Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (2) 2025, Page: 13726-13747

Perancangan Redundansi Jaringan Menggunakan Metode Failover Routing Bgp Dual Link Untuk Pengujian High Availability Automatic Teller Machine (Atm)

Tiara Fanny Putri Suseno[1], Imam Sutanto[2]
[1,2]Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Esa Unggul
Corresponding Author: tiarafannyputrisuseno@student.esaunggul.ac.id, Imam.sutanto@esaunggul.ac.id

Published: July , 2025

ABSTRAK

Dalam era digital, keberlangsungan layanan *Automatic Teller Machine* (ATM) sangat bergantung pada infrastruktur jaringan yang andal dan stabil. Gangguan jaringan dapat menyebabkan *downtime*, menimbulkan ketidaknyamanan bagi nasabah, serta potensi kerugian bagi bank dan penyedia layanan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang solusi jaringan ATM yang mendukung *high availability* melalui pendekatan *failover routing* berbasis *dual-link*. Jalur utama menggunakan koneksi *fiber optic*, sedangkan jalur cadangan menggunakan teknologi *Machine to Machine* (M2M) berbasis jaringan seluler 4G. Perancangan ini dilengkapi dengan penggunaan *router aggregator* dan protokol *Border Gateway Protocol* (BGP) untuk memastikan transisi rute berjalan otomatis dan efisien ketika jalur utama mengalami gangguan. BGP dikonfigurasi menggunakan parameter *Local Preference* agar mampu memilih jalur terbaik secara dinamis. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat virtual melalui eNSP, mencakup skenario pemutusan koneksi utama untuk mengamati respons sistem dalam mengalihkan trafik ke jalur cadangan. Selain simulasi *failover*, dilakukan pula pengujian terhadap parameter *Quality of Service* (QoS) seperti *jitter*, *delay*, dan *packet loss* pada beberapa waktu berbeda guna mengevaluasi kestabilan performa jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi *dual-link* dengan BGP mampu menjaga ketersediaan jaringan ATM, meminimalkan risiko gangguan, dan memastikan layanan tetap berjalan optimal pada kondisi trafik yang dinamis.

Kata Kunci: *Failover*, *Redundancy*, *Border Gateway Protocol* (BGP), *Dual-Link*, *Quality of Service* (QoS)

ABSTRACT

In the digital era, the continuity of Automatic Teller Machine (ATM) services is highly dependent on reliable and stable network infrastructure. Network disruptions can cause downtime, inconvenience to customers, and potential losses for banks and service providers. This research aims to design an ATM network solution that supports high availability through a dual-link-based failover routing approach. The primary path uses a fiber optic connection, while the backup path uses Machine to Machine (M2M) technology based on a 4G cellular network. This design is complemented by the use of a router aggregator and the Border Gateway Protocol (BGP) protocol to ensure automatic and efficient route transitions when the primary path experiences disruptions. BGP is configured using the Local Preference parameter to dynamically select the best path. Simulations are conducted using virtual devices through eNSP, including a primary connection disconnection scenario to observe the system's response in redirecting traffic to the backup path. In addition to the failover simulation, tests are also conducted on Quality of Service (QoS) parameters such as jitter, delay, and packet loss at various times to evaluate network performance stability. Test results show that the dual-link implementation with BGP is able to maintain ATM network availability, minimize the risk of disruption, and ensure optimal service performance under dynamic traffic conditions.

Keywords: *Failover, Redundancy, Border Gateway Protocol (BGP), Dual-Link, Quality of Service (QoS)*

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, layanan transaksi perbankan melalui *Automatic Teller Machine* (ATM) telah menjadi kebutuhan utama masyarakat. ATM memberikan kemudahan bagi nasabah dalam melakukan berbagai transaksi keuangan secara mandiri

dan fleksibel tanpa harus mengunjungi kantor cabang bank. Namun, keberlangsungan layanan ATM sangat bergantung pada infrastruktur jaringan komunikasi yang andal dan stabil. Ketika jaringan mengalami gangguan, ATM dapat mengalami *downtime*, yang berdampak pada ketidaknyamanan nasabah serta berpotensi menimbulkan kerugian finansial bagi pihak bank dan penyedia layanan telekomunikasi.

Teknologi komunikasi yang digunakan dalam mendukung layanan ATM telah mengalami evolusi seiring perkembangan kebutuhan dan infrastruktur. Pada tahun 1990-an, teknologi VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) mulai digunakan sebagai solusi komunikasi untuk ATM, terutama di daerah terpencil yang belum memiliki infrastruktur jaringan kabel. VSAT menggunakan sambungan satelit untuk menghubungkan ATM ke pusat data bank secara *real-time*. Teknologi ini memungkinkan bank memperluas cakupan layanan hingga ke wilayah yang sulit dijangkau.

Namun, seiring meningkatnya kebutuhan *bandwidth* dan kecepatan akses, teknologi VSAT menghadapi sejumlah tantangan. Jalur redundansi pada sistem VSAT umumnya memiliki kapasitas *bandwidth* terbatas, sehingga tidak dapat secara optimal menampung lonjakan trafik data. Selain itu, pemasangan dan pemeliharaan perangkat VSAT membutuhkan investasi yang besar, termasuk antena parabola, modem satelit, dan biaya langganan satelit. Di sisi lain, keterbatasan ruang fisik untuk pemasangan antena juga menjadi kendala, khususnya di wilayah perkotaan yang padat.

Sebagai alternatif, banyak bank mulai beralih menggunakan jaringan *fiber optic* (FO) sebagai media utama dalam mendukung konektivitas ATM. Teknologi FO menawarkan kecepatan transmisi data yang tinggi serta stabilitas koneksi yang lebih baik dibandingkan VSAT. Meski demikian, jaringan FO juga memiliki kelemahan, terutama kerentanannya terhadap gangguan fisik seperti longsor, tekanan berlebih, atau kerusakan akibat kegiatan konstruksi, yang dapat menyebabkan kabel putus dan mengakibatkan jaringan ATM *offline* dalam waktu yang tidak singkat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sebuah solusi berbasis *failover routing* dengan metode *dual link* sebagai strategi untuk meningkatkan *high availability* pada jaringan ATM. Perancangan ini mengusulkan implementasi dua jalur komunikasi yang saling mendukung. Penambahan jaringan *backup* dilakukan melalui integrasi teknologi M2M (*Machine to Machine*) menggunakan modem yang dilengkapi antena berkekuatan 12 dBm dan kartu GSM 4G, yang dipilih berdasarkan kualitas sinyal terbaik di lokasi jaringan cadangan.

Untuk mendukung manajemen koneksi dan monitoring perangkat di sisi jaringan ATM, perancangan ini juga mencakup penggunaan *router aggregator*. Metode *failover* yang dirancang memungkinkan sistem secara otomatis beralih ke jalur cadangan M2M ketika jalur utama mengalami gangguan, sementara konsep redundansi berfungsi menyediakan jalur alternatif untuk menjamin keberlanjutan layanan komunikasi. Dalam

rancangan ini, *fiber optic* tetap difungsikan sebagai *gateway* utama, sementara koneksi M2M menjadi jalur *backup* yang aktif hanya ketika dibutuhkan.

Simulasi perancangan *dual link* ini memberikan keuntungan strategis, seperti menjamin operasional jaringan ATM tetap berjalan meskipun jalur utama terganggu, serta memungkinkan penerapan *load sharing* dalam distribusi trafik antar-jalur secara efisien.

Untuk mendukung mekanisme *failover* dan redundansi secara optimal, protokol *Border Gateway Protocol* (BGP) diterapkan sebagai solusi *routing* yang stabil dan fleksibel. BGP memungkinkan pengelolaan rute komunikasi antar sistem secara efisien dan mendukung pemilihan jalur alternatif terbaik saat terjadi gangguan pada jalur utama. Dengan demikian, risiko *downtime* dapat diminimalkan secara signifikan, sekaligus memastikan jaringan ATM tetap tersedia bagi nasabah.

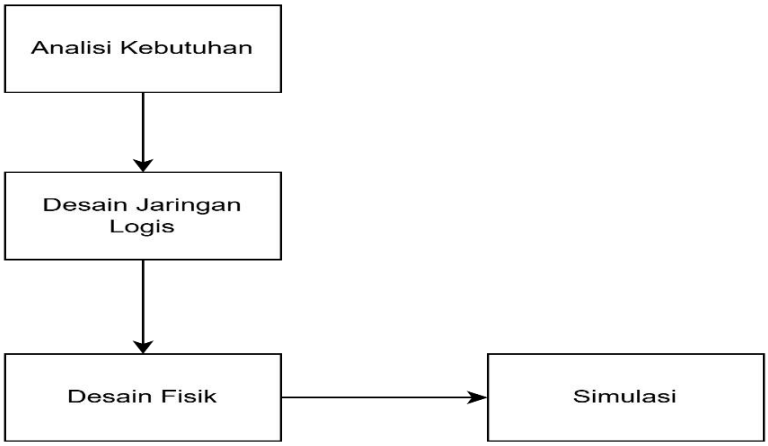
Sebagai bagian dari proses evaluasi kinerja jaringan, penelitian ini juga mengukur parameter *Quality of Service* (QoS) seperti **packet loss**, **throughput**, **delay**, dan **jitter**. Parameter-parameter ini digunakan untuk menilai seberapa baik performa jaringan dalam mempertahankan kualitas layanan selama kondisi normal maupun saat terjadi peralihan ke jalur cadangan. Pengukuran dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui simulasi pengiriman paket data secara berulang. Hasil pengukuran ini menjadi acuan untuk membandingkan kinerja jaringan sebelum dan sesudah penerapan sistem *failover*, serta sebagai justifikasi teknis bahwa integrasi dual link mampu meningkatkan stabilitas dan ketersediaan layanan jaringan ATM.

Tabel 1. Penyedia *Internet Service Provider* (ISP)

No	Penyedia ISP	Layanan yang Ditawarkan
1	PT iForte Solusi Infotek	Internet Dedicated, MPLS, Managed Network Services, Colocation, VSAT, Cloud Services (iForte, 2022)
2	PT Tangara Mitrakom	Internet Broadband, Cloud Services, Managed Services (Tangara, 2025)
3	PT Prima Media Komunikasi (Primacom)	Internet Dedicated, VSAT, Managed Network Services (Primacom, 2025)
4	PT Indonet Interbuana	Internet Dedicated, WiFi Solutions, IT Infrastructure (Indonet, 2025)

METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilaksanakan pada rentang waktu bulan September 2024 sampai dengan Januari 2025. Jaringan komputer mengikuti tahapan dalam metode *Top Down Network Design* yang dibagi menjadi 4 langkah utama, yaitu:



Gambar 1. Metode Penelitian Top Down Network Design

Sumber: Mahanaim et al, 2019

Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data yang lengkap dan akurat dengan menggunakan metode kuantitatif melalui observasi, wawancara, dan tinjauan pustaka. Top-Down Network Design adalah metodologi perancangan jaringan yang dimulai dari lapisan atas model OSI dan berlanjut ke lapisan bawah. Metode ini menawarkan pendekatan sistematis untuk merancang jaringan sesuai kebutuhan, tanpa terpengaruh kompleksitas teknologi. Pendekatan ini membantu memahami alur trafik, perilaku protokol, dan teknologi jaringan, serta memenuhi persyaratan seperti fungsi, kinerja, skalabilitas, keamanan, dan ketersediaan layanan.

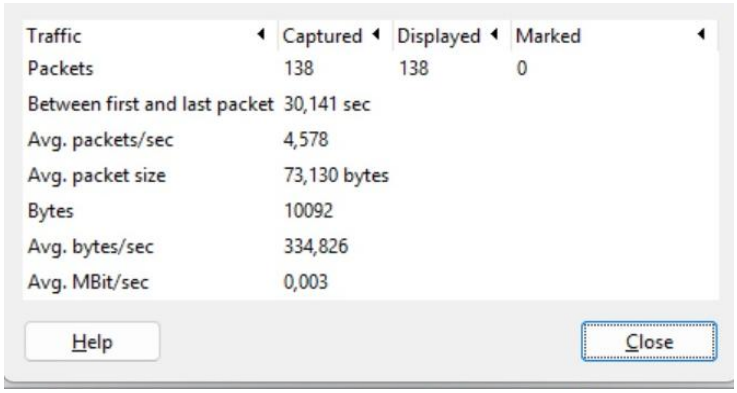
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian QoS (Quality of Service)

Setelah melakukan pengujian terhadap koneksi end-to-end dan simulasi failover menggunakan metode BGP dual link, langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran terhadap kualitas layanan (*Quality of Service*/QoS). Pengukuran ini dilakukan untuk menilai seberapa baik performa jaringan dalam salah satu jalur sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran QoS ketika kedua link tidak mengalami masalah

   Pada pengujian pertama ini, kedua jalur komunikasi baik jalur utama (*main link*) maupun jalur cadangan (*backup link*) berada dalam kondisi aktif dan tidak mengalami gangguan. Paket data dikirimkan melalui jalur utama secara normal. Pengukuran kualitas layanan (*Quality of Service*/QoS) dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark untuk memperoleh parameter seperti delay, jitter, dan packet loss. Data hasil pengukuran dapat diperoleh melalui menu *Wireshark* dengan memilih opsi Statistics → Summary, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.24 berikut:



Gambar 2. Summary QoS saat Jalur Normal

Dari hasil tangkapan paket menggunakan sebagai berikut:

1. Total packet yang ditangkap (Captured) = 138
2. Durasi antara paket pertama dan terakhir = 30,141 detik
3. Average packets/sec = 4,578
4. Average packet size = 73,130 bytes
5. Total bytes = 10092 bytes

Nilai tersebut digunakan untuk menghitung *packet loss* dan *delay*:

Paket yang diterima = Paket yang dikirim – Paket hilang
= 138 - 0
= 138

Maka packet loss yang didapatkan adalah:

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ dikirim - paket\ received}{paket\ data\ yang\ dikirim}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{138 - 138}{138}\ x\ 100\%$$

$$Packet\ loss = \mathbf{0}\%$$

Kemudian untuk perhitungan delay didapatkan nilai:

$$Rata - rata\ Delay = \frac{\text{Total Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima}$$

$$= \frac{30{,}141\ \text{sec}}{137}$$

$$= \mathbf{0,220}\ \boldsymbol{sec}$$

Melakukan perhitungan *Throughput* didapatkan nilai:

$$Troughput = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

$$= \frac{10{,}092\ \text{bytes}}{30{,}141\ \text{sec}}$$

$$= 334{,}86\ bytes/sec$$

$$Throughput\ (bps) = 334{,}86\ x\ 8$$
$$= 2.678{,}88\ bps$$

$$Throughput\ (Mbps) = \frac{2.678{,}88}{1.000.000} = \mathbf{0{,}002679\ Mbps}$$

T hroughput dari jaringan berdasarkan hasil tangkapan Wireshark adalah sekitar 0,697 Mbps, yang menunjukkan laju rata-rata transfer data aktual selama pengujian berlangsung.

Perhitungan Jitter didapatkan nilai :

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{0{,}08\ \text{sec}}{474} = 0{,}0002\ ms$$

2. Melakukan pengukuran QoS ketika salah satu jalur mengalami masalah

Pada pengujian kedua ini, paket data dialihkan melalui jalur cadangan (*backup link*) karena jalur utama (*main link*) sengaja dimatikan. Selanjutnya, kualitas layanan (QoS) akan diukur menggunakan aplikasi *Wireshark*. Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam perhitungan delay dan packet loss, dapat dilihat melalui menu Wireshark dengan memilih opsi Statistics → Summary, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.24 berikut:

Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	500	474	0
Between first and last packet	392,391 sec		
Avg. packets/sec	1,208		
Avg. packet size	72,076 bytes		
Bytes	34164		
Avg. bytes/sec	87,066		
Avg. MBit/sec	0,001		

Gambar 4. Summary QoS saat Jalur Utama Mengalami Gangguan

Dari hasil tangkapan paket menggunakan sebagai berikut:

1) Total packet yang ditangkap (Captured) = 474
2) Durasi antara paket pertama dan terakhir = 392,391 detik
3) Average packets/sec = 1,208
4) Average packet size = 72,076 bytes
5) Total bytes = 34.164 bytes

Nilai tersebut digunakan untuk menghitung *packet loss* dan *delay*:

Paket yang diterima = Paket yang dikirim – Paket hilang
= 500 - 26
= 474

Maka packet loss yang didapatkan adalah:

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ dikirim - paket\ received}{paket\ data\ yang\ dikirim}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{500 - 474}{500}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{26}{500}\ x\ 100\%$$

$$Packet\ loss = \mathbf{5,2}\%$$

Kemudian untuk perhitungan delay didapatkan nilai:

$$Rata - rata\ Delay = \frac{\text{Total Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima}$$

$$= \frac{392{,}391\ \text{sec}}{474}$$

$$= \mathbf{0,8277}\ \boldsymbol{sec}$$

Melakukan perhitungan *Throughput* didapatkan nilai:

$$Troughput = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

$$= \frac{34{,}164\ \text{bytes}}{392{,}391\ \text{sec}}$$

$$= 87{,}066\ bytes/sec$$

$$Throughput\ (bps) = 87{,}066\ x\ 8$$

$$= 696{,}528\ bps$$

$$Throughput\ (Mbps) = \frac{696{,}528}{1.000.000} = \mathbf{0,697}\ \boldsymbol{Mbps}$$

Throughput dari jaringan berdasarkan hasil tangkapan Wireshark adalah sekitar 0,697 Mbps, yang menunjukkan laju rata-rata transfer data aktual selama pengujian berlangsung.

Perhitungan Jitter didapatkan nilai :

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{0{,}08\ \text{sec}}{474} = 0{,}0002\ ms$$

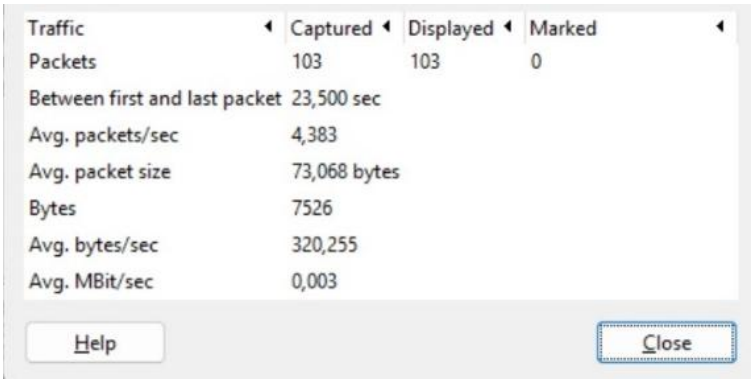
3. Melakukan pengukuran QoS selama periode jam kunjungan tertinggi, untuk mengetahui performa jaringan ATM saat trafik pengguna sedang tinggi.

   Pada pengujian ketiga ini, pengukuran kualitas layanan (Quality of Service/QoS) dilakukan berdasarkan periode waktu kunjungan tertinggi, yaitu saat jam sibuk ketika intensitas transaksi ATM meningkat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana performa jaringan mampu mempertahankan kestabilan layanan dalam kondisi beban trafik yang tinggi. Pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark untuk memperoleh parameter QoS seperti delay, jitter, troughput dan packet loss.

   Data hasil pengukuran dapat diperoleh melalui menu *wireshark* dengan memilih opsi Statistics → Summary.

   a. Pengujian pada pagi hari

      Pengambilan data dilakukan pada pukul 06.00–10.00 WIB, waktu dengan trafik tertinggi. Nasabah umumnya melakukan penarikan tunai sebelum memulai aktivitas harian. Pengujian ini bertujuan untuk melihat performa jaringan ketika sistem mulai mengalami beban transaksi padat di awal hari. Parameter yang diamati meliputi delay, jitter, dan packet loss untuk mengetahui apakah ada degradasi kualitas layanan pada periode ini.



Gambar 5. Summary QoS Hasil Pengujian Pagi Hari (06.00–10.00 WIB)

Dari hasil tangkapan paket menggunakan sebagai berikut:

1) Total packet yang ditangkap (Captured) = 103
2) Durasi antara paket pertama dan terakhir = 23,500 detik

3) Average packets/sec = 4,383
4) Average packet size = 73,068 bytes
5) Total bytes = 7526 bytes

Nilai tersebut digunakan untuk menghitung *packet loss* dan *delay*.

Paket yang diterima = Paket yang dikirim – Paket hilang
= 103 - 0
= 103

Maka packet loss yang didapatkan adalah:

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ dikirim - paket\ received}{paket\ data\ yang\ dikirim}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{103 - 103}{103}\ x\ 100\%$$
$$= 0\%$$
$$Packet\ loss = \mathbf{0}\%$$

Kemudian untuk perhitungan delay didapatkan nilai:

$$Rata - rata\ Delay = \frac{\text{Total Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{23{,}5\ \text{sec}}{102}$$

$$= \mathbf{0,230}\ \boldsymbol{sec}$$
$$= \mathbf{230}\ \boldsymbol{ms}$$

Melakukan perhitungan *Throughput* didapatkan nilai:

$$Troughput = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

$$= \frac{7526\ \text{bytes}}{23{,}5\ \text{sec}}$$

$$= 320{,}68\ bytes/sec$$

$$Throughput\ (bps) = 320{,}68\ x\ 8$$
$$= 2565{,}44\ bps$$

$$Throughput\ (Mbps) = \frac{2565{,}44}{1.000.000} = \mathbf{0,002565}\ \boldsymbol{Mbps}$$

Throughput dari jaringan berdasarkan hasil tangkapan *wireshark* adalah sekitar 0,0025 Mbps, yang menunjukkan laju rata-rata transfer data aktual selama pengujian berlangsung.

Perhitungan Jitter didapatkan nilai :

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{22{,}53\ \text{sec}}{102} = 0{,}2209\ sec$$

$$= 0{,}2209\ x\ 1000 = \mathbf{220{,}9}\ \boldsymbol{ms}$$

Setelah dilakukan percobaan pada eNSP sebanyak 10 kali diperoleh hasil:

Tabel 2. Hasil Pengujian QoS Pagi Hari (07.00 -10.00 WIB)

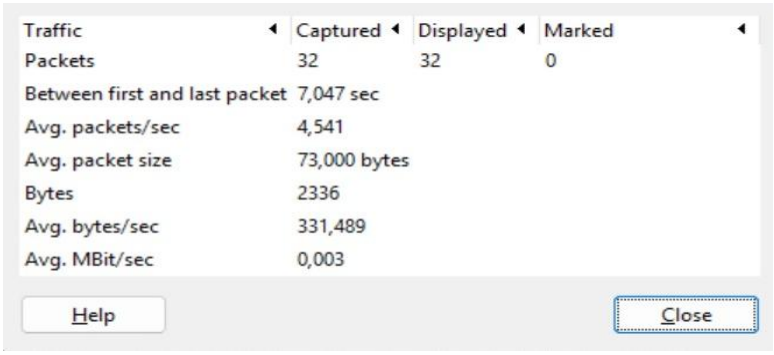
Pengujian pada pukul 07.00 –10.00 WIB					
No	Jitter	Delay	Packet Loss	Rata-rata Indeks	Kategori
	(ms)	(ms)	(%)	**2,67**	**Sedang**
1	220.9	230.39	0,00		
2	229.06	228.6	4,09		
3	220.71	217.58	0,00		
4	225.95	226.13	0,61		
5	234.88	233.79	2,44		
6	223.78	225.91	0,00		
7	230.12	230.97	0,00		
8	223.95	223.95	1,44		
9	230.92	233.46	0,00		
10	226.3	226.17	0,59		
Rata-rata	226.657	227.695	0,971%		
Indeks	1	3	4		

Pada rentang waktu pagi hari, performa jaringan tergolong stabil. Hal ini ditunjukkan dengan mayoritas percobaan menghasilkan nilai packet loss sebesar 0%, serta tidak adanya lonjakan signifikan pada nilai jitter dan delay. Rata-rata jitter dan delay masih berada dalam rentang yang wajar dan konsisten.

Kondisi ini mencerminkan bahwa aktivitas pengguna atau kunjungan ATM masih tergolong rendah, mengingat pagi hari biasanya belum menjadi waktu puncak transaksi. Dengan beban trafik jaringan yang relatif ringan, performa jaringan dapat tetap optimal tanpa gangguan signifikan.

b. Pengujian pada siang hari

Pengujian dilakukan pada pukul 12.00–16.00 WIB, saat jam istirahat siang. Pada waktu ini, nasabah khususnya karyawan memanfaatkan waktu luang untuk melakukan transaksi perbankan melalui ATM, seperti penarikan tunai atau transfer. Beban trafik meningkat secara cepat dalam waktu singkat, sehingga penting untuk mengamati kestabilan jaringan dalam menangani lonjakan trafik tersebut. Parameter QoS diamati untuk mengidentifikasi potensi delay atau penurunan performa jaringan akibat kepadatan penggunaan secara bersamaan.



Gambar 6. Summary QoS Hasil Pengujian Siang Hari (12.00–16.00 WIB)

Dari hasil tangkapan paket menggunakan sebagai berikut:

1) Total packet yang ditangkap (Captured) = 32
2) Durasi antara paket pertama dan terakhir = 7,047 detik
3) Average packets/sec = 4,541
4) Average packet size = 73,000 bytes
5) Total bytes = 2336 bytes

Nilai tersebut digunakan untuk menghitung *packet loss* dan *delay*:

Paket yang diterima = Paket yang dikirim – Paket hilang

= 32 - 30

= 2

Maka packet loss yang didapatkan adalah:

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ dikirim - paket\ received}{paket\ data\ yang\ dikirim}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{32 - 30}{32}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{2}{32}\ x\ 100\%$$

$$= 6{,}25\%$$

$$Packet\ loss = \mathbf{6,25}\%$$

Kemudian untuk perhitungan delay didapatkan nilai:

$$Rata - rata\ Delay = \frac{\text{Total Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{7{,}047\ \text{sec}}{29}$$

$$= \mathbf{0,2423}\ \boldsymbol{sec}$$
$$= \mathbf{242,3}\ \boldsymbol{ms}$$

Melakukan perhitungan *Throughput* didapatkan nilai:

$$Troughput = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

$$= \frac{2{,}336\ \text{bytes}}{44{,}390\ \text{sec}}$$

$$= 52{,}62\ bytes/sec$$

$$Throughput\ (bps) = 52{,}62\ x\ 8$$
$$= 420{,}96\ bps$$

$$Throughput\ (Mbps) = \frac{420{,}96}{1.000.000} = \mathbf{0,000421}\ \boldsymbol{Mbps}$$

Throughput dari jaringan berdasarkan hasil tangkapan Wireshark adalah sekitar 0,000421 Mbps, yang menunjukkan laju rata-rata transfer data aktual selama pengujian berlangsung.

Perhitungan Jitter didapatkan nilai :

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{7{,}187\ \text{sec}}{29} = 0{,}2478\ sec$$

$$= 0{,}2478\ x\ 1000 = \mathbf{247,8}\ \boldsymbol{ms}$$

Setelah dilakukan percobaan pada eNSP sebanyak 10 kali diperoleh hasil:

Tabel 3. Hasil Pengujian Siang Hari (12.00 - 16.00)

Pengujian pada pukul 12.00–16.00 WIB					
No	Jitter	Delay	Packet Loss	Rata-rata Indeks	Kategori
	(ms)	(ms)	(%)	**2,33**	**Sedang**
1	225.31	228.23	0,59		
2	224.07	230.11	4,67		
3	247,80	242,30	6,25		
4	0.38	222.32	0,61		
5	219.66	220.01	2,44		
6	201.98	209.78	4,21		
7	226.68	201.98	3,66		
8	224.59	227.32	4,15		
9	223.28	223.78	4,23		
10	214.05	218.58	0,00		
Rata-rata	195.5556	220.2344	0.03081		
Indeks	1	3	3		

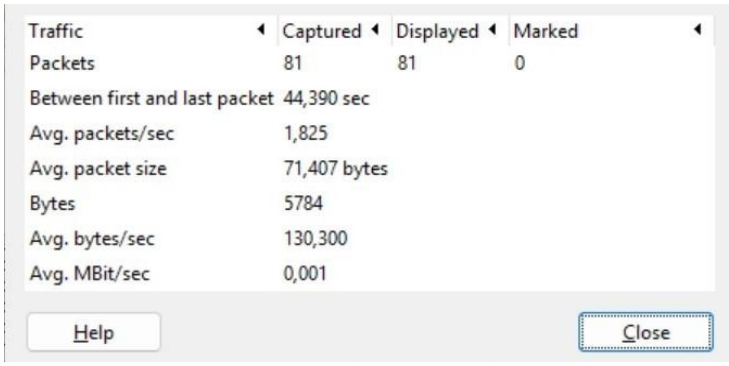
Pada periode siang ini, jaringan menunjukkan tingkat packet loss tertinggi dibanding dua dataset lainnya. Meskipun tidak ditemukan lonjakan jitter dan delay sebesar pada dataset siang, banyak percobaan yang mengalami packet loss signifikan (hingga 6.25%).

Kondisi ini mencerminkan bahwa trafik jaringan tergolong padat namun terdistribusi, di mana penurunan performa terjadi secara bertahap, bukan, yang umumnya terjadi saat jam istirahat kerja di mana banyak pengguna melakukan transaksi ATM, pembayaran, atau kegiatan perbankan lainnya. Tingginya jitter dan delay menunjukkan bahwa jaringan berada dalam kondisi beban berat, yang berdampak langsung terhadap penurunan kualitas layanan.

c. Pengujian pada sore hingga malam hari

Pengujian ini dilakukan pada pukul 17.00–21.00 WIB, ketika nasabah kembali menggunakan ATM setelah aktivitas kerja berakhir. Selain penarikan tunai, waktu ini juga sering digunakan untuk transaksi menjelang tutup hari, seperti setor tunai atau pembayaran tagihan. Pengukuran QoS

dilakukan untuk mengetahui performa jaringan pada akhir hari ketika sistem berpotensi mengalami akumulasi beban. Pengujian ini juga penting untuk melihat sejauh mana failover atau sistem dual link tetap bekerja optimal saat trafik tinggi terjadi di luar jam operasional kantor pusat.



Gambar 7. Summary QoS Hasil Pengujian Sore Hari (17.00–21.00 WIB)

Dari hasil tangkapan paket menggunakan sebagai berikut:

1) Total packet yang ditangkap (Captured) = 81
2) Durasi antara paket pertama dan terakhir = 44,390 detik
3) Average packets/sec = 1,825
4) Average packet size = 71,407 bytes
5) Total bytes = 5784 bytes

Nilai tersebut digunakan untuk menghitung *packet loss* dan *delay*:

Paket yang diterima = Paket yang dikirim – Paket hilang

= 103 - 0

= 103

Maka packet loss yang didapatkan adalah:

$$Packet\ loss = \frac{data\ yang\ dikirim - paket\ received}{paket\ data\ yang\ dikirim}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{81 - 77}{81}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{4}{81}\ x\ 100\%$$

$$= 4{,}94\%$$

$$Packet\ loss = \mathbf{4,94}\%$$

Kemudian untuk perhitungan delay didapatkan nilai:

$$Rata - rata\ Delay = \frac{\text{Total Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{44{,}390\ \text{sec}}{76}$$

$$= \mathbf{0,576}\ \boldsymbol{sec}$$
$$= \mathbf{576}\ \boldsymbol{ms}$$

Melakukan perhitungan *Throughput* didapatkan nilai:

$$Troughput = \frac{\text{jumlah data yang dikirim}}{\text{waktu pengiriman data}}$$

$$= \frac{5784\ \text{bytes}}{44{,}390\ \text{sec}}$$

$$= 130{,}31\ bytes/sec$$

$$Throughput\ (bps) = 130{,}31\ x\ 8$$
$$= 1.042{,}5\ bps$$

$$Throughput\ (Mbps) = \frac{1.042{,}5}{1.000.000} = \mathbf{0,0010425}\ \boldsymbol{Mbps}$$

Throughput dari jaringan berdasarkan hasil tangkapan Wireshark adalah sekitar 0,001043 Mbps, yang menunjukkan laju rata-rata transfer data aktual selama pengujian berlangsung.

Perhitungan Jitter didapatkan nilai :

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1}$$

$$= \frac{42{,}52\ \text{sec}}{76} = 0{,}5594\ sec$$

$$= 0{,}5594\ x\ 1000 = \mathbf{559,4}\ \boldsymbol{ms}$$

Setelah dilakukan percobaan pada eNSP sebanyak 10 kali diperoleh hasil:

Tabel 4. Hasil Pengujian Sore Hari (17.00 - 21.00)

Pengujian pada pukul 17.00–21.00 WIB					
No	Jitter	Delay	Packet Loss	Rata-rata Indeks	Kategori
	(ms)	(ms)	(%)	**1.33**	**Buruk**
1	554.88	538.18	4,94		
2	625.12	633.00	0,00		
3	631.41	629.77	0,00		
4	2125.24	2130.85	0,00		
5	234.38	234.69	0,00		
6	231.25	232.05	0,00		
7	279.47	283.54	5,08		
8	224.81	227.49	0,00		
9	243.69	241.54	4.09		
10	233.96	232.11	0,00		
Rata-rata	538.421	538.322	14.11		
Indeks	1	1	4		

Pada rentang waktu sore menjelang malam ini performa jaringan mengalami penurunan stabilitas yang cukup signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh adanya lonjakan besar pada nilai jitter dan delay bahkan mencapai lebih dari 2000 ms, serta kemunculan packet loss pada beberapa titik dengan nilai cukup tinggi (misalnya 5.08% dan 4.94%).

Kondisi ini mengindikasikan adanya lonjakan trafik secara akibat lonjakan mendadak. Hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas transaksi setelah jam kerja atau kegiatan finansial lainnya yang dilakukan oleh masyarakat di penghujung hari.

PEMBAHASAN

Hasil simulasi membuktikan bahwa desain jaringan yang dirancang berhasil mencapai tujuan utama, yaitu menyediakan mekanisme konektivitas cadangan (*failover*) menggunakan protokol *Border Gateway Protocol* (BGP). BGP mampu melakukan seleksi rute terbaik secara otomatis berdasarkan parameter Local Preference, sehingga ketika jalur utama mengalami gangguan, lalu lintas jaringan
(*traffic*) dapat secara dinamis dialihkan ke jalur cadangan tanpa memerlukan intervensi manual tambahan.

Dalam kondisi normal, BGP pada perangkat CPE memilih jalur utama melalui perangkat PE (Provider Edge) karena memiliki nilai Local Preference yang lebih tinggi

(200), sesuai konfigurasi route-policy. Sebaliknya, jalur cadangan melalui OPCELL diberikan Local Preference yang lebih rendah (100). Pengaturan ini memastikan bahwa selama jalur utama aktif, seluruh trafik diarahkan melalui jalur tersebut. Ketika jalur utama disimulasikan mengalami gangguan (dengan menonaktifkan interface), BGP secara otomatis mendeteksi ketidakterjangkauan rute dan segera mengalihkan trafik ke jalur cadangan melalui OPCELL. Proses transisi ini berlangsung cepat dan tidak menyebabkan terputusnya koneksi antar perangkat, menunjukkan bahwa mekanisme failover berjalan secara optimal dan responsif.

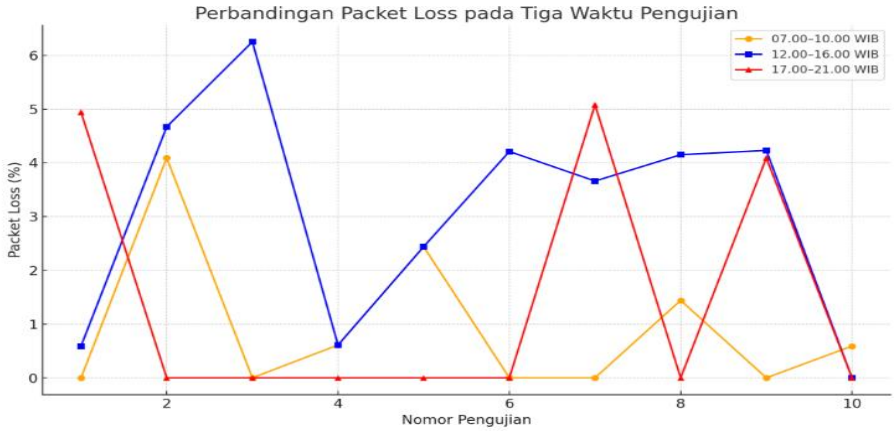
Selain dari keberhasilan mekanisme failover, dilakukan pula pengujian Quality of Service (QoS) untuk menilai performa jaringan dalam kondisi nyata di lapangan. Pengujian ini dilakukan dengan metode sniffing dan packet capture selama kunjungan ke lokasi ATM. Parameter-parameter QoS yang dianalisis meliputi Jitter, Delay, dan Packet Loss, yang menjadi indikator penting dalam mengukur kestabilan dan kualitas layanan jaringan.

Untuk mendapatkan hasil yang representatif, pengujian dilakukan dalam tiga rentang waktu yang berbeda, yaitu:

a. Pagi (06.00–10.00 WIB),
b. Siang (12.00–16.00 WIB),
c. Sore hingga malam (17.00–21.00 WIB).

Pembagian waktu ini dimaksudkan untuk menangkap variasi performa jaringan yang mungkin terjadi akibat perubahan intensitas trafik ATM berdasarkan waktu, seperti pada jam sibuk siang hari atau waktu pulang kerja.

Berikut adalah diagram perbandingan Packet Loss (%) berdasarkan waktu pengujian yang telah dilakukan:



Gambar 8. Perbandingan Packet Loss pada Tiga Waktu Pengujian

Analisis terhadap grafik dan tabel menunjukkan bahwa periode waktu pukul 12.00–14.00 WIB merupakan saat dengan trafik ATM paling padat. Hal ini ditandai oleh lonjakan nilai jitter yang mencapai hingga 2125 ms dan delay hingga 2130 ms, disertai dengan munculnya beberapa nilai packet loss yang tertingi sebesar 2.611%. Selain itu, pola fluktuasi grafik yang tajam mencerminkan ketidakstabilan jaringan dalam interval waktu yang pendek. Kondisi ini umumnya terjadi akibat tingginya aktivitas pengguna pada jam istirahat siang, di mana masyarakat cenderung melakukan transaksi finansial melalui ATM. Lonjakan trafik secara mendadak menyebabkan beban jaringan meningkat dan berdampak pada penurunan performa layanan.

Sementara itu, pada rentang waktu pukul 17.00–21.00 WIB, jaringan menunjukkan rata-rata packet loss tinggi seperti 5.08% dan 4.94%. Meskipun tidak disertai lonjakan jitter dan delay setinggi waktu siang hari, distribusi packet loss yang konsisten menunjukkan bahwa jaringan mengalami kepadatan trafik yang bersifat terdistribusi secara bertahap di waktu sore hingga malam. Hal ini menunjukkan adanya tekanan trafik yang terus-menerus terhadap jaringan meskipun tidak seintens lonjakan pada siang hari.

Adapun pada pagi hari (07.00–10.00 WIB), jaringan menunjukkan performa paling stabil. Sebagian besar pengujian menunjukkan nilai packet loss sebesar 0%, dengan nilai jitter dan delay yang relatif rendah dan tidak fluktuatif. Hal ini mencerminkan bahwa aktivitas transaksi ATM pada pagi hari masih tergolong rendah, sehingga beban terhadap jaringan pun lebih ringan dan performa jaringan tetap optimal.

Temuan ini menegaskan bahwa performa jaringan sangat dipengaruhi oleh dinamika trafik yang terjadi berdasarkan waktu. Oleh karena itu, desain jaringan perlu mempertimbangkan kondisi trafik secara real-time agar tetap responsif terhadap lonjakan beban. Dalam konteks ini, pendekatan Border Gateway Protocol (BGP) dengan konfigurasi dual-link dan mekanisme failover otomatis menjadi sangat relevan, karena mampu menjaga ketersediaan jaringan saat terjadi lonjakan trafik, memastikan stabilitas rute ketika jalur utama mengalami gangguan, serta mengurangi risiko packet loss dan latency pada saat trafik meningkat.

Secara umum, lokasi atau periode dengan trafik ATM tinggi justru menunjukkan performa jaringan yang relatif stabil, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kesiapan infrastruktur jaringan yang lebih baik di lokasi strategis. Sebaliknya, lokasi dengan trafik rendah cenderung menunjukkan nilai jitter dan delay yang fluktuatif serta throughput yang rendah, yang menandakan kualitas koneksi yang belum sepenuhnya optimal.

Dengan demikian, perancangan jaringan ini membuktikan bahwa pendekatan failover berbasis BGP dual-link merupakan solusi yang efektif dalam meningkatkan availability dan reliability jaringan komunikasi ATM. Jika diterapkan dalam lingkungan operasional nyata, desain ini mampu menangani dinamika trafik secara adaptif serta menjamin kontinuitas layanan transaksi, bahkan pada jam-jam sibuk sekalipun.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perancangan dan simulasi failover routing BGP, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Penelitian ini berhasil melakukan perancangan dan simulasi redundansi jaringan ATM menggunakan metode failover routing BGP dual link dengan bantuan perangkat lunak eNSP (*Enterprise Network Simulation Platform*).
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode failover dapat berjalan dengan baik, di mana sistem mampu secara otomatis mengalihkan jalur koneksi ketika terjadi gangguan pada salah satu link, sehingga konsep *high availability* pada jaringan dapat tercapai.
3. Berdasarkan hasil pengujian *Quality of Service* (QoS) melalui uji konektivitas terhadap mesin ATM, diperoleh metrik performa sebagai berikut:
   a. *Delay* rata-rata berada pada rentang 200–230 ms, menunjukkan bahwa latensi jaringan masih dalam batas toleransi untuk layanan transaksi ATM.
   b. *Jitter* menunjukkan nilai yang bervariasi, dengan rata-rata sekitar 220 ms pada kondisi tertentu. Namun demikian, nilai jitter masih dapat ditoleransi karena tidak menyebabkan putusnya koneksi.
   c. *Packet Loss* pada sebagian besar skenario pengujian berada di bawah 5%, dengan beberapa kondisi mencapai 0%, mengindikasikan kualitas jaringan yang cukup stabil terutama saat failover berlangsung. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem tetap mampu menjaga kestabilan jaringan meskipun salah satu jalur koneksi mengalami gangguan.
4. Penelitian ini masih terbatas pada tahap simulasi dan belum diimplementasikan di lingkungan jaringan nyata, sehingga masih banyak aspek yang perlu diperbaiki dan dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas link dan performa backhaul. Rancangan jaringan ini memiliki potensi untuk diterapkan sebagai solusi backhaul bagi penyedia layanan internet (ISP), khususnya dalam memenuhi kebutuhan konektivitas antar kantor atau lokasi.
5. Untuk tahap implementasi nyata, diperlukan kerja sama dan dukungan dari pihak ISP serta waktu pelaksanaan yang tepat agar tidak mengganggu operasional perusahaan dan sistem yang sedang berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

Adhiwibowo, W., & Irawan, A. R. (2019). Implementasi Redundant Link Untuk Mengatasi *Downtime* Dengan Metode *Failover* . *Jurnal Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi*, *15*(1), 48.

Ahmad Irpan Mawali, Ahmad Tantoni, and Maulana Ashari, “Implementasi Load Balancing Dan *Failover* Pada Jaringan Internet Hotel Puri Indah Dengan Metode

NTH," *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, vol. 2, no. 4, pp. 28–38, Jun. 2024, doi: 10.61132/merkurius.v2i4.133.

Ahmaddul Hadi,S.Pd.,M.Kom. (2016). Administrasi jaringan Komputer. 1

Amuda, S. (2021). Optimasi Kinerja Routing Dinamis Menggunakan Algoritma Open Shortest Path

Citraweb (2025). https://citraweb.com/artikel/154/ [Diakses pada 20 Januari 2025]

E. Brewster, R. Griffiths, A. Lawes dan J. Sansbury, IT Service Management: A Guide for ITIL Foundation Exam Candidates, vol. 2, Swindon: BCS, The Chartered Institute for IT, 2012.

Edward, J., & Bramante, R. 2009. "Networking Self Teaching Guide.Indianapolis". Willey Publishing

H.Abdul Rozak (2010:5).Trik Cepat Menguasai Microsoft Visio. Jakarta: PT.Gramedia

Harsapranata, A. I. (2015). Implementasi *Failover* Menggunakan Jaringan Vpn Dan Metronet Pada Astridogroup Indonesia. *CCIT Journal*, *8*(2), 66±77.

Hasanah, F. U. & Mubarakah, N., 2014. ANALISIS KINERJA ROUTING DINAMIS DENGAN TEKNIK RIP (ROUTING INFORMATION PROTOCOL) PADA TOPOLOGI. SINGUDA ENSIKOM, Volume Vol. 7 No. 3.

iForte (2022). https://www.iforte.id/network/fiber-optic-connection [Diakses pada 22 Januari 2025]

Indonet (2025). https://indonet.co.id/id/cloud-exchange-id [Diakses pada 22 Januari 2025]

Iskandar, Iwan & Hidayat, Alvinur. 2015. AnalisaQuality ofService (QoS)Jaringan InternetKampus (Studi Kasus : UIN Suska Riau).Pekanbaru.Jurnal CoreIT.

Iskandar, I., & Hidayat, A. (2015). Analisa Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Kampus (Studi Kasus: UIN Suska Riau). *Jurnal CoreIT*, *1*(2), 2460– 2738.

Kaur, A., Singh, P. Juli 2015. Behavior of OSPFV3 and RIPng with Remote Login, HTTP, and E- mail Profiles Using Opnet14.5. (IRJET) International Research Journal of Engineering and Technology. e-ISSN : 2395-0056, p-ISSN : 2395-0072. Volume: 02 Issue: 04. Hal. 908-914. https://www.irjet.net/archives/V2/i4/Irjet-v2i4154.pdf. Diakses Tanggal 22 Januari 2025

Khasanah, S. N., & Utami, L. A. (2018). Implementasi *Failover* Pada Jaringan WAN Berbasis VPN. *Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa*, *4*(1), 62±66.

KN, Nurwijayanti. (2020) Analisa Jaringan Mesin *Automatic Teller Machine* (Atm) Dalam Rangka Pemeliharaan Di Pulau Jawa. *Jurnal Teknologi Industri9(1),2*

Kosasi S. 2011. Penerapan Network Development Life Cycle Untuk Pengembangan Teknologi Thin Client. J. Ilm. Komputasi dan Elektron. 4: 125±141. Nugroho K. 2017. Switch Multilayer Switch Cisco. Bandung: Informatika

Krisnawijaya, N. N. K. & Paramartha, C.R. A., 2016. PENERAPAN JARINGAN

MULTIHOMING PADA JARINGAN KOMPUTER FAKULTAS HUKUM. JIILK Universitas Udayana Vol. 9, No. 1.

Mahanaim, R. S., Sanjaya, T., & Setiyadi, D. (2019). Network Development Life Cycle (Ndlc) Dalam Perancangan Jaringan Komputer Pada. 4(1), 1–10

Maipu (2020). https://www.maipu.com/Goods/Details?id=110 [Diakses pada 07 Januari 2025]

Mulyanta, Edi S. 2005. Pengenalan Protokol Jaringan Wireless Komputer. Yogyakarta : Andi Offset. Hal : 123.

P. Oppenheimer, Top-Down Network Design (Third Edition), United State Of America: Cisco Press, 2011.

Prasetyanto, D., 2016, Buku Ajar Rekayasa Lalu Lintas, Bandung.

Primacom (2025). https://primacom.com/services/satellite-communication [Diakses pada 22 Januari 2025]

Ridhwan, M., & Nurpulela, L. (2023). Analisis Penggunaan Jaringan Fiber Optik Di Area Kawasan Bijb Kertajati. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*(14), 467-479.

Rosalia, M., Munadi, R., & Mayasari, R. (2016). Implementasi High Availability Server Menggunakan Metode Load Balancing dan *Failover* pada Virtual Web Server Cluster. *E-Proceeding of Engineering*, *3*(3), 4496–4503.

Scott, "What is a Point of Presence (PoP)?," Colocation America, 11 October 2018. [Online]. Available: https://www.colocationamerica.com/ blog/point-of-presence [Diakses pada 22 Januari 2025]

Setiawan, A. (2015). Nixtrain-CCNA Lab Guide Nixtrain_1st Edition_Full Version. Bandung: CV. Nixtrain Infotama.

Sofana, Iwan, (2008). Membangun Jaringan Komputer. Bandung : Informatika

Subramanian, M., 2018, Network Management: An introduction to principles and practice, Boston: Addison Wesley Longman.

Sukendar, Toni, Ikhsan, S. (2017). Menjaga konektifitas Internet Agar Selalu Up Dengan Metode Fail Over Berbasis Mikrotik Pada SMA Darusallam Jakarta. *Jurnal Teknik Komputer*, *Vol. III*(2), 48–52.

Susianto, D. (2016). Implementasi Queue Tree Untuk Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Router Board Mikrotik*. Jurnal Cendikia*, 12(1).

T. R. Ariantoro, "Penerapan Metode Top-Down Design pada Jaringan Komputer di STIK Bina Husada," Jutim, vol. II, pp. 55-69, 2017.

Tanenbaum, Andrew S., and David Wetherall. *Computer Networks.* 5th ed., Pearson Education, 2011.

Tangara (2025). https://www.mitrakom.co.id/satellite-based [Diakses pada 22 Januari 2025]

Tulloh, D. M., Duskarnaen, M. F., Sc, M., Ajie, H., Si, S., Throughput, K., & Balancing,

L. (2009). Analisis Jaringan Akses Internet Menggunakan Mikrotik Router Os Di Smk Tunas Harapan Dengan Optimalisasi Load Balancing Menggunakan Parameter Qos (Quality Of Service). 2–5

Varianto, E., & Badrul, M. (2015). Implementasi Virtual Private Network dan Proxy Server Menggunakan Clear OS pada PT. Valdo International. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 1(1), 54-60.

Zabbix (2025). https://www.zabbix.com [Diakses pada 20 Januari 2025]