

Analisis Link Aggregated Group Interface Pada Switch Untuk Sistem Link Redudancy Di Universitas Widyatama

Atep Aulia Rahman¹⁾, Esa Fauzi²⁾, Bagus Alit Prasetyo³⁾, Bimo Cokro Utomo⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} Teknik Informatika, Universitas Widyatama

Jl. Cikutra No.204A Bandung 40125 Jawa Barat, Indonesia

Email : atep.aulia@widyatama.ac.id¹⁾, esa.fauzi@widyatama.ac.id²⁾, alit.prasetyo@widyatama.ac.id³⁾, bimo.cokro@widyatama.ac.id⁴⁾

ABSTRACT

Widyatama University is a Legal Entity Private Higher Education Institution under the main institution of the Ministry of Education, Culture, Research and Technology (Kemendikbudristek). Providing superior private universities is one of the results of performance, management and maintaining service quality. Link Redundancy is one of the technologies in the network that is used to maintain the stability of a network connection by using several physical network paths simultaneously. Link Redundancy is needed for performance and services to run well. Link Aggregation Group (LAG) is one of the link redundancy models whose way of working is to combine several physical interfaces into a single interface at the Layer 2 network layer (Data Link Layer). Implementation of Link Aggregation Group (LAG) makes network connections more secure by increasing bandwidth, dividing bandwidth loads, increasing network path availability, and having a minimal risk of data duplication of data errors.

Keywords : *Link Redundancy, Link Aggregation Group (LAG), network, switch*

ABSTRAK

Universitas Widyatama adalah Perguruan Tinggi Swasta Berbadan Hukum di bawah lembaga induk Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek). Pemberian Perguruan tinggi swasta yang unggul adalah salah satunya merupakan hasil dari kinerja, pengelolaan, dan menjaga kualitas layanan. Link Redudancy adalah salah satu teknologi dalam jaringan yang digunakan untuk menjaga stabilitas koneksi jaringan dengan menggunakan beberapa jalur fisik jaringan secara bersamaan. Link Redudancy dibutuhkan untuk agar kinerja dan layanan dapat berjalan dengan baik. Link Aggregation Group (LAG) adalah salah satu model link redundancy yang cara kerjanya menggabungkan beberapa interface fisik menjadi sebuah interface tunggal pada lapisan Layer 2 jaringan (Data Link Layer). Implementasi Link Aggregation Group (LAG) membuat koneksi jaringan menjadi lebih aman dengan cara meningkatkan bandwidth, membagi beban bandwidth, meningkatkan availability jalur jaringan, dan memiliki resiko duplikasi data kesalahan data yang minim.

Kata Kunci : *Link Redudancy, Link Aggregation Group (LAG), jaringan, switch*

1. Pendahuluan

Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) mengungkapkan bahwa total pengguna internet di seluruh Indonesia pada tahun 2022 mencapai 210 juta atau telah mencapai 77,02% dari total rakyat Indonesia (APJII, 2022). Kebutuhan akan komunikasi merupakan kebutuhan dasar setiap manusia. Oleh karena itu kestabilan dan kehandalan koneksi merupakan faktor utama keberhasilan suatu jaringan. Kebutuhan akan komunikasi merupakan kebutuhan dasar setiap manusia. Dengan pesatnya perkembangan komunikasi jaringan yang membutuhkan kecepatan aliran informasi yang tinggi diantara server dengan client, ataupun server dengan server lainnya, maka dibutuhkan infrastruktur jaringan yang baik dan dapat menjawab kebutuhan tersebut.

Begitupun pengadopsian teknologi informasi juga diterapkan dalam dunia pendidikan seperti halnya pemanfaatan dalam layanan akademik, sistem birokrasi, penunjang media pembelajaran dan berbagai keuntungan lainnya (Hariadi, 2021). Secara tidak langsung Kemdikbudristek mewajibkan setiap lembaga pendidikan untuk mengadopsi kemajuan teknologi informasi agar lembaga yang terkait tidak mengalami keterbelakangan. Dalam proses evaluasi kinerja lembaga pendidikan (akreditasi) juga dilakukan penilaian kinerja (Todd Lammle, 2009). Oleh sebab itu lembaga pendidikan terkait perlu melampirkan segala bentuk dokumen atas trade record yang telah dilakukan dalam kurun periode tertentu. Menanggapi hal tersebut tentu big data lembaga pendidikan dan kehandalan infrastruktur jaringan yang baik sangat diperlukan. Diharapkan dengan analisis kebutuhan tersebut setiap lembaga pendidikan memiliki infrastruktur jaringan yang terdapat pula jalur backup di dalamnya.

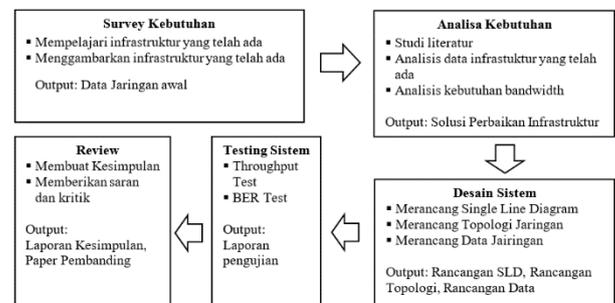
Fakta dilapangan back up data ini terkadang masih dilakukan oleh mayoritas lembaga pendidikan secara manual sehingga saat data dibutuhkan dalam waktu yang cepat sering mengalami kendala seperti jika link terputus maka teknisi harus ke lokasi untuk memindahkan link ke jalur backup (Mira et al., 2023). Studi lapangan pada Universitas Widyatama (Utama) Bandung Jawa Barat pada awalnya masih menggunakan sistem manual. Dalam proses penilaian kinerja kampus (akreditasi) terakhir kali diketahui lembaga pendidikan ini mendapatkan peringkat akreditasi Unggul dalam peningkatan kinerjanya yang sebelumnya hanya “baik sekali”. Tentu perolehan peringkat akreditasi Unggul ini bukan hanya sebuah kata, namun membuktikan bahwa baik dalam hal sarana prasarana, layanan akademik, kemahasiswaan, prestasi belajar hingga pada proses pembelajaran terbukti mengalami peningkatan. Dalam highlight penelitian ini terbukti bahwa sistem informasi dan insfrastruktur jaringan Universitas Widyatama mampu memfasilitasi kebutuhan data yang cepat dan akurat.

Dalam pelaksanaannya Universitas Widyatama telah melakukan meningkatkan infrastruktur jaringan dengan berbantuan teknologi Link Redudancy yang menghubungkan antar perangkat switch. Model Link

Redudancy yang digunakan adalah Link Aggrearion Group (LAG). LAG digunakan untuk menggabungkan dua interface fisik menjadi satu interface tunggal secara logical, dan akan diimplementasikan untuk menghubungkan Switch Distribution ke Switch Access, agar koneksi dari hulu ke hilir bisa terjaga dengan baik (Cahyadi, 2019). LAG menyediakan fitur peningkatan bandwith dengan cara menggabungkan kecepatan masing-masing interface fisik yang di-bonding dan membagi beban bandwith diantara interface tersebut (Wai, 2019). Dengan adanya dua interface yang di-bonding maka akan meningkatkan availability jaringan menjadi lebih baik karena jika salah satu jalur terputus, koneksi jaringan masih bisa berjalan karena masih ada satu interface yang aktif dan teknisi tidak harus datang ke lokasi untuk memindahkan jalur. Berdasarkan kajian sebelumnya, sehingga dalam studi ini akan dilakukan analisis mendalam terkait implementasi link aggregated group interface pada switch untuk sistem link redudancy dengan studi kasus penerapan di Universitas Widyatama Bandung Jawa Barat.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian Research and Development (RnD). Penelitian ini berfokus pada pengembangan perangkat keras yang mampu menunjang proses hilirisasi infrastruktur jaringan di Universitas Widyatama Bandung Jawa Barat yang bertindak sebagai objek penelitian. Namun terdapat batasan dalam penelitian yaitu sampling hanya akan diambil pada salah satu pekerjaan aktivasi link aggregated group (LAG) interface dari semua link yang akan dikerjakan di lapangan. Adapun prosedur penelitian RnD dalam penelitian ini mengadopsi model pengembangan ADDIE yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian (Wisnu & Eko, 2018). Model pengembangan ADDIE ini memiliki tahap-tahap yang relevan dengan kebutuhan penelitian, dimana Dick et al. (2005) menjelaskan langkah yang perlu dilakukan terdiri dari lima tahapan yaitu *analysis, design, development or production, implementation or delivery dan evaluations* (Dick, W., Carey, L., & Carey, 2005). Gambar 1 menyajikan modifikasi model pengembangan ADDIE menurut Dick et al., (2005):



Gambar 1. Metode Penelitian

Berdasarkan sajian tahapan penelitian menggunakan modifikasi model pengembangan ADDIE dijelaskan lebih lanjut tahapan yang dilakukan dimana pada tahapan pertama akan dilakukan survei kebutuhan. Survei kebutuhan merupakan tahapan untuk menghasilkan informasi awal yang digunakan/diimplementasi pada sistem infrastuktur jaringan. Pada tahapan ini kami akan melakukan analisis dengan cara mengunjungi bagian yang menangani infrastruktur jaringan dan melakukan interview untuk pengumpulan data yang dibutuhkan. Hasil dari analisis ini menghaslkan data jaringan awal. Kemudian dilanjutkan pada tahapan kedua yaitu analisa kebutuhan. Analisa kebutuhan dapat dimaknai sebagai tahapan untuk menghasilkan informasi apa saja yang dibutuhkan dalam membangun LAG pada infrastruktur jaringan. Pada tahapan ini kami melakukan analisis dengan cara studi literatur dan mempelajari kebutuhan yang harus dipenuhi dalam membangun LAG beserta data kebutuhan bandwidth pada infrastruktur jaringan existing di lokasi. Hasil dari analisis ini menghasilkan solusi perbaikan infrastruktur. Tahapan ketiga ialah desain sistem, dimana pada tahapan ini hasil analisis yang telah diperoleh akan di terjemahkan ke dalam desain dari rancangan LAG yang akan dibangun. Disini peneliti membangun rancangan bagaimana LAG menggunakan fitur pada perangkat manageable switch. Hasil dari desain sistem in imenghasilkan rancangan SLD, Topologi dan rancangan data. Tahapan keempat ialah testing sistem, dalam tahapan ini adalah melakukan pengujian kepada sistem menggunakan Throughput Test dan BER Test. Serta tahap terakhir adalah review, dalam tahap ini hasil dari LAG yang telah dibuat akan disimpulkan apakah penelitian ini memiliki manfaat atau tidak, baik dari segi keilmuan atau segi lainnya.

3. Pembahasan

Berdasarkan tahapan penelitian yang memodifikasi model pengembangan ADDIE sesuai tahap-tahap yang relevan dengan kebutuhan penelitian dalam Dick et al. (2005) dijabarkan dalam hasil penelitian sebagai berikut (Dick, W., Carey, L., & Carey, 2005):

3.1 Tahap survei kebutuhan

Link yang menghubungkan antara switch distribution dan switch access di Rektorat hanya menggunakan 1 link fiber optic dengan opsi backup 1 link, dan link backup yang ada, tidak langsung aktif karena link tidak dihubungkan ke switch. Jadi jika ada kendala pada link utama yang bisa menyebabkan koneksi terputus, maka teknisi harus mendatangi lokasi switch access dan switch distribution karena harus memindahkan link koneksi dari main ke backup.

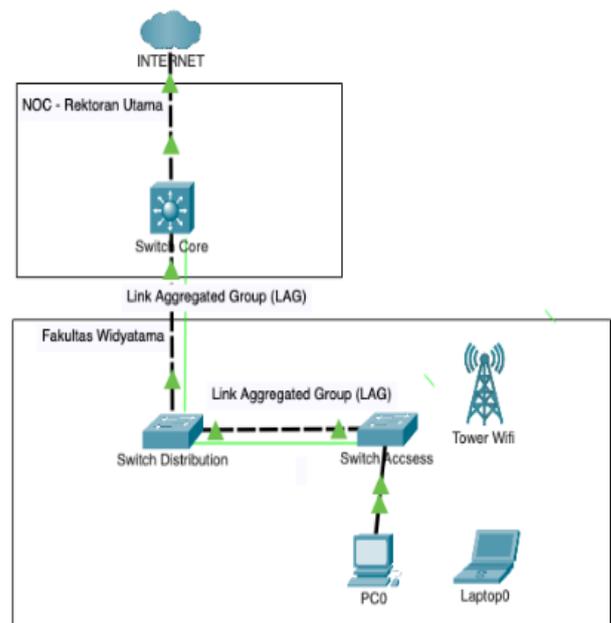
3.2 Analisis kebutuhan

Untuk menghindari terputusnya koneksi jika ada gangguan pada link fiber optic, maka dibutuhkan sistem link fiber optic dengan high availability agar koneksi internet terus berjalan jika ada kendala (OS, 2023). Link redudancy merupakan salah satu sistem high availability yang bisa menjadi solusi jika ada kendala pada link fiber

optic tunggal. Untuk memaksimalkan link yang digunakan, sistem link redundancy yang dipilih adalah link aggregated group. Link aggregated group memiliki kelebihan untuk menggabungkan dua kecepatan interface yang digunakan menjadi satu, jadi jika interface fisik yang digunakan memiliki kecepatan hingga 10Gbps, maka kecepatan interface link aggregated group bisa sampai 20Gbps. Berdasarkan analisis kebutuhan tersebut dirancanglah pembangunan link aggregated group interface pada switch distribution juniper EX4500 dan switch access juniper EX3300 untuk meningkatkan beban maksimum bandwith yang bisa dilewati data dan membuat link backbone selalu tersedia (high availability) (Cahyadi, 2019).

3.3 Desain sistem

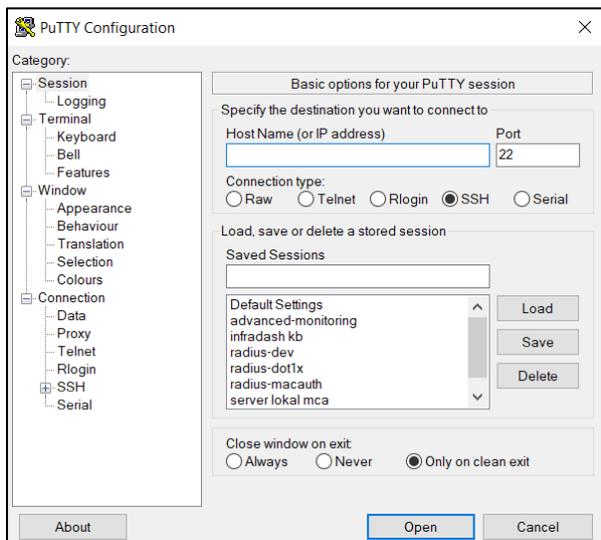
Dalam perancangan membangun link aggregated interface pada switch juniper EX4500 dan switch juniper EX3300, terdapat beberapa poin yang perlu diperhatikan yaitu dalam merancang topologi pengujian yang akan digunakan berdasarkan topologi jaringan sistem link aggregated interface antar switch distribusion dan switch access, diperlukannya persiapan atas kebutuhan konfigurasi dan dilakukannya konfigurasi link aggregated interface dan interface mode pada switch juniper EX4500 dan switch juniper EX3300. Adapun topologi desain sistem yang dikembangkan sebagai berikut:



Gambar 2. Topologi sistem Link Aggregated Group (LAG)

Berdasarkan topologi pada Gambar 2, switch distribution langsung terhubung ke switch core sebagai switch utama di lingkungan kampus Jatinangor Universitas Padjadjaran, dan switch distribution langsung terhubung ke switch access sebagai perangkat terakhir sebelum ke perangkat end user. Tiap perangkat memiliki network tersendiri, tiap network dialokasikan dengan VLAN khusus. VLAN secara umum terbagi menjadi dua kelompok, yaitu VLAN Management Device dan VLAN User. Pada switch terdapat dua VLAN Management dan Uplink, hal ini berfungsi untuk membagi beban network antara traffic data user dan traffic data management dan remote. Pada tiap switch distribution dan switch access, urutan/nama interface dan link aggregated group interface tidak sama diantara interface yang terhubung. Penamaan dilakukan secara berurut berdasarkan target switch access. Interface fisik yang digunakan saling berdekatan untuk tujuan kerapian instalasi (Cisco, 2008). Kemudian link aggregated group (LAG) interface diurutkan berdasarkan posisi urutan wallmount dari switch access.

Selanjutnya ialah dilakukannya konfigurasi switch distribution Juniper EX4500 dan switch access Juniper EX3300 menggunakan aplikasi PuTTY dengan memasukkan IP Address perangkat pada kotak Host Name (or IP address), kemudian pilih Open seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. PuTTY



Gambar 5. Status LAG ae2 pada switch distribution

Kemudian dilakukannya login menggunakan user administrator yang telah terdaftar pada switch, dilanjutkan untuk masuk ke mode configuration. Pada tahap ini, aktifkan fitur aggregated-devices pada switch distribution dan switch access. Interface LAG tidak akan berfungsi jika fitur aggregated-devices tidak diaktifkan (Dewi & Purnama, 2019).

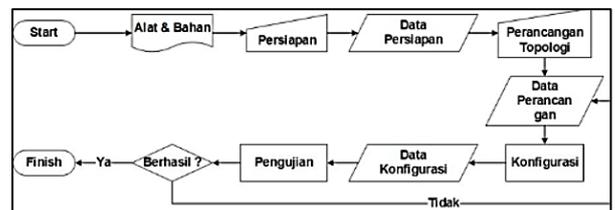
Pada switch access A2 hanya 1 interface LAG saja yang dibutuhkan yaitu untuk backbone uplink menuju switch distribution, sedangkan pada switch distribution Rektorat dikonfigurasi lebih banyak karena untuk kebutuhan koneksi backbone uplink menuju switch core dan downlink menuju switch access yang berada pada posisi box wallmount di alokasi yang berbeda. Pada tahap ini, konfigurasi interface fisik yang akan digunakan untuk menjadi interface LAG beserta nama interface yang akan digunakan sesuai dengan skenario pada tahap perancangan. Untuk mempermudah identifikasi, deskripsi ditambahkan di kedua interface fisik yang telah dikonfigurasi (Wisnu & Eko, 2018).

Selanjutnya, simpan konfigurasi pada perangkat menggunakan perintah commit pada switch distribution dan switch access. Dimana LACP Protocol aktif di kedua interface fisik xe-0/0/2 dan xe-0/0/3 ditunjukkan dengan informasi pada receive state memiliki status current, dengan status distributing pada state, yang artinya interface xe-0/0/2 dan xe-0/0/3 terhubung/aktif mengirimkan data seperti yang tersaji dalam Gambar 4.

Pada Gambar 4 memperlihatkan speedrate pada interface LAG ae2 menunjukkan informasi 20Gbps, yang berarti kedua interface fisik sedang aktif sehingga nilai speedrate dari interface LAG ae2 memiliki nilai dua kali lipat dari speedrate interface fisik xe-0/0/2 dan xe-0/0/3.

3.4 Testing system

Nantinya dari hasil desain sistem akan dilakukan uji coba melalui beberapa tahapan pengerjaan yang akan dikerjakan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 4. Alur Uji Coba

Melalui tahapan ujicoba tersebut salah satunya juga dilakukannya uji link redundancy dalam sistem link aggregated group (Muhammad, Raditya, 2021). Untuk memastikan link redundancy berjalan dengan benar, penulis melakukan pemutusan koneksi di salah satu link fiber optic dengan cara mematikan interface dari sisi switch access. Pada Gambar 6 menunjukkan status LACP Protocol pada interface LAG hanya aktif di interface fisik xe-0/0/3, sedangkan pada interface fisik

xe-0/0/2 kondisinya mati ditunjukkan dengan informasi pada receive state memiliki status Port disabled dengan status detached pada state, yang artinya interface xe-0/0/2 tidak terhubung/tidak aktif mengirimkan data.

```
fajar@sw-dist-ex4500-Rektorat# run show lacp interfaces ae2
Aggregated interface: ae2
LACP state:      Role  Exp  Def  Dist  Col  Syn  Aggr  Timeout  Activity
xe-0/0/2        Actor No   Yes  No    No   No   Yes   Slow     Active
xe-0/0/2        Partner No  Yes  No    No   No   Yes   Fast     Passive
xe-0/0/3        Actor  No   No   Yes   Yes  Yes   Slow     Active
xe-0/0/3        Partner No   No   Yes   Yes  Yes   Fast     Active
LACP protocol:  Receive State  Transmit State  Mux State
xe-0/0/2        Port disabled  No periodic     Detached
xe-0/0/3        Current       Fast periodic   Collecting distributing
```

Gambar 6. Status LAG interface setelah pemutusan salah satu link

Gambar 6 menunjukkan speedrate pada interface LAG ae2 menunjukkan informasi 10Gbps, yang berarti salah satu interface fisik sedang tidak aktif sehingga nilai speedrate dari interface LAG ae2 hanya memiliki nilai dari speedrate interface fisik xe-0/0/3 yang sedang aktif. Setelah pengetesan link redundancy, kedua link kembali diaktifkan untuk melanjutkan pengujian berikutnya yaitu bandwidth test.

Pada pengujian bandwidth test, diketahui di sisi server speedrate pada proses aplikasi iperf bisa sampai 19.1 Gbps, dan pada interface LAG switch distribution, speedrate pada interface memiliki keterangan 2000Mbps atau 2Gbps, dan hasil speedrate proses proses aplikasi iperf bisa sampai 17.8Gbps seperti yang tersaji dalam Gambar 7 dan Gambar 8.

```
Interface: xe-0/0/2, Enabled, Link is Up
Encapsulation: Ethernet, Speed: 10000mbps
Traffic statistics:
Input bytes:      428570731182 (7818182656 bps)      [174256580884]
Output bytes:     61840999 (1016 bps)                        [27472]
Input packets:    49579093 (108662 pps)                       [19375488]
Output packets:   821481 (0 pps)                                    [206]
```

Gambar 7. Proses pengecekan bandwidth test pada interface fisik xe-0/0/2 switch distribution

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 disajikan hasil speedrate proses proses aplikasi iperf pada interface fisik

```
Interface: xe-0/0/3, Enabled, Link is Up
Encapsulation: Ethernet, Speed: 10000mbps
Traffic statistics:
Input bytes:      578162757919 (9977072640 bps)      [404032070456]
Output bytes:     25360956 (1024 bps)                       [94966]
Input packets:    84264495 (138663 pps)                       [44922722]
Output packets:   29760 (1 pps)                                    [574]
```

Gambar 8. Proses pengecekan bandwidth test pada interface fisik xe-0/0/3 switch distribution

switch distribution, dengan kecepatan pada interface xe-0/0/2 sampai 7.8Gbps dan pada interface xe-0/0/3 sampai 9.9Gbps.

3.5 Review

Pada tahapan ini, rencana tahapan berikutnya adalah implementasi lapangan untuk ditinjau tingkat kebermanfaatan yang dapat dihasilkan dari sistem yang sudah dikembangkan (Munadi, 2009). Penting untuk diingat bahwa hasil dan manfaat yang diperoleh dari implementasi LAG dapat bervariasi tergantung pada lingkungan jaringan, kebutuhan bisnis, dan konfigurasi yang tepat. Namun, secara umum, implementasi LAG adalah salah satu strategi yang umum digunakan untuk

meningkatkan ketersediaan, kinerja, dan redundansi jaringan.

Link Aggregated Group (LAG) merupakan gabungan dari beberapa port fisik untuk membentuk link logical point-to-point. LAG ini mampu menyediakan lebih banyak bandwidth dibandingkan satu link dari sebuah port fisik (NUGROHO & FALLAH, 2018). Selain itu, link aggregated menyediakan network redundancy dengan menyeimbangkan beban traffic di semua link yang tersedia. Jika salah satu link gagal, sistem secara otomatis menyeimbangkan beban traffic di semua link yang tersisa. Dalam virtual chassis, LAG dapat digunakan untuk menyeimbangkan traffic jaringan antara member switch (Nurhadi et al., 2020). Pada penjelasan sebelumnya ditampilkan jumlah port yang dapat dikelompokkan ke dalam LAG dan jumlah maksimal LAG yang didukung pada sebuah switch, tiap switch memiliki perbedaan jumlah LAG yang bisa digunakan sesuai dengan model switch dan versi sistem operasi yang berjalan.

Dasil hasil tahapan pengembangan sistem dan pengujian, implementasi LAG pada switch untuk sistem link redundancy memiliki beberapa hasil dan luaran yang signifikan. Dalam hal ini diketahui adanya redundansi jaringan, artinya salah satu hasil utama dari implementasi LAG adalah adanya peningkatan redundansi dalam jaringan (Sathish, 2019). Dengan menggabungkan beberapa koneksi fisik menjadi satu LAG, jika salah satu koneksi mengalami gangguan atau kegagalan, lalu lintas dapat beralih secara otomatis ke koneksi lainnya tanpa mengganggu kinerja atau ketersediaan jaringan. Kinerja sistem menjadi lebih baik dimana LAG mampu meningkatkan kinerja jaringan dengan memungkinkan penggunaan semua jalur yang tersedia secara seimbang (Shahriar et al., 2018). Ini berarti lalu lintas dapat dibagi rata di antara koneksi-koneksi yang aktif, menghindari overloading pada satu koneksi tunggal. Kemudian memungkinkan terjadi skalabilitas, artinya LAG memungkinkan untuk menghubungkan lebih banyak perangkat atau server ke switch tanpa perlu mengorbankan kinerja atau keandalan. Hal ini membantu dalam mengelola pertumbuhan jaringan yang lebih besar.

Selain itu LAG mampu mentoleransi kesalahan karena ketika salah satu koneksi mengalami gangguan atau kegagalan, trafik secara otomatis dialihkan ke jalur yang masih aktif, mengurangi waktu pemulihan dan dampak pada pengguna akhir (Firmansyah et al., 2021). LAG juga dapat mempermudah manajemen jaringan karena beberapa koneksi dianggap sebagai satu entitas logis, administrasi dan pemantauan menjadi lebih efisien (Syarifudin et al., 2020). LAG sendiri memiliki ketersediaan yang tinggi dengan ketersediaan jaringan meningkat secara signifikan karena adanya cadangan jalur komunikasi (Syarifudin et al., 2022). Dari segi biaya juga lebih hemat dan sesuai jika digunakan dalam biaya jangka yang panjang sehingga tidak merugikan bisnis. Mampu meningkatkan kemampuan untuk load balancing. Load balancing dapat diimplementasikan dengan lebih efisien melalui LAG, mengarah pada

distribusi lalu lintas yang lebih merata dan optimal di seluruh jalur yang tersedia serta keuntungan lainnya.

4. Kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan Penilitan implementasi link aggregated group interface pada switch untuk sistem link redundancy di Universitas Widyatama dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan link aggregated group (LAG) interface bisa meningkatkan availability koneksi antara switch distribution dan switch access dengan menggunakan dua link yang aktif, dan jika salah satu link mati, maka koneksi akan tetap aktif karena masih ada link lainnya dan prosesnya tidak membuat koneksi sempat terputus (zero downtime). Bandwidth pada link yang digunakan menjadi meningkat dua kali lipat berdasarkan speed interface yang digunakan, karena sistem link redundancy yang digunakan bukan berupa main dan backup tetapi keduanya aktif secara bersamaan. Adapun saran untuk perusahaan untuk melakukan perbaikan kualitas sinyal fiber optic yang digunakan pada tiap link, agar kecepatan yang didapat bisa maksimal menyentuh 20Gbps. Kemudian bisa dilakukannya penambahan tarikan fiber optic minimal dua tarikan di tiap OTB link ke switch access, karena walaupun menggunakan link redundancy, tapi jika semua link terputus maka tidak akan ada backup lagi untuk koneksi ke switch access yang terkendala.

Daftar Pustaka

- APJII. 2022. *Bulletin APJII Edisi Oktober 2022*.
- Cahyadi, R. A. H. 2019. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124>
- Cisco. 2008. *GLBP -Gateway Load Balancing Protocol Cisco*. Cisco Systems, Inc. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19880801\)62:3<521::AID_CNCR2820620314>3.0.CO;2-F](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1097-0142(19880801)62:3<521::AID_CNCR2820620314>3.0.CO;2-F)
- Dewi, S., & Purnama, R. A. 2019. Quality of Service Gateway Load Balancing Protocol Message Digest Algorithm 5 Authentication untuk Peningkatan Kualitas Jaringan. *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA STMIK ANTAR BANGSA*, V(1), 45–50.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. 2005. *The systematic design of instruction*.
- Firmansyah et al. 2021. View-of-Virtual-Link-Aggregation-Network-Performance-Using-MikroTik-Bonding_compressed.pdf. *IAIC ITSDI Journal*, 2(2), 131–140.
- Hariadi, F. 2021. Manual Load Balancing pada Redundancy Link Menggunakan Multi-Group Hot Standby Router Protocol. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(April), 206–217.
- Mira, T. S. D. N. B., Hariadi, F., Studi, P., Informatika, T., Kristen, U., & Wacana, W. 2023. Failover Performance Analysis on Redundancy Link using Gateway Load Balancing Protocol. *Jurnal Minfo Polgan*, 12(1), 1201–1211.
- Muhammad, Raditya, I. & R. 2021. Implementasi dan Analisis Performa Bonding Interface Mode 802 . 3ad sebagai Link Redundancy pada Router Mikrotik. *Researchgate*, September.
- Munadi, R. 2009. *Teknik Switching*. Informatika.
- NUGROHO, K., & FALLAH, M. S. 2018. Implementasi Load Balancing menggunakan Teknologi EtherChannel pada Jaringan LAN. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(3), 420. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v6i3.420>
- Nurhadi, A. I., K, G. P. B., Firdaus, M., & Muhammad, R. 2020. A Review of Link Aggregation Control Protocol (LACP) as a Link Redundancy in SDN Based Network Using Ryu-Controller. *IEEE Journal*, 1, 1–7.
- OS, J. ©. 2023. Chassis Cluster User Guide for SRX Series Devices. *Junos © OS*, 1(1), 1–130.
- Sathish. 2019. CIKITUSI JOURNAL FOR MULTIDISCIPLINARY RESEARCH ISSN NO : 0975-6876 SIMULATION OF INTER-VLAN ROUTING COMMUNICATION K . SATHISH P . G . Student , Department of Computer Applications , Sri Ramakrishna Mission Vidyalyaya College of Arts and Science , Coimbatore. *CIKITUSI JOURNAL FOR MULTIDISCIPLINARY RESEARCH*, 6(4), 702–715.
- Shahriar, F., Newaz, S., & Rashid, S. Z. 2018. Designing a reliable and redundant network for multiple VLANs with Spanning Tree Protocol (STP) and Fast Hop Redundancy Protocol (FHRP). *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Washington DC, USA, 1*, 534–540.
- Syaifudin, A., Wahyuddin, M. I., & Ningsih, S. 2020. PERANCANGAN REDUNDANCY LINK DAN LOAD BALANCING MENGGUNAKAN METODE ETHERCHANNEL LACP DENGAN INTERVLAN ROUTING. *Jurnal TEKNOINFO*, 14(2), 131–137.
- Syaifudin, A., Wahyuddin, M. I., Ningsih, S., Informatika, P. S., & Nasional, U. 2022. JOINTECS Redundancy Link dan Load Balancing Menggunakan Metode. *Journal of Information Technology and Computer Science*, 7(28), 137–144.
- Todd Lammle. 2009. *CompTIA Network+ study guide (Exam N10-004)*. Wiley Publishing, Inc.
- Wai, K. K. 2019. Network Level Redundancy for Campus LAN.pdf. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, 3(2), 1738–1743.
- Wisnu & Eko. 2018. PERANCANGAN JARINGAN REDUNDANCY LINK MENGGUNAKAN KONSEP HSRP DAN ETHERCHANNEL. *METIK Jurnal Volume*, 2(1), 75–82.