PERANCANGAN WAN OPTIMIZATION DENGAN FITUR HOT STANDBY ROUTER PROTOCOL, QUALITY OF SERVICE DAN NETWORK MONITORING SYSTEM MENGGUNAKAN PERANGKAT CISCO PADA PT. DATA   
GLOBAL KOMUKATAMA

**M Maulana Andi Alfachrizy**

Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika

Jakarta, Indonesia

*Email: alfasnif@gmail.com*

ABSTRAK

Skripsi ini membahas perancangan WAN Optimization dengan fitur *Hot Standby Router Protocol* (HSRP), *Quality of Service* (QoS), dan *Network Monitoring System* (NMS) menggunakan perangkat Cisco pada PT. Data Global Komukatama. Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan ketersediaan, keandalan, dan kinerja jaringan *Wide Area Network* (WAN) perusahaan yang menghubungkan kantor pusat dengan pusat data (*Data Center*) yang berbeda lokasi. Permasalahan utama yang dihadapi adalah kurangnya redundansi, kualitas layanan yang tidak terjamin, dan minimnya sistem monitoring jaringan. Penelitian ini mengusulkan solusi dengan menerapkan HSRP untuk menyediakan redundansi *router*, QoS untuk mengelola prioritas lalu lintas jaringan, dan NMS untuk memantau jaringan secara *real-time*. Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi, wawancara, dan studi pustaka, dengan model pengembangan jaringan menggunakan *Network Development Life Cycle* (NDLC). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan HSRP, QoS, dan NMS mampu mengurangi waktu pemulihan jaringan saat terjadi kegagalan, meningkatkan kualitas layanan, dan memudahkan deteksi masalah jaringan. Dengan demikian, solusi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan jaringan WAN PT. Data Global Komukatama.

***Kata kunci :*** *HSRP, QoS dan NMS*

1. **PENDAHULUAN**

Pada zaman sekarang yang serba digital saat ini, teknologi dalam jaringan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Di mana kebutuhan akan konektivitas yang cepat dan handal menjadi sangat penting bagi banyak perusahaan. Dengan munculnya berbagai aplikasi berbasis *cloud* dan layanan digital yang digunakan, perusahaan dituntut untuk memastikan bahwa infrastruktur jaringan mereka mampu mendukung kinerja yang optimal. Kebutuhan akan infrastruktur jaringan sangat diperlukan salah satunya di Perusahaan Swasta. Salah satu perusahaan swasta yang menghadapi tantangan ini adalah PT. Data Global Komukatama, perusahaan ini tumbuh dan beroperasi dalam industri teknologi informasi dan komunikasi. Yang berfokus dalam pendistribusian alat telekomunikasi jaringan yang memiliki fasilitas pusat data (*Data Center*) untuk aplikasi internal berbasis *cloud* dan data marketing yang disimpan di dalamnya. Dikarenakan memiliki jaringan WAN, perusahaan ini perlu melakukan tindakan nyata untuk Optimalisasi WAN. “Optimalisasi WAN adalah praktik penting dalam manajemen jaringan modern yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi jaringan area luas (WAN) yang terpisah secara geografis”[1].

Ada berbagai cara untuk melakukan Optimalisasi WAN, salah satunya adalah dengan menambahkan *interface gateway* cadangan di dalam sebuah jaringan, seperti menggunakan protokol *Hot Standby Router Protocol* (HSRP).

Cisco mengembangkan *Hot Standby Router Protocol* (HSRP) sebagai protokol *gateway* yang distandarisasi untuk menyediakan redundansi jaringan[2].

Perusahaan ini mengandalkan jaringan WAN untuk menghubungkan *Head Office* (HO) dengan *Data Center*. Namun, jaringan masih menggunakan *static routing* yang kurang fleksibel dan memerlukan konfigurasi manual. Jika terjadi gangguan atau kepadatan lalu lintas, *static routing* tidak dapat otomatis beralih ke jalur alternatif, sehingga berpotensi menyebabkan *downtime*, menurunkan kinerja jaringan, dan mengganggu layanan ke pelanggan. Implementasi solusi yang lebih cerdas dan dinamis diperlukan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi jaringan. *Downtime* (waktu henti) terjadi ketika sebuah komponen mengalami kegagalan fungsi dan tidak dapat menjalankan fungsi yang seharusnya, yang mengakibatkan sistem tidak beroperasi sebagaimana mestinya[3].

Selain itu, tingkat untuk kualitas layanan dalam mengelola jaringan yang mendukung beberapa aplikasi dan layanan, QoS (*Quality of Service*) juga menjadi pertimbangan penting, terutama untuk aplikasi yang menuntut *bandwidth* tinggi dan latensi atau jitter yang minimal. Kinerja layanan *cloud*, VoIP, dan aplikasi konferensi video dapat menurun di PT Data Global Komukatama jika QoS tidak digunakan, selain itu, PT. Data Global Komukatama mengalami kesulitan untuk secara aktif mengidentifikasi dan memperbaiki masalah jaringan karena tidak adanya sistem pemantauan jaringan yang efisien. Keterlambatan dalam menemukan sumber masalah dapat diakibatkan oleh pemantauan jaringan yang tidak memadai, yang membuat efek gangguan menjadi lebih buruk.

Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada PT. Data Global Komukatama ini, diperlukan perancangan sistem WAN *Optimization* yang mengintegrasikan beberapa fitur penting , *Hot Standby Router Protocol* (HSRP) yang akan meningkatkan ketersediaan dan keandalan jaringan. Dan penerapan fitur *Quality of Service* (QoS) yang akan memastikan kualitas layanan tetap optimal, dengan menjamin *bandwidth* *management* yang tepat serta mengurangi latensi yang lebih baik terhadap jaringan. Serta fitur *Network Monitoring System* (NMS), yang membantu memantau dan mendeteksi masalah dalam jaringan.

1. **TINJAUAN PUSTAKA**
2. **Jaringan Komputer**

Jaringan komputer terdiri dari beberapa komputer dan perangkat jaringan lainnya yang berkomunikasi dan bekerja sama memungkinkan peralatan-peralatan jaringan tersebut untuk mencapai tujuan bersama yang saling terintegrasi. Setiap komponen jaringan membantu menyelesaikan tugas yang lebih besar dalam ekosistem digital yang saling terhubung dengan cara yang beragam[4] .

1. ***Internet Protocol Version* 4 (Ipv4)**

Alamat IP adalah alamat yang diberikan ke jaringan dan peralatan jaringan yang menggunakan *protocol* TCP/IP. Alamat IP terdiri dari 32 bit angka *biner* yang dapat dituliskan sebagai empat angka dimensial yang dipisahkan oleh tanda titik seperti 192.168.10.1 [5].

1. ***Routing Protocol***

*Routing* *Protocol* adalah suatu protokol yang digunakan untuk mendapatkan rute atau petunjuk dari satu jaringan ke jaringan yang lain, *routing* merupakan proses dimana suatu *router* akan memilih jalur atau rute untuk mengirimkan atau meneruskan suatu paket ke jaringan yang dituju

1. ***Hot Standby Router Protocol* (HSRP)**

*Hot Standby Router Protocol* merupakan suatu protokol yang digunakan dalam jaringan komputer untuk meningkatkan ketersediaan (*Availability*) dan keandalan (*Reliability*) dalam proses *routing*. Jika satu *router* mati, *router* tambahan dapat mengambil alih tugas perutean tanpa mengganggu konektivitas jaringan berkat HSRP, yang memungkinkan beberapa *router* berfungsi sebagai unit *logical*. HSRP versi 1 didefinisikan melalui standard RFC 2281 tahun 1998.

1. ***Quality of Service* (QoS)**

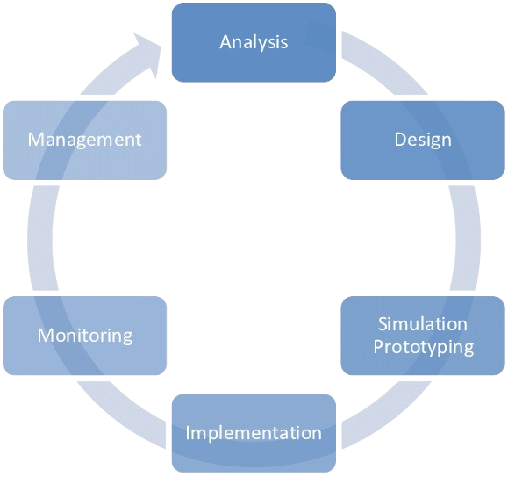
“QoS yaitu sebuah tata cara untuk memberikan kemampuan kepada seorang admin jaringan komputer untuk melakukan kegiatan pengelolaan *bandwidth, loss, delay, jitter* dan *congestion* dari *throughput* dalam sebuah jaringan”[6].

1. ***Network Monitoring System* (NMS)**

Sistem pemantauan jaringan atau *network monitoring system* (NMS) berfungsi sebagai bagian penting dalam manajemen jaringan, yang melibatkan kombinasi perangkat lunak dan perangkat keras. Dengan aplikasi yang ada, proses pemantauan terhadap fungsi dan kinerja jaringan dapat dilakukan, termasuk analisis kepadatan dan lalu lintas data (*traffic*), serta ukuran penggunaan *bandwidth* pada sistem yang lebih kompleks. Selain itu, pemantauan juga dapat diperluas untuk mencakup penggunaan sumber daya, seperti status sistem dan tingkat utilisasi. Implementasi protokol SNMP dalam pemantauan jaringan dilengkapi dengan sistem peringatan dini, sehingga mempermudah *administrator* dalam mengelola jaringan secara efektif[7] .

1. **METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode NDLC (*Network Development Life Cycle*) dalam merancang jaringan usulan.



Gambar 1. Metode NDLC

1. Tahap *Analysis* (Analisis)

Merupakan langkah pertama dalam membangun jaringan, karena semua kebutuhan, masalah, dan topologi jaringan dianalisa pada titik ini. Semua hal yang disebutkan penting untuk terciptanya suatu jaringan usulan yang memiliki nilai tambah untuk diterapkan.

1. Tahap *Design* (Desain)

Pada tahap ini adalah dengan melakukan pengembangan jaringan yaitu mendesain arsitektur sebuah jaringan usulan di dalamnya terdapat pemilihan topologi usulan, perangkat keras, *layout* perkabelan, perangkat lunak yang diperlukan oleh PT. Data Global Komukatama.

1. Tahap *Simulation Prototyping* (Simulasi)

Tahap simulasi ini menggunakan *tools* bantuan yaitu *software* GNS3. Di tahap ini akan dilakukan simulasi jaringan awal dan jaringan usulan sebagai bahan peneliti melakukan uji coba.

1. Tahap *Implementation* (Implementasi)

Selanjutnya tahap implementasi, dibandingkan dengan tahap lainnya, tahap ini membutuhkan waktu yang lebih lama. Karena tahap ini akan mengimplementasikan semua yang direncanakan dan dirancang sebelumnya. Untuk peimplementasiian, peneliti menggunakan *software* GNS3, dengan menampilkan sebuah topologi jaringan usulan dengan konfigurasi fitur *Hot Standby Router Protocol* (HSRP), *Quality of Service* (QoS) dan *Network Monitoring System* (NMS).

1. Tahap *Monitoring* (Pengamatan)

Pada tahap *monitoring* ini merupakan tahapan penting untuk dilakukan, karena peneliti dapat mengetahui berhasil atau tidaknya pengembangan jaringan tersebut. *Monitoring* dapat berupa pengamatan pada :

a. Perangkat Keras : dengan mengamati seluruh konfigurasi yang telah disematkan berjalan sesuai dengan rencana dan memiliki keandalan terhadap jaringan yang telah dibangun.

b. Proses Lalu Lintas Data : dengan mengamati seluruh aktivitas jalannya paket data dalam jaringan (waktu, *packet loss, delay, throughput*).

c. Sistem *Monitoring* Jaringan : melakukan pengamatan seluruh aspek dengan sinkronisasi perangkat keras dengan perangkat lunak *monitoring* (NMS).

1. Tahap *Management* (Manajemen)

Dalam tahap ini perlunya perhatian terhadap kebijakan perusahaan dalam melakukan manajemen jaringan yang telah dibangun. Ini bisa berupa *policy* terhadap *bandwith* masing-masing user sesuai dengan kepentingannya. Agar semua aspek kebutuhan jaringan dapat terpenuhi tanpa mengurangi *Quality of Service* (QoS) dari perusahaan.

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**
2. **Analisa**

Pada tahap ini peneliti melakukan analisa terhadap jaringan awal (*eksisting*) di PT. Data Global Komukatama. Berikut adalah gambaran topologinya:

A diagram of a network

Description automatically generated

Gambar 2. Topologi PT. Data Global Komukatama

Skema jaringan awal pada kantor PT. Data Global Komukatama (berlokasi Sawah Besar), terdiri dari sebuah *router* Cisco 2901, dengan koneksi ke 2 ISP yang berbeda (Biznet dan Indihome) pada *port* WAN (*Wide Area Network*). Dan untuk *port* LAN (*Local Area Network*) terkoneksi kabel utp yang mengarah ke perangkat *switch* Cisco untuk mendistribukan jaringan ke berbagai perangkat *End Device* (Komputer *Client*). Untuk di *Data Center* (berlokasi Cikarang), memakai perangkat yang sama yaitu, *router* Cisco 2901 dan terkoneksi dengan kabel utp ke sebuah *Server*. Dengan koneksi dari 2 lokasi berbeda, digunakan sebuah konfigurasi *routing static* pada masing-masing *router* yang ada di kantor PT. Data Global Komukatama dan di *Data Center*. Dengan koneksi redundansi jalur dari 2 ISP yang diharapkan jika salah satu *link* terputus atau terjadinya gangguan dapat dialihkan secara manual dengan memindahkan *link* utama ke *link* cadangan yang disebut Skema Jaringan *Cold Standby*.

Peneliti juga melakukan pengujian pada jaringan awal yang telah ada di PT. Data Global Komukatama ini. Dengan melakukan simulasi jaringan menggunakan *software* GNS3, berikut ini adalah proses pengujian menggunakan *wireshark* untuk memperoleh data.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Gambar 3. Skenario 1 Pengujian Jaringan Awal

Pada Gambar 3. Peneliti melakukan skenario 1 yaitu dengan mengukur performa jaringan awal dengan melakukan *copy* *file* dari *Server* ke PC *HOST*1. Pada skenario 1 ini disimulasikan sebelum terjadinya kegagalan pada jalur (*link*) ke jaringan luar (ISP). Dalam skenario 1 ini dilakukan *capture* data *wireshark* selama 1 menit.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Gambar 4. Skenario 2 Pengujian Jaringan Awal

Pada Gambar 4. Ini peneliti kembali melakukan pengujian melalui skenario 2 dengan mengukur performa jaringan awal dengan melakukan *copy* *file* dari *Server* ke PC *HOST*1. Pada skenario 2 ini disimulasikan saat terjadinya kegagalan pada jalur (*link*) ke jaringan luar (ISP), yaitu dengan menonaktifkan jalur ISP1 dan beralih ke jalur ISP2 secara manual dan dilakukan *capture* data *wireshark* selama 1 menit.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jaringan Awal

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Skenario | Waktu Recovery(s) | Avg.Delay (ms) | Throughput (bps) | Packet Loss (%) | Jitter (ms) |
| 1 | Skenario 1 | - | 2,02 | 5075k | 1 | 5,99 |
| 2 | Skenario 2 | 98 | 19,58 | 2799k | 100 | 1020 |

Pada Tabel 1, menunjukan hasil pengujian yang dilakukan pada Jaringan Awal PT. Data Global Komukatama dengan melakukan 2 skenario. Skenario 1 dilakukan tanpa adanya kegagalan pada jaringan, dan skenario 2 dilakukan dengan adanya kegagalan pada jaringan, yaitu *link failure*. Dan dari hasilnya, jaringan awal tanpa adanya fitur HSRP mengalami *packet loss* yang sangat banyak. Dikarenakan tidak adanya fitur seperti HSRP yang memulihkan keadaan jaringan secara otomatis bila terjadinya *down* pada jalur *Router* Utama.

1. **Desain**

Pada tahap desain ini, setelah dilakukannya analisa terhadap jaringan awal (*eksisting*). Peneliti melakukan perancangan topologi jaringan baru, untuk memecahkan masalah-masalah yang disebutkan di awal dan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja jaringan *Wide Area Network* (WAN). Berikut perancangan jaringan usulan yang penulis buat dan simulasi jaringan yang akan dilakukan pada PT. Data Global Komukatama.

**A screenshot of a computer

Description automatically generated**

Gambar 5. Topologi Jaringan Usulan PT. Data Global Komukatama

Dalam perancangan jaringan usulan seperti yang ada pada Gambar 5, penulis menambah 1 buah *router* sehingga kini memakai 2 buah *router* merek Cisco. Yang digunakan sebagai (*Active Router*) dan (*Standby Router*). Kedua buah *router* tersebut terhubung ke masing-masing ISP yang berbeda, ISP1 (menggunakan *provider* Biznet) dan ISP2 (menggunakan *provider* Indihome) untuk mengakses jaringan luar (WAN) menuju jaringan lokal (LAN) *Data Center* yang berbeda lokasi. *Active Router* dan *Standby Router* memiliki alamat ip yang berbeda, pada konfigurasi HSRP akan ditetapkan alamat ip yang akan menjadi *Virtual Router*. Disini *Virtual Router* akan menjadi alamat *gateway* pada masing-masing *Host (Host*1 dan *Hos*t2).

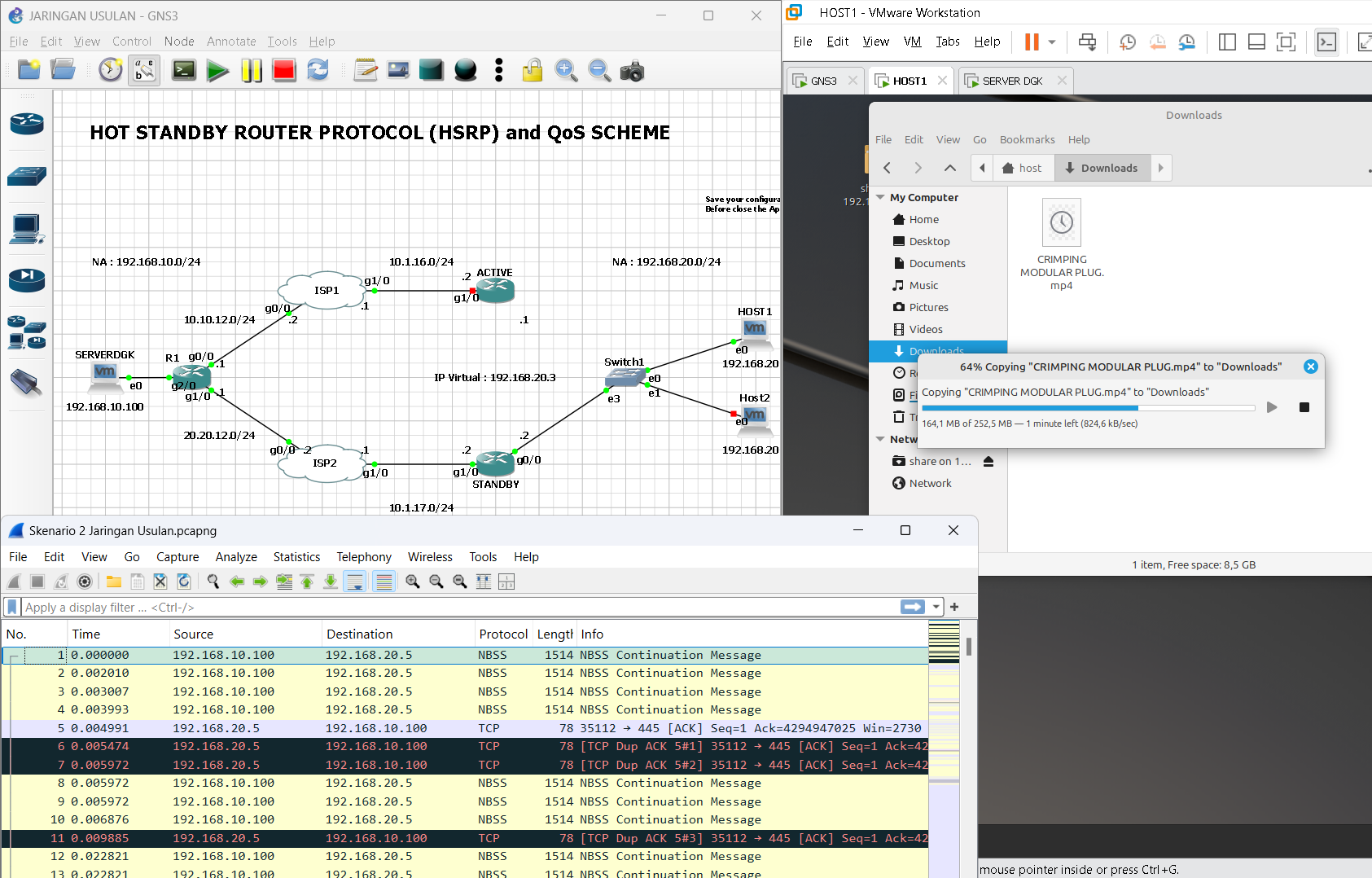
Peneliti juga melakukan pengujian pada jaringan usulan yang telah dirancang untuk PT. Data Global Komukatama ini.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Gambar 6. Skenario 1 Pengujian Jaringan Usulan

Pada Gambar 6, ini peneliti melakukan kembali pengujian seperti pada jaringan awal, dengan mengukur performa jaringan akhir yang telah dikonfigurasi HSRP dan QoS dengan melakukan *copy* *file* dari *Server* ke PC *HOST*1. Pada skenario 1 ini disimulasikan sebelum terjadinya kegagalan pada jalur *router* utama (*Active Router*) ke jaringan luar (ISP). Dalam skenario 1 ini dilakukan *capture* data *wireshark* selama 1 menit.



Gambar 7. Skenario 2 Pengujian Jaringan Usulan

Pada Gambar 7, ini peneliti mengukur performa jaringan akhir yang telah dikonfigurasi HSRP dan QoS dengan melakukan *copy* *file* dari *Server* ke PC *HOST*1. Pada skenario 2 ini disimulasikan saat terjadinya kegagalan pada jalur *router* utama (*Active Router*) ke jaringan luar (ISP), yaitu dengan menonaktifkan *router* R2 (*Active Router*) dan beralih ke jalur *router* R3 (*Standby Router*) secara otomatis dengan fitur HSRP. Untuk mendapatkan data dilakukan *capture* data *wireshark* selama 1 menit.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jaringan Akhir

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Skenario | Waktu Recovery(s) | Avg.Delay (ms) | Throughput (bps) | Packet Loss (%) | Jitter (ms) |
| 1 | Skenario 1 (Situasi Normal) | - | 1,29 | 6700k | 0,05 | 0,99 |
| 2 | Skenario 2  (Situasi Down) | 11 | 2,38 | 3567k | 0,1 | -0,002 |

Pada Tabel 2. Menunjukkan hasil pengujian akhir dengan 2 skenario, sebelum dan sesudah jaringan mengalami kegagalan atau *down*. Pada waktu *recovery* didapatkan hasil 11 detik waktu pemulihan, ketika kondisi perangkat *router* utama yang mengalami *down* hingga dialihkan ke jalur *backup* yaitu *router standby*.

1. **Manajemen Jaringan**

Dalam melakukan manajemen jaringan dibutuhkan alat bantu *software* yang dapat menjalankan koneksi ke ssh atau telnet untuk mengkonfigurasi perangkat jaringan. Penulis menggunakan *software* Solar-Putty dalam mengkonfigurasi fitur *Hot Standby Router Protocol* (HSRP), *Quality of Service* (QoS) dan *Network Monitoring System* (NMS).

A screenshot of a computer screen

AI-generated content may be incorrect.Gambar 8. Manajemen Jaringan HSRP

Pada Gambar 8, peneliti melakukan manajemen jaringan dengan melihat konfigurasi HSRP yang telah aktif. Dengan status *state router active* dan *standby router* dengan ip 192.168.20.2/24.

1. **Monitoring**

Dalam tahap ini, peneliti melakukan *monitoring* pada perancangan jaringan milik PT. Data Global Komukatama. Peneliti menggunakan *software Network Monitoring System* (NMS) dari Zabbix.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Gambar 9. Zabbix NMS

Pada Gambar 9, menampilkan informasi lengkap dengan beberapa tampilan menu-menu yang tersedia pada *software* Zabbix dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Seperti status ketersediaan dari *Host* (perangkat) yang didaftarkan, dan masalah-masalah pada perangkat yang diinformasikan melalui menu panel *Problems*. Pada panel *Problems* menunjukan waktu permasalahan muncul, seperti contoh yaitu terlihat waktu kapan terjadinya perangkat jaringan mengalami *down,* tidak hanya itu sistem NMS Zabbix juga akan mencatat waktu *recovery* (pemulihan) perangkat, sehingga admin jaringan akan menelusuri penyebab perangkat tersebut mengalami *down*.

1. **PEMBAHASAN**

Tabel 3. Perbandingan Hasil Skenario 1 (Normal)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Skenario 1 (Situasi Jaringan Normal) | Avg.Delay (ms) | Throughput (bps) | Packet Loss (%) | Jitter (ms) |
| 1 | Jaringan Awal  (Tanpa HSRP dan QoS) | 2,02 | 5075k | 1 | 5,99 |
| 2 | Jaringan Akhir  (Dengan HSRP dan QoS) | 1,29 | 6700k | 0,05 | 0,99 |

Pada Tabel 3. Menampilkan hasil perbandingan uji performa jaringan dengan Skenario 1 (saat situasi normal) melalui uji parameter QoS dan hasilnya Jaringan Akhir dengan fitur HSRP dan *Traffic Priority* QoS memiliki hasil unggul pada setiap parameter yang diuji.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Skenario 2 (*Down*)



Pada Tabel 4, menunjukkan hasil perbandingan waktu *recovery* dan uji performa jaringan pada Skenario 2 (saat situasi *down*) dan hasilnya waktu *recovery* pada Jaringan Akhir jauh lebih cepat dibandingkan dengan Jaringan Awal. Sedangkan *packet loss* pada Jaringan Awal tercatat 100 persen, yang artinya tidak ada *packet* yang berhasil sampai ke tujuan. Dan dapat menyebabkan Jaringan Awal mengalami *down*/koneksi terputus total.

1. **KESIMPULAN**
2. Fitur *Hot Standby Router Protocol* (HSRP) dapat menjaga ketersediaan (*Availability*) dan Redundansi (*Redundancy*) pada jaringan PT. Data Global Komukatama tetap berjalan dengan normal, ketika jaringan tersebut mengalami *down* pada perangkat *router* utama (*Active Router*). Dengan waktu pemulihan hanya dalam 11 detik, *average delay* 2,38ms dan *packet loss* 0,1 persen.
3. Fitur *Traffic Priority* *Quality of Service* (QoS) dapat menjaga performa jaringan dalam kondisi baik saat dibutuhkannya aplikasi dengan prioritas tinggi. Dengan hasil sebelum disematkan fitur QoS, *average delay* didapatkan 19,58ms dan setelah disematkan fitur QoS *average delay* hanya 2,38 atau 8 kali lipat lebih baik setelah melalui perancangan WAN *Optimization*.
4. Fitur *Network Monitoring System* (NMS) dapat memberikan informasi lebih cepat kepada administrator ketika jaringan PT. Data Global Komukatama mengalami *down* atau kegagalan. Dengan memberikan notifikasi secara visual maupun notifikasi melalui aplikasi *message* seperti *Email.*
5. **DAFTAR PUSTAKA**

[1] Olajide Soji Osundare, Chidiebere Somadina Ike, Ololade Gilbert Fakeyede, and Adebimpe Bolatito Ige, “WAN optimization techniques: Exploring BGP attributes across industries,” *Computer Science & IT Research Journal*, vol. 4, no. 3, pp. 398–415, Dec. 2023, doi: 10.51594/csitrj.v4i3.1496.

[2] J. Khatib Sulaiman, I. Alfa Azkiya, and B. Santoso, “Analisis Perbandingan QoS Antara HSRP dengan GLBP pada Routing EIGRP Menggunakan IPv6,” *Indonesian Journal of Computer Science Attribution*, vol. 13, no. 1, pp. 2024–1227, 2024.

[3] G. Sihombing, “Analisis Penentuan Target Objektif Pemeliharaan Mesin Berdasarkan Kriteria Downtime,” 2023. [Online]. Available: http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/imtechno

[4] R. R. A. A. Pelealu, D. Wonggo, and O. Kembuan, “Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Smk Negeri 1 Tahuna,” 2020.

[5] S. Dwiyatno, E. Rakhmat, and S. Christina, “PERANCANGAN PRIVATE CLOUD BERBASIS INFRASTRUCTURE AS A SERVICE,” vol. 8, no. 2, 2021.

[6] I. Nurrobi and R. Adam, “PENERAPAN METODE QoS (QUALITY OF SERVICE) UNTUK MENGANALISA KUALITAS KINERJA JARINGAN WIRELESS,” 2020.

[7] N. Fernando and E. Asri, “Monitoring Jaringan dan Notifikasi dengan Telegram pada Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Padang Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi,” 2020. [Online]. Available: http://jurnal-itsi.org