapan metode *Load Balancing* menggunakan *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik RouterOS*, sebagai upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan beberapa jalur koneksi *internet* (multi-ISP).
3. Aspek teknis yang dikaji meliputi konfigurasi *Load Balancing* PCC, pengaturan *routing*, *mark connection*, serta analisis kinerja jaringan berdasarkan parameter teknis seperti *throughput*, *latency*, *packet loss*, dan utilisasi *bandwidth* sebelum dan sesudah implementasi.

4. Penelitian ini tidak membahas aspek non teknis seperti biaya langganan ISP, manajemen keamanan jaringan (*network security*), maupun konfigurasi perangkat jaringan di luar fungsi *Load Balancing*.
5. Hasil penelitian dibatasi pada analisis efektivitas penerapan PCC dalam meningkatkan efisiensi dan kestabilan jaringan di lingkungan instansi pemerintahan dengan kebutuhan akses internet yang tinggi dan sumber daya terbatas.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun untuk memberikan alur yang jelas dan memudahkan pembaca dalam memahami keseluruhan proses penelitian. Penulisan skripsi ini terdiri dari enam bab yang saling terkait, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN :

Bab ini memuat latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab ini memberikan dasar dan alasan pentingnya penelitian dilakukan, serta menjelaskan fokus dan batasan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA :

Berisi teori-teori dan literatur yang relevan dengan penelitian. Materi yang dibahas meliputi jaringan komputer, manajemen *bandwidth*, konsep *load balancing*, metode *Per Connection Classifier* (PCC), *MikroTik RouterOS*, dan *flowchart* tahapan implementasi. Bab ini menjadi landasan teoritis dan referensi ilmiah untuk mendukung perancangan dan analisis penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN :

Metode penelitian menjelaskan jenis dan pendekatan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, populasi dan *sampel*, *variabel* penelitian, tahapan penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data. Bab ini memberikan gambaran *metodologis* tentang bagaimana penelitian dilakukan secara sistematis dan terukur, sehingga hasil penelitian dapat diandalkan.

BAB IV ANALISA DAN HASIL :

Menyajikan hasil pengamatan, pengukuran, dan analisis kinerja jaringan sebelum dan sesudah implementasi PCC. Bab ini juga memaparkan interpretasi data, perbandingan performa, serta diskusi mengenai efektivitas metode load balancing dalam mengoptimalkan pemanfaatan *bandwidth*.

BAB V IMPLEMENTASI SISTEM :

Membahas langkah-langkah praktis penerapan PCC pada perangkat *MikroTik*, termasuk konfigurasi, strategi distribusi trafik, dan pengelolaan aplikasi kritikal. Bab ini menyajikan panduan implementasi yang dapat dijadikan referensi bagi instansi pemerintahan atau organisasi lain dengan kondisi jaringan serupa.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN :

Memuat kesimpulan dari seluruh hasil penelitian, baik dari segi kinerja jaringan maupun efektivitas metode PCC. Selain itu, bab ini memberikan saran praktis dan rekomendasi bagi pengembangan lebih lanjut, pengelolaan jaringan, serta penelitian di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka ini membahas tentang daftar dari buku, skripsi dan jurnal yang akan dijadikan kajian untuk penelitian.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan (*applied research*), yaitu penelitian yang bertujuan untuk menemukan solusi praktis terhadap permasalahan nyata di lapangan [46]. Fokus penelitian ini adalah pada pengoptimalan pemanfaatan *bandwidth* di Kantor Camat Batang Peranap melalui implementasi *Load Balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik*. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga berorientasi pada penerapan solusi teknis yang dapat langsung digunakan untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan.

Pendekatan yang digunakan adalah gabungan antara kualitatif dan kuantitatif:

1. Pendekatan kualitatif

Digunakan untuk mendeskripsikan secara mendalam kondisi jaringan yang ada, mengidentifikasi permasalahan yang muncul, dan memahami kebutuhan instansi terkait ketersediaan jaringan yang stabil. Analisis kualitatif ini mencakup observasi terhadap konfigurasi perangkat jaringan, identifikasi jalur ISP, serta wawancara dengan administrator jaringan untuk mengetahui hambatan teknis yang dihadapi [47].

2. Pendekatan kuantitatif

Digunakan untuk mengukur dan menganalisis kinerja jaringan sebelum dan sesudah penerapan PCC. Parameter yang diukur antara lain:

- 1) *Throughput*, untuk mengetahui kapasitas efektif jaringan dalam *mentransfer* data per satuan waktu.
- 2) *Latensi*, untuk menilai waktu respons jaringan dalam menyampaikan paket data.
- 3) *Packet loss*, untuk mengetahui tingkat kehilangan paket data selama transmisi. Pendekatan kuantitatif ini memungkinkan penelitian menghasilkan data numerik yang objektif dan dapat dianalisis secara statistik untuk menilai efektivitas metode PCC [48].

Selain itu, penelitian ini juga termasuk penelitian eksperimen (*experimental research*) karena melibatkan penerapan metode PCC secara langsung pada perangkat *MikroTik* di lingkungan nyata. Penelitian eksperimen memungkinkan peneliti untuk:

- 1) Mengontrol variabel-variabel tertentu, seperti jalur ISP dan konfigurasi PCC.
- 2) Mengamati dampak langsung dari implementasi PCC terhadap performa jaringan.
- 3) Menyediakan bukti empiris mengenai efektivitas metode *load balancing* dalam konteks instansi pemerintahan [49].

Dengan kombinasi pendekatan kualitatif dan kuantitatif serta metode eksperimen, penelitian ini diharapkan mampu memberikan analisis menyeluruh, mulai dari deskripsi kondisi awal jaringan, perancangan solusi, implementasi teknis, hingga evaluasi performa dan rekomendasi konfigurasi yang dapat diterapkan pada instansi pemerintahan dengan kebutuhan jaringan serupa [50].

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah keseluruhan objek atau unit yang menjadi fokus pengamatan dalam penelitian. Dalam penelitian ini, populasi mencakup seluruh jalur internet (ISP) dan perangkat jaringan *MikroTik* yang digunakan di Kantor Camat Batang Peranap. Populasi ini dipilih karena semua jalur ISP dan perangkat *MikroTik* tersebut secara langsung memengaruhi performa jaringan dan ketersediaan layanan digital di instansi tersebut [51].

Sampel penelitian adalah sebagian dari populasi yang dipilih untuk dianalisis lebih mendalam, sehingga hasil penelitian dapat menggambarkan kondisi populasi secara representatif. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

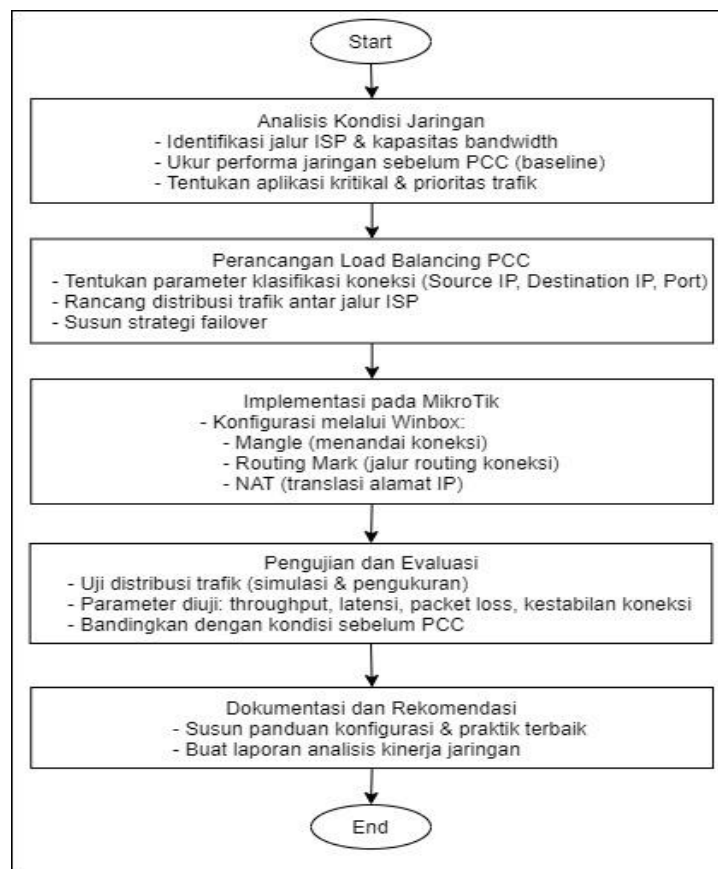
1. Dua jalur ISP utama yang digunakan untuk koneksi internet di kantor camat. Pemilihan dua jalur ini dilakukan karena kedua jalur tersebut menjadi jalur utama yang menanggung *trafik internet*, sehingga representatif untuk menganalisis distribusi beban jaringan dan potensi *bottleneck* [52].
2. Perangkat *MikroTik RouterOS* yang mengelola lalu lintas jaringan. Perangkat ini menjadi fokus penelitian karena semua konfigurasi *load balancing* PCC diterapkan pada *MikroTik*, sehingga kinerja perangkat menentukan efektivitas distribusi trafik [53].
3. Trafik jaringan dan aplikasi kritikal, seperti sistem informasi administrasi, *email* instansi, dan *video conference* antarinstansi. Sampel *trafik* ini dipilih karena *representatif* terhadap penggunaan jaringan sehari-hari, dan pengukuran performa pada trafik ini dapat memberikan gambaran nyata mengenai stabilitas dan kualitas layanan [54].

Metode *purposive* sampling digunakan untuk pemilihan sampel. Metode ini dipilih karena peneliti memilih jalur dan perangkat yang paling relevan dengan tujuan penelitian, sehingga analisis yang dilakukan lebih fokus pada objek yang memiliki dampak langsung terhadap performa jaringan dan ketersediaan layanan digital [55].

Dengan populasi dan sampel yang jelas, penelitian ini dapat memperoleh data yang valid dan representatif, baik untuk analisis kondisi jaringan sebelum implementasi PCC maupun untuk evaluasi efektivitas metode *load balancing* setelah diterapkan.

3.3 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan langkah-langkah:



Gambar 3.1 Teknik Analisis Data

Keterangan:

1. Analisis Kondisi Jaringan, yang bertujuan untuk memahami kondisi awal jaringan di Kantor Camat Batang Peranap. Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi jumlah jalur ISP yang tersedia beserta kapasitas *bandwidth* masing-masing, melakukan pengukuran performa jaringan sebelum implementasi PCC (*baseline*), serta menentukan kebutuhan aplikasi kritikal dan prioritas *trafik* yang harus didukung oleh jaringan. Analisis ini penting agar perancangan *load balancing* dapat menyesuaikan dengan kondisi nyata dan kebutuhan instansi.
2. Perancangan *Load Balancing* PCC, di mana peneliti menentukan parameter klasifikasi koneksi seperti *source* IP, *destination* IP, dan *port*. Berdasarkan parameter ini, dilakukan perancangan distribusi *trafik* antar jalur ISP agar beban jaringan dapat tersebar secara merata dan mengurangi risiko *bottleneck*. Selain itu, strategi *failover* juga disusun untuk memastikan ketersediaan layanan tetap tinggi ketika salah satu jalur ISP mengalami gangguan. Perancangan ini menjadi dasar bagi tahap implementasi dan menjamin bahwa distribusi trafik dapat berjalan sesuai tujuan penelitian.
3. *Implementasi* Pada *Mikrotik*, dilakukan melalui aplikasi *Winbox* dengan memanfaatkan *fitur mangle*, *routing mark*, dan NAT. *Fitur mangle* digunakan untuk menandai koneksi agar dapat diarahkan ke jalur yang sesuai, *routing mark* menentukan jalur *routing* tiap koneksi, sedangkan NAT mengatur translasi alamat IP agar koneksi internal dapat dialihkan ke jalur ISP yang ditentukan. Implementasi ini merupakan penerapan praktis dari perancangan PCC, sehingga pengujian kinerja jaringan dapat dilakukan pada kondisi nyata.

4. Pengujian dan Evaluasi, bertujuan untuk menilai efektivitas PCC dalam meningkatkan performa jaringan. Pengujian dilakukan melalui simulasi dan pengukuran langsung pada parameter seperti *throughput*, *latensi*, *packet loss*, dan kestabilan koneksi aplikasi kritikal. Data hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan kondisi awal (*baseline*) sebelum implementasi PCC, sehingga dapat diketahui sejauh mana PCC meningkatkan kualitas jaringan dan ketersediaan layanan digital.
5. Dokumentasi dan Rekomendasi, yang mencakup penyusunan panduan konfigurasi PCC dan praktik terbaik (*best practices*) untuk instansi pemerintahan dengan kondisi serupa. Selain itu, dibuat laporan analisis kinerja jaringan sebelum dan sesudah implementasi, yang menyajikan hasil pengukuran, evaluasi efektivitas PCC, serta rekomendasi teknis untuk pengelolaan jaringan di masa depan. Dengan tahapan penelitian yang sistematis ini, penelitian tidak hanya menghasilkan solusi teknis untuk optimasi *bandwidth*, tetapi juga panduan implementasi yang dapat diterapkan oleh instansi pemerintahan lain.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui beberapa metode untuk memperoleh informasi yang lengkap dan akurat terkait kondisi jaringan dan kinerja *Load Balancing* PCC pada *MikroTik*.

1. Observasi

Metode pertama adalah observasi langsung, yang dilakukan dengan memantau secara *real-time* kondisi jaringan di Kantor Camat Batang Peranap. Observasi ini mencakup pengamatan jumlah jalur ISP, kondisi *trafik*, serta

performa koneksi pada berbagai aplikasi kritikal yang digunakan oleh instansi. Dengan cara ini, peneliti dapat mengidentifikasi masalah yang muncul secara nyata, seperti *bottleneck* atau gangguan pada jalur tertentu.

2. Dokumentasi

Dokumentasi, yang digunakan untuk mengumpulkan informasi teknis mengenai perangkat *MikroTik*, konfigurasi ISP, serta data penggunaan aplikasi administrasi dan layanan publik. Dokumentasi ini mencakup catatan *konfigurasi mangle*, *routing mark*, NAT, serta data historis pemanfaatan *bandwidth*, sehingga dapat digunakan sebagai referensi dalam perancangan dan evaluasi *Load Balancing PCC*.

3. Pengukuran Kuantitatif

Pengukuran kuantitatif, yang dilakukan menggunakan alat pengukur jaringan seperti *iperf*, *Winbox* monitoring, dan *ping test*. Melalui metode ini, peneliti dapat memperoleh data numerik yang objektif terkait performa jaringan, meliputi *throughput*, latensi, dan *packet loss*. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah implementasi PCC untuk mendapatkan perbandingan yang jelas mengenai efektivitas metode load balancing dalam meningkatkan kinerja jaringan dan stabilitas koneksi.

Dengan kombinasi observasi langsung, dokumentasi, dan pengukuran kuantitatif, penelitian ini dapat menghasilkan data yang lengkap, *valid*, dan dapat dianalisis secara menyeluruh untuk mengevaluasi dampak implementasi PCC pada performa jaringan di instansi pemerintahan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan sistem yang terdiri dari dua atau lebih perangkat yang saling terhubung untuk bertukar data, berbagi sumber daya, dan mengakses layanan secara bersamaan melalui media transmisi tertentu, baik secara kabel (*wired*) maupun nirkabel (*wireless*) [10]. Jaringan ini memungkinkan komunikasi yang efisien antara berbagai perangkat dan sistem, sehingga mendukung kegiatan administrasi, koordinasi, dan pelayanan publik yang berbasis teknologi informasi.

Dalam konteks instansi pemerintahan, jaringan komputer memiliki peranan strategis sebagai infrastruktur utama untuk mendukung operasional sistem informasi dan pelayanan digital. Melalui jaringan komputer, proses administrasi, pengarsipan data, serta komunikasi antar instansi dapat berjalan dengan cepat, aman, dan efisien [11]. Ketergantungan terhadap jaringan komputer semakin meningkat seiring dengan transformasi digital di sektor publik yang menuntut integrasi antar sistem dan ketersediaan data secara *real-time*.

Struktur jaringan komputer umumnya terdiri dari beberapa komponen penting, yaitu *server*, *client*, *switch*, *router*, dan media transmisi.

1. *Server* berfungsi sebagai pusat pengelola data dan layanan, yang menyediakan berbagai aplikasi dan sumber daya bagi *client*.
2. *Client* merupakan perangkat pengguna yang mengakses layanan atau data dari *server*.

3. *Switch* bertugas menghubungkan beberapa perangkat dalam jaringan lokal (LAN) agar dapat saling bertukar data dengan efisien.
4. *Router* memiliki peran vital sebagai pengarah lalu lintas data (*traffic routing*) antar jaringan yang berbeda, sehingga memastikan paket data mencapai tujuan melalui jalur terbaik [12].
5. *Media transmisi*, baik berupa kabel (seperti UTP, STP, dan *fiber optic*) maupun sinyal *nirkabel* (Wi-Fi), berfungsi sebagai sarana pengiriman data antar perangkat.

Berdasarkan cakupan wilayahnya, jaringan komputer dibagi menjadi beberapa kategori utama, yaitu:

1. *Local Area Network (LAN)*, yaitu jaringan berskala kecil yang mencakup area terbatas seperti gedung kantor, sekolah, atau laboratorium. LAN memiliki kecepatan transfer data tinggi dan biasanya menggunakan media kabel [13].
2. *Metropolitan Area Network (MAN)*, yaitu jaringan yang menghubungkan beberapa LAN dalam satu wilayah kota atau daerah tertentu, misalnya jaringan antar kantor pemerintahan kabupaten dan kecamatan.
3. *Wide Area Network (WAN)*, yaitu jaringan berskala besar yang menghubungkan berbagai lokasi dalam cakupan geografis yang luas, bahkan antar wilayah atau negara. WAN sering memanfaatkan layanan penyedia internet (ISP) sebagai jalur komunikasi utama [14].

Selain berdasarkan cakupan, jaringan juga dapat diklasifikasikan berdasarkan topologi seperti *bus*, *star*, *ring*, *mesh*, dan *hybrid*, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri dalam hal efisiensi, keandalan, dan biaya implementasi [15]. Pemilihan *topologi* yang tepat akan mempengaruhi performa jaringan secara keseluruhan, terutama dalam hal pengaturan lalu lintas data dan manajemen beban (*load management*).

Dalam perkembangan terkini, jaringan komputer tidak hanya menjadi media komunikasi data, tetapi juga menjadi platform untuk integrasi berbagai layanan berbasis teknologi seperti *cloud computing*, *virtual private network* (VPN), dan *network security management* [16]. Efektivitas dan kestabilan jaringan menjadi faktor kunci bagi instansi pemerintahan untuk menjamin kelancaran sistem informasi publik yang digunakan oleh masyarakat.

Dengan demikian, pemahaman yang baik mengenai konsep, struktur, dan jenis jaringan komputer menjadi landasan penting dalam penelitian ini. Hal ini karena penerapan *Load Balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik* sangat bergantung pada kemampuan untuk mengelola lalu lintas data antar jaringan secara efisien dan terdistribusi dengan baik [17].

2.2 Manajemen *Bandwidth*

Bandwidth adalah kapasitas maksimum suatu jalur komunikasi untuk mentransfer data dalam satuan waktu tertentu, biasanya diukur dalam *bit* per detik (bps) [18]. Besarnya *bandwidth* menentukan kecepatan dan jumlah data yang dapat dikirim atau diterima oleh jaringan pada saat bersamaan. Dalam konteks jaringan organisasi, terutama instansi pemerintahan, *bandwidth* yang memadai

sangat penting untuk mendukung kelancaran layanan digital, seperti sistem informasi internal, pengolahan data administrasi, serta komunikasi antar unit kerja [19].

Manajemen *bandwidth* (*bandwidth management*) merupakan upaya untuk mengatur, memantau, dan mengoptimalkan penggunaan kapasitas jaringan agar alokasi *bandwidth* berjalan efisien dan seimbang antar pengguna maupun aplikasi. Tujuan dari manajemen *bandwidth* adalah untuk mencegah terjadinya *bottleneck* atau kemacetan jaringan, sehingga layanan yang berjalan di atas jaringan tetap stabil dan responsif [20].

Terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam manajemen *bandwidth*, antara lain:

1. *Queue Tree*, yaitu metode untuk membagi alokasi *bandwidth* berdasarkan prioritas jenis trafik. Setiap koneksi atau kelompok trafik dapat diberikan batasan kecepatan maksimum atau minimum agar tidak saling mengganggu.
2. *Simple Queue*, merupakan cara sederhana untuk membatasi *bandwidth* per pengguna, per IP, atau per *port*, dengan konfigurasi yang mudah namun efektif untuk jaringan kecil hingga menengah.
3. PCQ (*Per Connection Queue*), yaitu metode antrian yang membagi *bandwidth* secara merata untuk setiap koneksi aktif, sehingga setiap pengguna mendapatkan alokasi yang adil tanpa mempengaruhi koneksi lain.
4. *Load Balancing*, yaitu metode distribusi trafik ke beberapa jalur koneksi secara bersamaan, sehingga tidak ada satu jalur yang mengalami kepadatan berlebih dan kapasitas jaringan dapat dimanfaatkan secara optimal [21].

Optimalisasi *bandwidth* menjadi hal krusial, terutama bagi instansi pemerintahan dengan sumber daya jaringan terbatas. Dengan penerapan manajemen *bandwidth* yang tepat, kualitas layanan digital seperti *video conference*, aplikasi *real-time*, dan sistem informasi internal dapat tetap stabil meskipun terjadi lonjakan trafik atau peningkatan jumlah pengguna [22].

Manajemen *bandwidth* yang efektif juga menjadi prasyarat utama dalam implementasi *Load Balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik*, karena keberhasilan distribusi trafik bergantung pada pemahaman kapasitas dan alokasi *bandwidth* yang tersedia di setiap jalur ISP [23].

2.3 Konsep *Load Balancing*

Load balancing adalah teknik untuk mendistribusikan lalu lintas jaringan (*network traffic*) ke beberapa jalur atau server agar beban tidak terpusat pada satu titik, sehingga performa sistem tetap stabil dan responsif [24]. Tujuan utama *load balancing* adalah meningkatkan ketersediaan layanan (*availability*), mengoptimalkan pemanfaatan *bandwidth*, dan mengurangi *bottleneck* pada jalur tertentu. Dalam konteks jaringan *internet*, *load balancing* memungkinkan beberapa koneksi ISP dimanfaatkan secara bersamaan, sehingga *throughput* jaringan meningkat dan layanan tetap dapat diakses dengan lancar oleh pengguna [25].

Metode *load balancing* dapat dikategorikan berdasarkan algoritma dan mekanisme distribusi trafik. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain:

1. *Per Connection Classifier (PCC)*

PCC membagi koneksi berdasarkan parameter tertentu seperti alamat IP sumber dan tujuan, serta nomor *port*. Setiap koneksi diarahkan ke jalur yang berbeda secara seimbang. PCC mempertahankan kestabilan koneksi untuk aplikasi *real-time* karena setiap koneksi mengikuti jalur yang sama selama sesi berlangsung [26].

2. *Nth Connection Load Balancing*

Metode ini mendistribusikan koneksi secara bergiliran berdasarkan urutan koneksi yang masuk. Misalnya, koneksi pertama ke jalur A, koneksi kedua ke jalur B, dan seterusnya. *Nth connection* efektif untuk trafik dengan jumlah koneksi seragam, tetapi kurang cocok untuk trafik besar dengan koneksi yang berbeda ukuran [27].

3. *Equal Cost Multi Path (ECMP)*

ECMP memungkinkan beberapa jalur dengan biaya (*cost*) yang sama untuk digunakan secara bersamaan. Paket data diarahkan ke jalur yang tersedia berdasarkan algoritma *hashing* sehingga beban jalur seimbang. Metode ini efektif untuk jaringan yang memiliki banyak jalur redundan [28].

4. *Round Robin*

Round Robin mendistribusikan paket secara bergantian ke setiap jalur atau server tanpa memperhitungkan ukuran atau prioritas *trafik*. Metode ini sederhana dan mudah diterapkan, tetapi tidak mempertimbangkan kapasitas jalur, sehingga kurang optimal untuk jaringan dengan beban tidak merata [29].

Setiap metode memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga pemilihan metode *load balancing* harus disesuaikan dengan kebutuhan jaringan, jenis trafik,

serta konfigurasi perangkat router yang digunakan. Dalam penelitian ini, metode PCC dipilih karena kemampuannya untuk menjaga kestabilan koneksi, mendukung redundansi jalur ISP, serta lebih efisien untuk mengelola trafik yang beragam seperti sistem informasi administrasi dan aplikasi *real-time* di Kantor Camat Batang Peranap [30].

2.4 Metode Per Connection Classifier (PCC)

Per Connection Classifier (PCC) merupakan salah satu metode *load balancing* yang banyak digunakan pada perangkat *MikroTik*. Metode ini bekerja dengan cara mengklasifikasikan koneksi berdasarkan parameter tertentu, seperti alamat IP sumber (*source address*), alamat IP tujuan (*destination address*), nomor *port*, atau kombinasi dari parameter tersebut, kemudian setiap koneksi dialokasikan ke jalur ISP yang berbeda secara seimbang [31].

Metode PCC memiliki beberapa keunggulan yang menjadikannya sesuai untuk jaringan instansi pemerintahan:

1. *Distribusi trafik* secara proporsional

PCC mampu mendistribusikan trafik jaringan ke beberapa jalur ISP secara seimbang sehingga tidak terjadi kepadatan pada satu jalur tertentu. Hal ini sangat penting untuk menjaga performa jaringan tetap optimal, terutama pada aplikasi yang sensitif terhadap *bandwidth* dan *latency*, seperti *video conference* atau aplikasi *real-time* [32].

2. Mempertahankan kestabilan koneksi

Setiap koneksi atau sesi tetap diarahkan melalui jalur yang sama selama durasi koneksi. Dengan demikian, metode PCC menjaga kestabilan koneksi

dan mencegah terjadinya packet *loss* akibat perubahan jalur secara tiba-tiba [33].

3. Mendukung *redundansi* dan *failover*

Apabila salah satu jalur ISP mengalami gangguan, PCC memungkinkan jalur lain tetap melayani koneksi yang tersisa, sehingga layanan tetap tersedia dan gangguan terhadap operasional minimal [34].

Meskipun memiliki keunggulan, PCC juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain:

1. Konfigurasi yang relatif kompleks

Penerapan PCC memerlukan pemahaman mendalam mengenai trafik jaringan dan perencanaan yang matang, karena kesalahan konfigurasi dapat menyebabkan *asymmetric routing* yang mempengaruhi performa jaringan.

2. Pengaturan yang bergantung pada jumlah jalur dan pola *trafik*

Efektivitas PCC sangat bergantung pada jumlah jalur ISP yang tersedia dan karakteristik *trafik* yang ada. Pada jaringan dengan pola *trafik* yang sangat dinamis, perencanaan load balancing harus disesuaikan secara berkala [35].

Dalam *konteks* penelitian ini, PCC dipilih sebagai metode utama karena karakteristiknya yang sesuai untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan *bandwidth*, stabilitas koneksi, dan ketersediaan layanan di jaringan Kantor Camat Batang Peranap, yang mengandalkan beberapa jalur ISP dengan kebutuhan akses yang beragam dan kritikal [36].

2.5 MikroTik RouterOS

MikroTik RouterOS adalah sistem operasi berbasis *Linux* yang dirancang khusus untuk keperluan *routing*, *firewall*, *bandwidth management*, dan *network monitoring* [37]. *RouterOS* menyediakan berbagai fitur yang memungkinkan administrator jaringan untuk mengelola lalu lintas data secara efisien, termasuk pengaturan prioritas *trafik*, distribusi beban jaringan (*load balancing*), dan pemantauan performa jaringan secara *real-time*.

Salah satu keunggulan *MikroTik* adalah biaya yang relatif terjangkau dibandingkan perangkat jaringan komersial lainnya, serta kelengkapan fitur yang mendukung berbagai skenario pengelolaan jaringan, mulai dari jaringan kecil hingga jaringan multi ISP yang *kompleks* [38]. Selain itu, *MikroTik* memiliki dukungan komunitas yang luas dan dokumentasi yang lengkap, sehingga memudahkan administrator maupun peneliti dalam melakukan konfigurasi dan optimasi jaringan.

Dalam konteks penelitian ini, *MikroTik* berfungsi sebagai perangkat utama dalam implementasi *Load Balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC). *MikroTik* digunakan untuk mengelola koneksi multi ISP di Kantor Camat Batang Peranap, sehingga distribusi trafik internet dapat dilakukan secara merata dan efisien.

Konfigurasi pada *MikroTik* dilakukan melalui aplikasi *Winbox*, dengan memanfaatkan beberapa fitur utama, antara lain:

1. *Mangle* digunakan untuk menandai koneksi atau paket berdasarkan kriteria tertentu, sebagai dasar pengaturan *load balancing* PCC [39].

2. *Routing Mark* memungkinkan penandaan jalur *routing* khusus untuk paket tertentu, sehingga lalu lintas dapat diarahkan ke jalur ISP yang berbeda sesuai kebijakan [40].
3. NAT (*Network Address Translation*) digunakan untuk mengelola translasi alamat IP internal ke IP publik, yang juga mendukung pengaturan distribusi koneksi pada multi ISP [41].

Dengan fitur-fitur tersebut, *MikroTik RouterOS* menjadi platform yang tepat untuk mengimplementasikan strategi *Load Balancing PCC*, meningkatkan stabilitas koneksi, efisiensi pemanfaatan *bandwidth*, dan ketersediaan layanan pada jaringan instansi pemerintahan, seperti Kantor Camat Batang Peranap [42].

2.6 Flowchart

Flowchart adalah diagram alur yang digunakan untuk memvisualisasikan langkah-langkah suatu proses secara sistematis dan logis [43]. *Flowchart* menggunakan simbol-simbol standar, seperti:

1. Oval Menunjukkan awal (*start*) atau akhir (*end*) suatu proses.
2. Persegi panjang (*Rectangle*) Menunjukkan aktivitas atau langkah proses.
3. Belah ketupat (*Diamond*) Menunjukkan titik keputusan atau percabangan logika.
4. Panah (*Arrow*) Menunjukkan aliran atau urutan proses.

Dalam bidang jaringan komputer dan manajemen *trafik*, *flowchart* digunakan untuk menggambarkan:

1. Alur kerja jaringan misalnya bagaimana paket data diproses dan diarahkan melalui *router*.

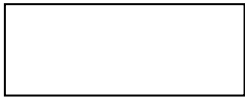
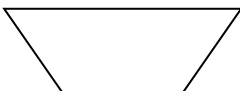
2. Pengaturan *load balancing* bagaimana *trafik* diklasifikasikan, didistribusikan, dan dialihkan ke jalur yang tersedia.
3. Proses *troubleshooting* dan optimasi jaringan langkah-langkah untuk mendeteksi *bottleneck*, memantau performa, dan melakukan perbaikan konfigurasi.

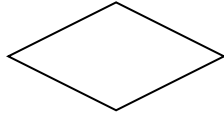
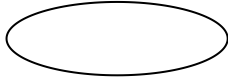
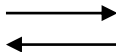
Penggunaan *flowchart* memiliki beberapa manfaat, antara lain:

1. Memudahkan pemahaman proses kompleks dalam jaringan, terutama alur distribusi *trafik*.
2. Menjadi panduan visual bagi administrator jaringan untuk *konfigurasi* dan monitoring sistem.
3. Membantu identifikasi titik-titik kritis dalam pengelolaan *bandwidth* dan *load balancing* [44].

Dalam konteks penelitian ini, *flowchart* akan menjadi dasar untuk menyusun alur proses implementasi *Load Balancing* menggunakan *Per Connection Classifier* (PCC) pada *MikroTik*. Dengan memahami *flowchart*, langkah-langkah konfigurasi dan evaluasi jaringan dapat digambarkan secara jelas, sehingga meminimalkan kesalahan saat penerapan di lapangan.

Tabel 2.1 Simbol-simbol Bagan Alir Dokumen[44]

No.	Simbol	Keterangan
1		Simbol <i>Offline Connector</i> Proses penghitung/ proses pengolahan data
2		Simbol Manual Untuk menyatakan suatu tindakan (proses) yang tidak dilakukan oleh komputer.

3		Simbol <i>Decision/Logika</i> Untuk menunjukkan suatu kondisi tertentu yang menghasilkan dua kemungkinan jawaban, ya/tidak.
4		Simbol Terminal Penghubung bagian-bagian <i>flowchart</i> yang berada pada satu halaman.
5		Simbol <i>Keying Operation</i> Permulaan/akhir program
6		Simbol <i>Input – Output</i> Untuk menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatanya.
7		Simbol Alur Arah aliran program

2.7 Kajian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang menjadi salah satu acuan penulis berupa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Judul	Hasil
1	Achmad Wasi'ul Fiqri, Aditya Prapanca	<i>Analisis Kinerja dan Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode PCC pada</i>	Implementasi metode PCC berhasil meningkatkan kinerja jaringan. Terjadi peningkatan pada <i>parameter throughput</i> , penurunan <i>delay</i> dan <i>packet loss</i> . Sistem

		<i>SMP Negeri 53 Surabaya (2023)</i>	<i>failover</i> juga berjalan efektif saat salah satu jalur ISP terputus. Sistem tetap stabil dan mampu mengalihkan koneksi secara otomatis ke jalur aktif. QoS membaik sesuai standar TIPHON[45].
2	Adinugraha Irman, Anton	<i>Implementasi Load Balance MikroTik Dual ISP dengan PCC dan Metode Failover pada PT. Wahana Ciptasinatria (2024)</i>	Kombinasi metode PCC dan failover meningkatkan ketersediaan serta keandalan layanan internet. Beban koneksi terbagi merata, dan saat koneksi utama down, sistem secara otomatis beralih ke ISP cadangan tanpa gangguan layanan. Pengujian dilakukan melalui simulasi <i>Cisco Packet Tracer</i> , menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kelancaran akses internet dan meningkatkan QoS jaringan perusahaan secara signifikan[46].
3	Hendrawan et al. (2025)	<i>Load Balancing dengan Metode PCC</i>	Metode PCC mampu meningkatkan kualitas layanan

		<i>pada SMK Negeri 1 Palopo</i>	jaringan dalam hal stabilitas koneksi dan efisiensi <i>bandwidth</i> . Sistem juga berhasil mendistribusikan trafik dengan baik antar ISP, serta implementasi <i>failover</i> memastikan koneksi tetap berjalan saat salah satu ISP down[47].
4	Arif Rahman Sujatmika et al. (2022)	<i>Implementasi Load Balance PCC pada Sekolah</i>	Penerapan metode PCC membagi beban trafik secara efisien antara dua jalur ISP. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan signifikan pada <i>throughput</i> , <i>latency</i> , <i>packet loss</i> , dan <i>jitter</i> , dengan semua parameter masuk kategori "Sangat Baik"[48].

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *Load Balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada perangkat *MikroTik* di Kantor Camat Batang Peranap, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebelum penerapan *Load Balancing*, penggunaan satu ISP menyebabkan koneksi lambat, latensi tinggi, packet loss, dan ketidakstabilan layanan karena tidak adanya pembagian beban.
2. Rancangan jaringan dengan dua ISP (IndiHome dan PT. Kuantan Net Akses) serta penggunaan *MikroTik hAP lite* memungkinkan pengelolaan dua sumber internet sekaligus melalui logika *Load Balancing PCC*.
3. Implementasi PCC melalui konfigurasi *Mangle*, *Routing Mark*, NAT, dan tabel *routing* berhasil membagi *trafik* secara merata dan menjaga stabilitas tiap sesi koneksi.
4. Pengujian menunjukkan peningkatan *throughput*, latensi lebih stabil, penurunan *packet loss*, dan berkurangnya *bottleneck* sehingga aplikasi penting berjalan lebih lancar.
5. Fitur *failover* bekerja efektif memindahkan trafik otomatis saat ISP bermasalah dan mengaktifkan kembali jalur saat normal, menjaga layanan tetap tersedia.

6. Secara keseluruhan, penerapan PCC berhasil meningkatkan kinerja, stabilitas, dan ketersediaan jaringan di Kantor Camat Batang Peranap serta dapat menjadi acuan bagi instansi lain.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan implementasi sistem jaringan di masa mendatang, yaitu:

1. Meskipun *MikroTik hAP lite* mampu menjalankan PCC, penggunaan perangkat dengan prosesor dan memori lebih besar disarankan untuk mengantisipasi peningkatan jumlah pengguna.
2. Instansi dapat meningkatkan paket *bandwidth* atau memilih ISP dengan SLA lebih baik agar stabilitas jaringan tetap terjaga pada jam sibuk.
3. Penambahan QoS diperlukan untuk memprioritaskan aplikasi penting seperti administrasi, *e-office*, dan *video conference*.
4. Monitoring jaringan perlu dilakukan secara rutin menggunakan *Torch*, *Graphing*, atau aplikasi seperti *The Dude* dan *PRTG* guna mendeteksi anomali dan mengevaluasi *bandwidth*.
5. Diperlukan pelatihan bagi operator jaringan agar mampu melakukan *troubleshooting* dan mengelola *konfigurasi MikroTik* secara mandiri.
6. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji metode *load balancing* lain (ECMP, Nth, *bonding*) serta integrasi keamanan seperti *firewall* lanjutan, VPN, dan IDS/IPS.
7. Instansi dianjurkan membuat dokumentasi teknis lengkap (topologi, IP *addressing*, *backup konfigurasi*, dan *change log*) agar sistem mudah dipelihara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. A. Abdillah, *Manajemen Jaringan Komputer*. Yogyakarta: Andi, 2019.
- [2] S. Adi and D. Prasetyo, "Analisis implementasi load balancing pada jaringan berbasis MikroTik," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 2, pp. 55–63, 2021.
- [3] S. Al-Fedaghi, "Flow-based conceptual modeling," *Int. J. Comput. Sci. Issues*, vol. 15, no. 1, pp. 12–20, 2018.
- [4] M. Ali, "Network routing performance analysis using PCC and ECMP," *Int. J. Network Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–41, 2020.
- [5] M. Almafadhi, "Implementation of failover network system using RouterOS," *Int. J. Commun. Networks*, vol. 8, no. 3, pp. 101–108, 2019.
- [6] A. Alsahli, "Load balancing techniques for multi-WAN routers," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 12245–12254, 2021.
- [7] R. Anderson, *Routing and Switching Essentials*. New York: Pearson, 2020.
- [8] A. Arief and H. Rinaldi, "Implementasi load balancing metode PCC pada jaringan multi-ISP," *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 18–25, 2020.
- [9] T. Basuki, "Analisis performa jaringan menggunakan dual WAN," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 77–83, 2019.
- [10] A. Batubara, "Optimasi bandwidth menggunakan MikroTik RouterOS," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi*, pp. 144–150, 2018.
- [11] K. Beasley, *Networking Essentials*. Indianapolis: Wiley, 2019.
- [12] B. Chandra, "Comparative analysis of load balancing algorithms," *IEEE Trans. Netw. Serv. Manage.*, vol. 17, no. 4, pp. 2011–2020, 2020.
- [13] O. Cahyono, "Manajemen bandwidth menggunakan metode queue tree," *Jurnal Edukasi dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 45–52, 2021.
- [14] Cisco Systems, *Switching and Routing Guide*, 2020.
- [15] P. Dewi, "Monitoring jaringan menggunakan The Dude," *Jurnal Networking & Security*, vol. 5, no. 1, pp. 64–72, 2021.
- [16] M. Djunaidi, "Redundansi jaringan menggunakan teknik failover," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 120–128, 2019.
- [17] M. Efendi, "Analisis QoS jaringan kantor menggunakan dua ISP," *Jurnal Telekomunikasi*, vol. 11, no. 1, pp. 22–29, 2020.
- [18] Y. Firmansyah, "Optimasi dual WAN menggunakan metode PCC," *Jurnal Sistem Komputer*, vol. 9, no. 4, pp. 99–107, 2022.
- [19] A. Fitrah and F. Fauzan, "Implementasi multi-WAN routing," *Prosiding SNMIKOM*, pp. 33–40, 2021.
- [20] R. Ghani, "Performance evaluation of dual ISP load balancing," *IEEE Int. Conf. Netw.*, pp. 311–316, 2020.
- [21] N. Hadi, "Konfigurasi MikroTik untuk pembagian beban koneksi," *Jurnal Teknologi Komputer*, vol. 15, no. 2, pp. 55–63, 2022.
- [22] S. Hakim, "Analisis failover jaringan pada instansi pemerintah," *Jurnal Komunikasi Digital*, vol. 7, no. 1, pp. 12–20, 2020.
- [23] F. Hamzah, "Perbandingan performa ISP pada jaringan kantor," *Jurnal Sains Komputer*, vol. 6, no. 2, pp. 41–49, 2021.
- [24] P. Hidayat, *Teknik Routing dan Switching*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 2020.
- [25] MikroTik, *RouterOS Documentation*, Riga: MikroTik, 2023.

- [26] A. Ibrahim, "Studi implementasi firewall pada RouterOS," *Jurnal Keamanan Siber*, vol. 8, no. 2, pp. 77–85, 2019.
- [27] M. Irawan, "Load balancing menggunakan metode Nth," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 34–41, 2021.
- [28] T. Iskandar, "Pengujian performa jaringan multi-ISP," *Prosiding SNTIKI*, pp. 98–104, 2019.
- [29] S. Jauhari, "Analisis koneksi jaringan pada kantor pemerintah," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 12, no. 3, pp. 144–152, 2021.
- [30] A. Julianto, "Evaluasi performa load balancing berbasis PCC," *Jurnal Teknologi & Rekayasa*, vol. 11, no. 2, pp. 33–41, 2022.
- [31] P. Kurniawan, "Optimasi jaringan LAN kantor camat," *Jurnal Teknologi Informasi STMIK*, vol. 9, no. 1, pp. 55–62, 2020.
- [32] S. Kurnia, "Quality of Service analysis on dual WAN," *Indonesian Journal of Networking*, vol. 14, no. 2, pp. 21–28, 2020.
- [33] H. Lestari, "Monitoring bandwidth menggunakan PRTG," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 44–52, 2019.
- [34] M. Maulana, "Implementasi multi-gateway dengan routing mark," *Jurnal Networking*, vol. 6, no. 3, pp. 188–196, 2021.
- [35] B. Muhandi, "Manajemen bandwidth instansi pemerintah," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 5, no. 1, pp. 77–86, 2018.
- [36] S. Nugroho, *Jaringan Komputer dan Keamanannya*. Bandung: Informatika, 2021.
- [37] D. Nurhayati, "Implementasi NAT pada RouterOS," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 13, no. 1, pp. 14–22, 2021.
- [38] A. Pratama, "Analisis trafik jaringan menggunakan graphing," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, pp. 55–62, 2020.
- [39] F. Prayoga, "Dual ISP balancing pada lingkungan perkantoran," *Prosiding SENDI-U*, pp. 215–221, 2019.
- [40] R. Putra, "Evaluasi implementasi load balancing PCC," *Jurnal Komunika*, vol. 8, no. 2, pp. 89–97, 2021.
- [41] T. Rachman, *Konsep Dasar Routing*. Jakarta: Elex Media, 2020.
- [42] H. Rahman, "Analisis QoS jaringan sekolah menggunakan dual WAN," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 33–41, 2020.
- [43] A. Rizki, "Perancangan jaringan komputer multi-ISP," *Jurnal Teknologi dan Informasi*, vol. 10, no. 3, pp. 77–86, 2022.
- [44] M. Rosadi, "Manajemen routing statis dan dinamis," *Prosiding SINTA TI*, pp. 130–138, 2021.
- [45] M. Said, "Analisis link backup menggunakan failover," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 18, no. 1, pp. 21–28, 2019.
- [46] I. Saputra, "Implementasi firewall advanced pada RouterOS," *Jurnal Keamanan Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 65–73, 2022.
- [47] D. Setiawan, "Analisis performa jaringan multi-homed," *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 5, no. 2, pp. 91–98, 2019.
- [48] H. Siregar, "Routing mark untuk load balancing PCC," *Jurnal Sistem Komputer*, vol. 18, no. 1, pp. 55–62, 2021.
- [49] P. Sudirman, "Optimasi kapasitas bandwidth," *Jurnal Teknologi & Informasi*, vol. 13, no. 1, pp. 100–109, 2022.
- [50] D. Supardi, *Administrasi Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika, 2021.

- [51] J. Syahputra, "Monitoring ISP redundancy," *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, vol. 12, no. 3, pp. 71–79, 2020.
- [52] A. Utama, "Implementasi VPN pada instansi pemerintah," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 14, no. 2, pp. 120–128, 2022.
- [53] F. Wahyudi, "Evaluasi performa dual WAN jaringan perkantoran," *Jurnal Telekomunikasi dan Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 51–59, 2021.
- [54] H. Widodo, "Pengujian load balancing metode Nth dan PCC," *Prosiding Nasional Ilmu Komputer*, pp. 211–219, 2019.
- [55] S. Yuliana, "Perancangan topologi jaringan instansi pemerintahan," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 44–52, 2020.