

IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DENGAN METODE PCC DAN FAILOVER PADA SUKU DINAS KOMINFOTIK WALIKOTA JAKARTA TIMUR

Muhammad Faizal¹

Program Studi Informatika ,Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nusa Mandiri
Jl.Raya Jatiwaringin No.2 Cipinang Melayu, Makasar, Jakarta Timur

mhmmdfaizal26@gmail.com

Abstrak

IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DENGAN METODE PCC DAN FAILOVER PADA SUKU DINAS KOMINFOTIK WALIKOTA JAKARTA TIMUR. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya stabilitas jaringan bagi efisiensi kinerja staf pelayanan di Suku Dinas Kominfotik Walikota Jakarta Timur. Penggunaan jalur koneksi tunggal saat ini menghadapi tantangan besar, terutama risiko downtime atau kegagalan jalur utama yang dapat menghambat operasional. Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan integrasi dua jalur ISP menggunakan teknik Load Balancing dengan metode Per Connection Classifier (PCC) yang dikombinasikan dengan mekanisme Failover. Metode PCC bekerja dengan mendistribusikan beban lalu lintas data secara merata melalui algoritma hashing (pembagian data 32-bit ke nilai denominator). Sementara itu, fitur Failover berfungsi sebagai proteksi otomatis yang mengalihkan trafik ke jalur cadangan jika jalur utama terputus, guna menjamin keberlangsungan akses internet. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mengoptimalkan pemanfaatan bandwidth dan menyediakan redundansi jaringan. Berdasarkan pengujian parameter Quality of Service (QoS) meliputi latency (delay), jitter, packet loss, dan throughput, penerapan Load Balancing PCC terbukti meningkatkan keandalan infrastruktur jaringan secara signifikan dalam mendukung kegiatan di lingkungan Walikota Jakarta Timur.

Kata Kunci : Load Balancing, Metode PCC, Failover, Downtime

Abstract

IMPLEMENTATION OF LOAD BALANCING USING PCC METHOD AND FAILOVER AT THE COMMUNICATION AND INFORMATION TECHNOLOGY SUB-DEPARTMENT OF THE EAST JAKARTA MAYORAL OFFICE. Network stability is crucial for the work efficiency of service staff at the Jakarta Timur City Government Communications, Informatics, and Statistics Office (Sudin Kominfotik). The current reliance on a single connection path faces significant challenges, particularly the risk of downtime, which disrupts operational activities. To address this, this study proposes integrating two ISP lines using the Load Balancing technique with the Per Connection Classifier (PCC) method, supported by an automatic Failover mechanism. PCC distributes data traffic loads evenly across both ISP lines using a hashing algorithm that categorizes 32-bit data into denominator values. Complementing this, Failover acts as an automatic protection system that reroutes traffic to an alternative path if the primary connection fails, ensuring continuous internet access and minimizing disruptions. The implementation results demonstrate that this system optimizes bandwidth utilization and provides necessary network redundancy. Based on testing of Quality of Service (QoS) parameters including latency (delay), jitter, packet loss, and throughput this approach is proven to enhance the reliability of the network infrastructure to support administrative activities within the Jakarta Timur Mayor's Office. should be no more than 200 words.

Keywords: Load Balancing, PCC Method, Failover, Downtime

Pendahuluan

Dalam konteks pemerintahan kota menurut [1] Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) telah menjadi elemen strategis dalam proses modernisasi tata kelola pemerintahan di Indonesia. Sejalan dengan regulasi nasional yang mendorong implementasi e-government, pemerintah daerah diwajibkan mengoptimalkan pemanfaatan teknologi sebagai upaya meningkatkan efisiensi administratif, akuntabilitas, serta kualitas pelayanan kepada masyarakat. Suku Dinas KOMINFOTIK Walikota Jakarta Timur menghadapi tantangan kritis berupa risiko *downtime* akibat kegagalan jalur ISP dan kepadatan lalu lintas data tanpa manajemen *bandwidth* yang optimal. Sejalan dengan temuan penelitian terdahulu [2], [3], kegagalan jalur utama dan ketidakseimbangan beban menjadi akar masalah yang menghambat aksesibilitas sistem vital seperti SIPKD, e-BMD, dan e-Sysmon, sehingga menurunkan produktivitas aparatur daerah.

Sebagai solusi, penelitian ini menerapkan teknologi *load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier (PCC)* dan mekanisme *Failover* [4]. Integrasi ini bertujuan untuk mendistribusikan trafik secara proporsional guna mengoptimalkan kapasitas *bandwidth* sekaligus menjamin ketersediaan layanan melalui pengalihan jalur otomatis saat terjadi gangguan pada koneksi utama.

Pada penelitian ini, untuk mengimplementasikan teknik *load balancing* dan *failover*, penulis menggunakan perangkat *MikroTik* dan aplikasi *Winbox* untuk mengkonfigurasi teknik *load balancing* tersebut berdasarkan penelitian sebelumnya [5]. Perangkat *MikroTik RouterOS* untuk mengoptimalkan distribusi trafik melalui fitur *load balancing* metode *PCC* dan *Quality of Service (QoS)* [6]. Konfigurasi perangkat dilakukan melalui antarmuka GUI *Winbox* untuk menyederhanakan manajemen *bandwidth* dan pemantauan *failover* secara *real-time* [7].

Metode

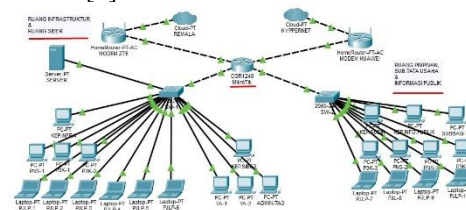
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental yang dibagi menjadi dua tahapan utama yaitu data dikumpulkan melalui observasi langsung di Sudin KOMINFOTIK Jakarta Timur dan wawancara

dengan tim IT terkait kendala operasional, serta studi pustaka untuk mendalami mekanisme *load balancing PCC* dan *Failover*. Penelitian mengikuti alur sistematis dengan mengidentifikasi masalah pada topologi eksisting untuk merancang skema jaringan berbasis *MikroTik*, lalu merancang arsitektur jaringan baru dan mengkonfigurasi metode *PCC* serta *Failover* pada perangkat *MikroTik* melalui antarmuka *Winbox* untuk mengintegrasikan dua ISP, terakhir melakukan perbandingan performa sebelum dan sesudah implementasi guna memastikan efektivitas distribusi trafik dan kecepatan pemulihan jalur. Penelitian difokuskan pada penerapan *load balancing PCC* dan *Failover* otomatis pada dua jalur ISP. Parameter keberhasilan diukur berdasarkan distribusi *bandwidth*, latensi, *packet loss*, serta *recovery time* saat terjadi kegagalan jalur utama.

Hasil dan Pembahasan

A. Topologi Jaringan

Jaringan komputer adalah sistem yang menghubungkan perangkat keras dan lunak untuk pertukaran sumber daya [8]. Dalam penelitian ini, topologi eksisting tetap dipertahankan tanpa perubahan struktural besar. Pengembangan dilakukan dengan menambahkan satu perangkat *MikroTik* untuk mengintegrasikan dua jalur ISP yang sebelumnya terpisah di Ruang Infra/Siber dan Ruang Kepala Suku Dinas KOMINFOTIK Jakarta Timur. Infrastruktur di lokasi menggunakan topologi *star*, di mana setiap perangkat terhubung ke *switch* pusat untuk pengaturan lalu lintas data yang lebih efisien [9].



Gambar 1. Topologi Star

B. Skema Jaringan

Gambar 1 mengilustrasikan integrasi dua modem ISP melalui *MikroTik* menggunakan metode *load balancing PCC* dan mekanisme *Failover*. Sistem ini mendistribusikan *total bandwidth* secara merata melalui unit *switch* dengan tetap mempertahankan infrastruktur dan sistem keamanan jaringan eksisting. Penulis akan menjelaskan langkah demi langkah konfigurasi pada *winbox*.



Gambar 2. Winbox

C. Rancangan Aplikasi

Dalam rancangan sistem *load balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* dan mekanisme *Failover*, penulis menerapkan semua rancangan tersebut menggunakan perangkat *MikroTik* untuk menghindari segala aktifitas gangguan jaringan yang tidak diinginkan. Berikut adalah tahapan-tahapan konfigurasi yang dilakukan :

1. Login Aplikasi Winbox

Dua jalur ISP dihubungkan pada port 1 dan 2 MikroTik, dengan port 3 sebagai jalur distribusi lokal. Inialisasi konfigurasi dilakukan melalui Winbox menggunakan akses MAC Address pada perangkat yang telah terhubung secara fisik.

2. Menambahkan IP Address DHCP Client

Setelah akses Winbox berhasil, konfigurasi alamat IP dinamis dilakukan melalui menu IP > DHCP Client pada interface ether1 dan ether2. Proses ini memastikan kedua jalur ISP terintegrasi dengan status bound.

ID	Interface	Use Peer DNS	Add Default Route	IP Address	Expires After	Status
0	ether1	yes	yes	192.168.10.179/24	23:50:07	bound
1	ether2	yes	yes	192.168.20.180/24	23:50:17	bound

Gambar 3. DHCP Client

3. Konfigurasi IP Address LAN

Untuk distribusi lokal, *interface* ether3 dikonfigurasi dengan alamat *gateway* 10.10.10.1/24 guna memastikan perangkat pengguna terintegrasi dalam segmen LAN yang sama melalui protokol DHCP.

ID	Address	Network	Interface
0	192.168.20.180/24	192.168.20.0	ether2
1	192.168.10.179/24	192.168.10.0	ether1
2	10.10.10.1/24	10.10.10.0	ether3

Gambar 4. LAN

4. Konfigurasi DNS

Konfigurasi *DNS* dilakukan pada menu IP > *DNS* dengan mengaktifkan *Allow Remote Requests* agar router melayani kueri lokal. *DNS* publik *Google* (8.8.8.8) dan *Cloudflare* (1.1.1.1) digunakan sebagai *primary* dan *secondary DNS* untuk menjamin kecepatan serta stabilitas resolusi domain bagi pengguna di Suku Dinas KOMINFOTIK Jakarta Timur.



Gambar 5. DNS

5. Konfigurasi DHCP Server

Konfigurasi DHCP Server dilakukan melalui menu IP > DHCP Server dengan fitur DHCP Setup pada antarmuka ether3. Tahapan ini mencakup penentuan IP Pool, gateway, dan lease time untuk mendistribusikan alamat IP secara otomatis kepada seluruh perangkat klien di jaringan lokal hingga status layanan aktif secara fungsional.

ID	Name	Interface	Relay	Lease Time	Address Pool	Add ARP
0	dhcp1	ether3		01:00:00	dhcp_pool1	no

Gambar 6. DHCP Server

6. Konfigurasi NAT

Konfigurasi Firewall NAT dilakukan melalui menu IP > Firewall > NAT dengan mendefinisikan chain *srcnat* pada out-interface ether1 dan ether2. Tindakan (action) *masquerade* diterapkan untuk mentranslasikan alamat IP privat menjadi IP publik, sehingga seluruh perangkat di jaringan lokal dapat mengakses internet melalui kedua jalur ISP yang tersedia.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. In...
0	masquerade	srcnat						
1	masquerade	srcnat						

Gambar 7. NAT

7. Konfigurasi Mangle Prerouting Action Accept

Konfigurasi dilakukan pada menu IP > Firewall > Mangle dengan membuat aturan baru: *chain* prerouting, *Dst. Address* diisi seluruh segmen IP *network* (ether1, ether2, dan ether3), serta *action accept*. Hal ini memastikan trafik lokal tidak terlempar ke *gateway* ISP.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address
0	pass...	prerouting		
1	pass...	forward		
2	pass...	postrouting		
3	acc...	prerouting		192.168.10.0/24
4	acc...	prerouting		192.168.20.0/24
5	acc...	prerouting		10.10.10.0/24

Gambar 8. Mangle Action Accept

8. Konfigurasi Mangle Action Mark Connection

Tahap ini bertujuan melabeli paket data menggunakan *mark connection* agar lalu lintas keluar-masuk tetap konsisten pada jalur *ISP* yang sama. Konfigurasi dilakukan pada menu *Mangle* dengan *chain* prerouting dan *in-interface* diarahkan ke *ether1* (*ISP* utama) serta *ether2* (*ISP* backup). Pada tab *action*, dipilih *mark connection* dengan penamaan sesuai masing-masing jalur untuk menjaga stabilitas rute koneksi.

#	P	A	C	Sr. Address	Dst. Address	Proto...	Sr. Port	Dst. Port	In. Inter...
0		pass...	prerouting						
1		pass...	forward						
2		pass...	prerouting						
3		acc...	prerouting	192.168.10.0/24					
4		acc...	prerouting	192.168.20.0/24					
5		acc...	prerouting	10.10.10.0/24					
6		mar...	prerouting						ether1
7		mar...	prerouting						ether2

Gambar 9. Action Mark Connection

9. Konfigurasi PCC

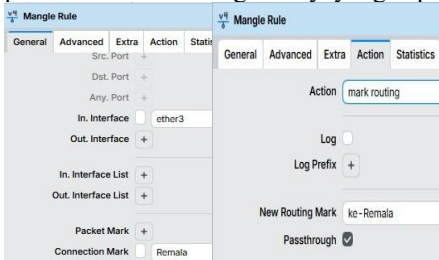
Konfigurasi ini berfungsi membagi beban lalu lintas data ke dua jalur ISP. Pada menu *Mangle*, dibuat aturan baru dengan *chain prerouting* dan *in-interface ether3* (lokal). Pada tab *Advanced*, fitur *PCC* diatur dengan parameter *both addresses*. Pembagian jalur ditentukan dengan nilai 2 pada kolom kedua, sedangkan kolom *denominator* diisi secara bertahap dimulai dari nilai 0 untuk *ISP utama* dan 1 untuk *ISP backup*. Lalu ke menu *action*, pilih *mark connection*, dikolom *new connection mark* beri nama sesuai fungsi *ISP* contoh : “ke-Remala”.



Gambar 10. PCC

10. Konfigurasi Mangle Prerouting Action Mark Routing

Selanjutnya pada menu *Mangle* adalah pembuatan *mark routing* dengan *in-interface ether3* (lokal). Aturan ini berfungsi mengarahkan paket data berdasarkan label *connection mark* yang telah dibuat sebelumnya. Pada tab *action*, dipilih *mark routing* dengan identitas *rule* spesifik untuk *ISP utama* (Remala) dan *ISP backup* (Hypernet), guna memastikan paket diteruskan ke gateway yang tepat.

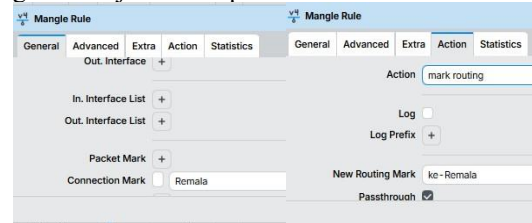


Gambar 11. Action Mark Routing

11. Konfigurasi Mangle Chain Output Action Mark Routing

Tahap terakhir pada menu *Mangle*, dibuat *rule* baru dengan mencocokkan *connection mark* ke masing-masing jalur *ISP*. Pada tab *action*, dipilih *mark routing*

dan disesuaikan dengan identitas *routing mark* yang telah didefinisikan sebelumnya. Langkah ini dilakukan secara konsisten untuk jalur *ISP utama* dan *backup* guna menjamin ketepatan rute trafik.



Gambar 12. Chain Output

12. Konfigurasi Route

Tujuan implementasi mekanis Failover pada konfigurasi ini. Caranya pilih menu *IP*, lalu pilih menu *Routes* dan klik *New*. Langkah selanjutnya adalah sebagai berikut :

- 1) Pada kolom *gateway* masukkan *IP gateway ISP utama* (192.168.10.1).
- 2) Klik tanda tambah pada *check gateway*-nya.
- 3) Pada kolom *routing mark*, arahkan ke *ISP koneksi ISP utama*, klik *apply* lalu klik *ok* dan lakukan konfigurasi yang sama pada *ISP backup*.
- 4) Langkah selanjutnya yaitu pembuatan koneksi *Failover* dengan cara klik *new* pada menu *Routes*. Kemudian masukan *IP gateway ISP backup* (192.168.20.1).
- 5) Selanjutnya isi kolom *distance*, ubah nilai 1 menjadi 2 karena ingin menerapkan *rule backup*.
- 6) Arahkan *routing mark*-nya ke *ISP utama*, klik *apply* lalu klik *ok*. Lakukan konfigurasi yang sama pada *ISP utama* dan arahkan ke *routing mark*-nya ke koneksi *ISP backup*.

P	Dist. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Prefer. Source
DAS	0.0.0.0/0	192.168.20.1 reachable ether2	1		
S	0.0.0.0/0	192.168.10.1 unreachable	2	ke-Hypernet	
AS	0.0.0.0/0	192.168.20.1 reachable ether2	2	ke-Remala	
AS	0.0.0.0/0	192.168.20.1 reachable ether2	1	ke-Hypernet	
S	0.0.0.0/0	192.168.10.1 unreachable	1	ke-Remala	
DAC	10.10.10.0/24	ether3 reachable	0		10.10.10.1
DAC	192.168.20.0/24	ether2 reachable	0		192.168.20.180

Gambar 12. Route

D. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk membandingkan kinerja sistem sebelum dan sesudah penerapan *load balancing PCC* serta mekanisme *Failover* dalam meminimalkan *downtime*. Pengukuran dilakukan pada perangkat *MikroTik* dengan merujuk pada standarisasi internasional *TIPHON* (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*). Parameter performa yang diuji mencakup *latency*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* untuk menentukan kategori kualitas layanan jaringan [10].

Tabel 1 Latency

Latency	Besar Delay (ms)	Indeks
---------	------------------	--------

Sangat Bagus	< 150ms	4
Bagus	150ms – 300ms	3
Cukup	300ms – 450ms	2
Buruk	> 450ms	1

Tabel 2 Jitter

Jitter	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0ms	4
Bagus	0ms -75ms	3
Cukup	75ms – 125ms	2
Buruk	> 125ms	1

Tabel 3 Packet Loss

Loss	Besar Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Cukup	15%	2
Buruk	25%	1

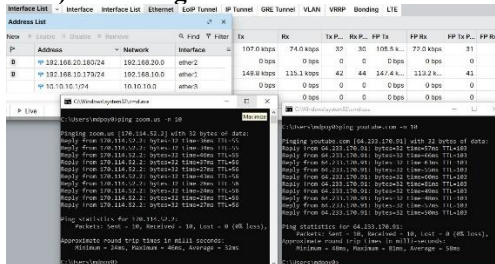
Tabel 4 Throughput

Throughput	Besar Throughput	Indeks	Keterangan
Sangat Bagus	> 2,1 Mbps	4	Streaming 4K/HD
Bagus	1201 kbps – 2,1 Mbps	3	Video conference
Cukup	701 kbps – 1200 kbps	2	Browsing standard
Kurang	338 kbps – 700 kbps	1	Buffering cukup lama
Buruk	0 kbps – 338 kbps	0	Sangat lambat berakibat Downtime

1. Pengujian Awal

Tahap awal pengujian jaringan ini dilakukan sebelum penerapan teknik Load Balancing dengan metode PCC dan mekanisme Failover. Pengujian jaringan awal hanya menggunakan satu jalur ISP secara manual dan tidak memiliki manajemen beban koneksi ataupun mekanisme perpindahan jalur otomatis. Pengujian dilakukan melalui command prompt, melihat interface list MikroTik, dan speedtest menggunakan aplikasi berbasis web.

a) Test Ping

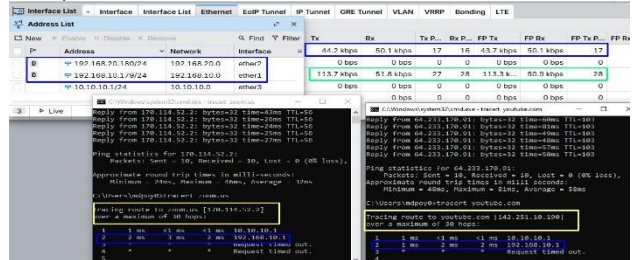


Gambar 13.Ping Awal

Tabel 5.Ping Test Awal

Ke arah	Latency/ms	Packet Loss	Jitter/ms
zoom	32ms	0%	27ms-43ms
youtube	58ms	0%	60ms-81ms

b) Trace Route



Gambar 14.Trace Route Awal

Tabel 6.Trace Route Awal

Ke arah	Hop1	Hop2	Keterangan
zoom	10.10.10.1	192.168.10.1	ISP-Remala
youtube	10.10.10.1	192.168.10.1	Tidak Ada Failover

c) Speed Test



Gambar 15.Speedtest Awal ISP1



Gambar 16.Speedtest Awal ISP2

Tabel 7.Speedtest Awal

Download/Upload	Idle speed	Download Latency	Upload Latency
548/371 mbps	112ms	125ms	93ms
215/175 mbps	113ms	110ms	87ms

2. Pengujian Akhir

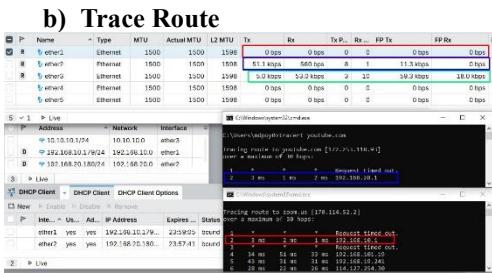
Pengujian jaringan akhir dilakukan untuk mengetahui apakah bandwidth berhasil dipisah atau tidak setelah menerapkan sistem Load Balancing dengan metode PCC dan mekanisme Failover. Pengujian ini dilakukan menggunakan command prompt dan aplikasi speedtest berbasis web dan bisa dilihat dari interface list pada winbox.



Gambar 17. Ping Akhir

Tabel 8. Ping Test Akhir

Ke arah	Latency/ms	Packet Loss	Jitter/ms
zoom	297ms	6%	3619ms-39ms
youtube	46ms	0%	43ms-61ms



Gambar 18. Trace Route Akhir

Tabel 9. Trace Route Akhir

Ke arah	Hop1	Hop2	Keterangan
zoom	masking	192.168.10.1	ISP-Remala
youtube	masking	192.168.20.1	Failover dan load balancing



Gambar 19. Speedtest Akhir ISP1



Gambar 20. Speedtest Akhir ISP2

Tabel 10. Speedtest Akhir

Download/Upload	Idle speed	Download Latency	Upload Latency
978/817 mbps	38ms	26ms	45ms
288/268 mbps	52ms	30ms	41ms

Kesimpulan dan Saran

Penerapan Load Balancing dengan metode Per Connection Classifier (PCC) di Suku Dinas KOMINFOTIK Jakarta Timur terbukti mengoptimalkan pemanfaatan bandwidth dari kedua ISP yang sebelumnya tidak terdistribusi secara merata. Metode ini berhasil menyeimbangkan beban lalu lintas data dari setiap pengguna secara efisien, sehingga akses jaringan internet menjadi lebih stabil dan pemakaian kapasitas jalur komunikasi menjadi lebih maksimal.

Selain itu, sistem ini berhasil mengimplementasikan mekanisme failover secara otomatis untuk menjaga ketersediaan koneksi. Saat salah satu jalur ISP mengalami gangguan, trafik akan langsung dialihkan ke jalur lain yang aktif tanpa perlu intervensi manual. Hal ini secara signifikan meminimalisir waktu henti (downtime) dan meningkatkan efektivitas layanan infrastruktur jaringan di lingkungan Walikota Jakarta Timur.

Guna mengoptimalkan keberlanjutan infrastruktur jaringan yang telah dibangun, direkomendasikan untuk melakukan pemeliharaan rutin (preventive maintenance) pada perangkat keras maupun perangkat lunak secara berkala untuk menjaga performa sistem tetap stabil. Selain itu, diperlukan penataan ulang sistem pengabelan (cable management) pada titik-titik instalasi strategis untuk meningkatkan keamanan fisik jaringan dan meminimalisir risiko kerusakan teknis akibat faktor eksternal maupun gangguan lingkungan.

Daftar Pustaka

- [1] A. M. Rizky, M. P. Pratiwi, A. Chairunnisa, I. A. Aiko, and A. Ariesmansyah, "E-Government: Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas Pelayanan Publik di Indonesia," *Andre Ariesmansyah Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 2070–2089, 2025, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative%0AE-Government>:
- [2] O. Setiawan, M. Syahroni, and P. Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, "Implementasi Failover Dengan Metode Recursive Gateway Pada Jaringan Local Area Network (Lan) Berbasis Router Mikrotik Rb951Ui," *J. Tektro*, vol. 05, no. 02, pp. 153–157, 2021.
- [3] A. Perdana and A. Wibowo, "Implementasi Load Balancing Dan Link Redundancy Network Dengan 2 Isp Menggunakan Routing Di Mikrotik Router," *Sienna*, vol. 3, no. 2, pp. 37–47, 2022, doi: 10.47637/sienna.v3i2.679.

- [4] A. Anton and A. Irman, "Implementasi Load Balance Mikrotik Dual ISP Dengan PCC dan Metode Failover Pada PT. Wahana Ciptasinatria," *J. Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–16, 2024, doi: 10.52643/jti.v10i1.4318.
- [5] S. H. Sujiliani and S. D. Cahyo, "Analisis Load Balancing Menggunakan Metode Pcc (Per Connection Classifier) Pada Badan Pengelolaan Keuangan Dan Aset Daerah (Bpkad) Kabupaten Bogor," *Comput. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/co-science/article/view/1734%0Ahttps://jurnal.bsi.ac.id/index.php/co-science/article/download/1734/1147>
- [6] M. F. Asnawi, "Aplikasi Konfigurasi Mikrotik Sebagai Manajemen," *Ppkm I*, vol. 42–48, no. ISSN 2614-3763, pp. 42–48, 2018.
- [7] A. Izzaturrahmah, M. Tahir, N. Hariri, and H. U. A. Putra, "Implementasi dan Evaluasi Monitoring pada Jaringan Lokal Berbasis Mikrotik Menggunakan Visualisasi Graphing dan Graph," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 143–149, 2025, doi: 10.47709/digitech.v5i1.5883.
- [8] D. Putra, P. Ahmad, B. Setiawan, and R. A. Ramadhani, *Jaringan Komputer Dasar. Kediri*. 2018.
- [9] A. M. Saprizal, G. Amori, Syarifuddin, Zaid, and N. Anisa, "ANALISIS IMPLEMENTASI TOPOLOGI STAR DAN HYBRID STUDI KASUS JARINGAN MULTIMEDIA SARI MULIA ANALYSIS OF STAR AND HYBRID TOPOLOGY IMPLEMENTATION CASE STUDY OF SARI Pendahuluan Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mengadopsi infrastru," *J. Komputer, Jar. dan Internet*, vol. 3, no. 1, pp. 116–120, 2024.
- [10] S. Suroono, G. Setiarso, and S. Hadi, "Implementation of Failover Recursive Gateway and Load Balancing PCC Method on Internet Networks at Universitas Semarang," *J. Artif. Intell. Softw. Eng.*, vol. 5, no. 1, p. 36, 2025, doi: 10.30811/jaise.v5i1.6337.