

IMPLEMENTASI SPANNING TREE PROTOCOL (STP) PADA PERANCANGAN VIRTUAL LOCAL AREA NETWORK (VLAN) PADA PT. REGALINDO SAKTI JAKARTA

Vergina Maria Josefina Renwarin¹, Ummu Radiyah²

^{1,2} Universitas Nusa Mandiri, Jakarta

E-mail: ¹verginamj22@gmail.com

Abstrak

Teknologi informasi yang berkembang semakin pesat dan sudah menjadi suatu kebutuhan untuk setiap perusahaan. PT. Regalindo Sakti merupakan perusahaan besar yang bergerak dalam bidang perdagangan *textile*. Berdasarkan dari observasi langsung ke perusahaan, usaha PT. Regalindo Sakti bergerak luas dan pengiriman hasil *industry textile* bisa sampai ke luar negeri. Bidang usaha yang besar membutuhkan manajemen jaringan yang baik untuk menunjang komunikasi dan transaksi dengan *client*. Penggunaan jaringan komputer pada perusahaan ini belum memiliki manajemen jaringan yang baik antara lain tidak adanya *redundancy* atau jalur alternatif yang dapat menangani apabila paket data terjadi *loop* dan mengalami *down* pada sistem jaringan. Pada lain hal, jaringan komputer di beberapa divisi belum menyediakan hak akses atau privasi. Kondisi ini dapat diselesaikan dengan mencoba menerapkan manajemen jaringan dengan *Spanning Tree Protocol (STP)* pada *switch* agar dapat memberikan jalur redundan dan mencegah *loop* pada jaringan, serta mengembangkan jaringan ke dalam bentuk *virtual local area network (VLAN)*. Hasil penelitian dengan mengimplementasikan STP dapat mengurangi *network looping* pada *switch* yaitu dengan mengkonfigurasi *port* dengan status *root* yang berarti jalur terbaik untuk dilalui. Konsep *Spanning tree protocol* menyediakan jalur *backup* pada topologi yang berpotensi memiliki jalur *redundant* sedangkan konsep VLAN dapat membagi grup jaringan sehingga jaringan dapat lebih baik dan mudah dikelola serta mencegah penyebaran virus dan worm.

Kata kunci: Manajemen jaringan, *Spanning Tree Protocol*, *Virtual Local Area Network*

Abstract

Information technology is growing rapidly and has become a necessity for every company. PT. Regalindo Sakti is a large company engaged in textile trading. Based on direct observations to the company, the business of PT. Regalindo Sakti is wide and shipments of the textile industry can reach overseas. Large business fields require good network management to support communication and transactions with clients. The use of computer networks in this company does not yet have good network management, including the absence of redundancy or alternative routes that can handle data packets when a loop occurs and experiences a down on the network system. On the other hand, computer networks in several divisions have not provided access rights or privacy. This condition can be resolved by trying to implement network management with the Spanning Tree Protocol (STP) on the switch in order to provide redundant paths and prevent loops on the network and develop the network into a virtual local area network (VLAN). The results of the study by implementing STP can reduce network looping on the switch, namely by configuring the port with root status, which means the best path to go. The concept of spanning tree protocol provides a backup path in a topology that has the potential to have a redundant path, while the VLAN concept can divide network groups so that the network can be better managed and prevent the spread of viruses and worms.

Keywords: *network management, spanning tree protocol (STP), virtual local area network (VLAN)*

1. Pendahuluan

Teknologi informasi saat ini telah mengalami perkembangan yang pesat dan telah menjadi suatu kebutuhan di setiap perusahaan. Komunikasi dalam jaringan komputer memberikan dampak berupa manfaat yang sangat besar terutama dalam penyampaian informasi juga pengumpulan data yang tanpa mengenal jarak dan waktu.

Seluruh perangkat yang terhubung di satu *broadcast domain* yang sama bisa membuat

jaringan yang ada menjadi tidak *reliable*. Apalagi Jaringan *Local area network (LAN)* yang masih menggunakan teknologi *ethernet*, akan sangat rentan untuk mendapatkan kondisi *collision* (tabrakan data). *Collision* itu mirip seperti jam, ketika terjadi terlalu sering bisa mengganggu kinerja pada jaringan dan menghambat pekerjaan (Alifyaa, et al., 2017).

Selain hal tersebut terdapat banyaknya *broadcast storm* pada jaringan seperti terjadi *loop*

untuk periode yang tidak terbatas apalagi jaringan yang memiliki banyak jalur (Saputra & Suryawan, 2017). *Loop* pada jaringan adalah kondisi dimana proses pengiriman *frame* atau paket data yang berputar-putar saja di jaringan.

Loop adalah ketika sebuah *frame* dikirimkan kepada satu tujuan tetapi alamat yang dituju sedang mengalami *down*, sehingga *frame* ini akan diflood oleh *switch* yang menerimanya, dan *switch* yang menerima *frame* berikutnya juga akan melakukan *flooding* sampai kembali ke *switch* tujuan. Kondisi ini akan berlangsung terus-menerus hingga alamat tujuan aktif kembali (Mataram, 2020).

Protokol *Spanning Tree* (STP) dikembangkan untuk menangani kendala seperti ini. STP memastikan hanya ada satu *link* yang aktif diantara semua tujuan pada jaringan dan dengan sengaja memblokir jalur berlebihan yang dapat menyebabkan *looping* sehingga paket data dapat diteruskan ke alamat tujuan. Sebuah *interface* atau *port* dianggap diblokir saat *traffic* jaringan untuk mencegah saat memasuki atau meninggalkan *port* tersebut (Setiawan, n.d.).

Manajemen protokol *layer 2* yang menyediakan jalur alternatif bertujuan untuk dapat mencegah terjadinya *loop* dan *broadcast storm* yang tidak diinginkan pada jaringan yang memiliki beberapa jalur menuju ke satu tujuan dari suatu *host* disebut *spanning tree protocol* (Saputra & Suryawan, 2017).

Perusahaan Regalindo Sakti memiliki permasalahan jaringan yang mampu diatasi dengan menggunakan protokol *spanning tree* dan *virtual local area network* karena komunikasi jaringan komputer pada jalur yang sering terganggu akibat adanya *broadcast storm* menyebabkan kondisi paket yang dikirim tidak kunjung sampai ke alamat yang dituju dan hanya mengalami *looping* pada jaringan. Diperlukan jalur cadangan untuk mengatasi kondisi ini agar paket data dapat melihat peluang jalur cadangan yang dapat dilewati untuk meneruskan paket data ke alamat yang dituju.

Oleh karena itu dibutuhkan *spanning tree protocol* pada sebuah jaringan *virtual local area network* pada PT. Regalindo Sakti Jakarta sehingga dengan sistem STP pada jaringan VLAN mampu mengatasi permasalahan *broadcast storm* atau disebut juga *loop* yang terjadi pada jaringan komputer yang sering menghambat pekerjaan dan mampu mengoptimalkan permasalahan komunikasi jaringan *Local area network* pada PT. Regalindo Sakti di Jakarta.

2. Metode Penelitian

2.1. Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian yang dilakukan untuk menganalisa sistem jaringan komputer pada PT.

Regalindo Sakti di Jakarta, dengan metode berikut:

1. Metode Observasi

Proses Observasi atau pengamatan secara langsung terkait dengan data yang ingin dianalisa dilakukan pada PT. Regalindo Sakti Jakarta. Kendala yang terjadi dirangkum dalam bentuk informasi data yang berguna sebagai tolak ukur dalam merancang solusi terhadap kendala yang terjadi.

2. Metode Wawancara

Proses wawancara juga dilakukan untuk mendapatkan informasi secara detail bersama staf administrator jaringan yang memahami kondisi jaringan komputer, *hardware* dan *software* serta masalah teknis yang ada pada PT. Regalindo Sakti di Jakarta.

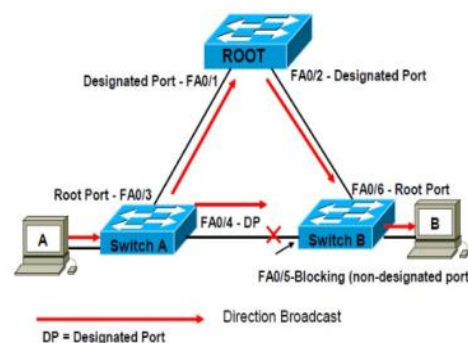
3. Studi Pustaka

Studi Pustaka dilakukan untuk memperoleh beberapa referensi dari sumber buku, dan juga artikel ilmiah yang tentunya berhubungan dengan manajemen jaringan komputer dan terkait dengan permasalahan yang terjadi.

Berdasarkan masalah yang terjadi maka diusulkan konsep *virtual local area network* dan penerapan *spanning tree protocol* pada jaringan. Penggunaan konsep *virtual local area network* dapat memberikan kemudahan serta membuat jaringan yang besar untuk dapat lebih mudah diatur manajemennya. Menggunakan teknologi *spanning tree protocol* dapat mencegah terjadinya *looping* pada jaringan. Berikut ini adalah skema jaringan usulannya.

2.2. Spanning Tree Protocol

Spanning tree protocol adalah *link layer network protocol* yang menjamin tidak adanya *loop* dalam jaringan dan menyediakan redundansi *link* sementara dalam LAN (Damanik & Hamdani, 2020).



Gambar 1. Konsep Protokol *Spanning Tree*
(Sumber: www.proweb.co.id)

Ada beberapa *port* yang sudah terkonfigurasi secara otomatis pada *spanning tree* seperti yang terlihat pada gambar 1:

1. **Root Port**

Root port pada gambar 1 adalah *port* pada *switch* yang terhubung ke *root bridge*. *Root port* bertujuan untuk meneruskan *traffic* menuju ke *root bridge*. Hanya diijinkan satu *root port* saja per *bridge*.

2. **Designated Port**

Pada gambar 1 terdapat *designated port* yang berguna untuk mengirim data atau yang memiliki *MAC address* terkecil.

3. **Non-Designated Port**

Semua *port* yang dikonfigurasi seperti pada gambar 1 adalah sebagai pemblok dimana untuk dapat mencegah terjadinya *traffic loop*.

4. **Disable Port**

Dapat dilihat pada *interface fa0/4* pada gambar 1, *port* ini menjadi *disable port* karena *port* ini yang dinon-aktifkan secara *administrative*, *port* ini tidak dapat digunakan atau tidak berfungsi dalam proses *spanning tree* karena *port* ini dinon-aktifkan.

Pada STP ketika *port non-designated* diaktifkan atau terjadi perubahan pada topologi STP maka dapat memakan waktu hingga 30 detik pada jaringan *bridge* untuk jaringan dapat dilewati kembali. Perubahan yang terjadi jika dilihat dari gambar 1 maka akan terjadi proses seperti:

1. **Blocking**

Port ini adalah *port* yang diblok seperti terlihat pada gambar 1. Lalu ketika ada pengalihan akses *port* atau *interface* pada jaringan maka prosesnya akan menuju ke *forwarding mode* jika *link* atau jalur terpakai lainnya gagal.

2. **Listening**

Proses *listening* ini terjadi karena *switch* sedang memproses BPDU dan masih menunggu dimana informasi yang mungkin akan menyebabkan kembali *blocking state*.

3. **Learning**

Learning adalah ketika *port* belum juga menyampaikan paket data, proses *learning* akan membaca dan mempelajari alamat dari paket yang diterima dan menambahkan ke *filtering database*.

4. **Forwarding**

Setelah mempelajari alamat paket yang diterima maka *Port* akan berubah fungsi menjadi *forwarding* untuk menerima dan mengirim data dengan normal operasi.

5. **Disable**

Pada tahap ini tidak sepenuhnya bagian dari *spanning tree protocol*. Seorang *administrator* jaringan juga secara manual dapat menonaktifkan *port*.

2.3 Spanning Tree Algorithm

Spanning tree protocol menggunakan *spanning tree algorithm* untuk dapat menentukan *port switch* mana yang harus diblokir dan *port* mana yang harus menjadi jalur utama. Pesan yang akan dikirimkan oleh *switch* adalah *bridge protocol data unit* (BPDU), dimana setiap BPDU berisikan *Bridge ID* (BID) yang merupakan sebuah nilai prioritas *switch*, juga alamat MAC dari *switch* pengirim, dan sistem *ID*. Setelah membentuk sebuah *root bridge* maka *Spanning tree algorithm* akan mulai menghitung jalur terpendek menuju *root bridge*. Pada setiap *switch* akan menentukan *port* mana yang akan diblok.

1. **BPDU (bridge protocol data unit)**

Pertukaran informasi pada *Switch* digunakan dalam pemilihan *root switch*. BPDU menyimpan sebuah informasi tentang masing-masing port dari *bridge*. Protokol ini digunakan sebagai penghubung antara *bridge*. BPDU dimanfaatkan untuk memelihara *spanning tree protocol* supaya tidak mengalami *looping*.

2. **Bridge ID**

Bridge ID adalah bagaimana STP mengidentifikasi semua *switch* dalam *network*. *Bridge ID* ditentukan oleh kombinasi dari *bridge priority* dan alamat MAC dasar. *Bridge* dan *bridge ID* terendah yang dipilih untuk menjadi *root bridge* dalam *jaringan*. *Bridge ID* (BID) memiliki angka 8-byte yang unik pada setiap *switch* yang terdiri dari 2-byte prioritas dan 6-byte berikutnya yaitu sistem *ID*. Sistem *ID* berdasarkan pada *MAC address* bawaan pada setiap *switch*.

2.4 Virtual Local Area Network (VLAN)

Virtual local area network merupakan sekumpulan dari *device* pada sebuah jaringan LAN yang dikonfigurasi menggunakan manajemen *software*, sehingga dapat berkomunikasi jika perangkat tersebut terkoneksi pada penghubung yang sama dan dilokasikan

pada jumlah segmen LAN yang berbeda (Kurniawan & Hamdani, 2020).

Keuntungan dari penggunaan VLAN yaitu untuk meningkatkan keamanan dan membagi *broadcast* domain menjadi beberapa *broadcast* yang lebih kecil karena VLAN bekerja berdasarkan pada *logical connection* dari pada *physical connection* dan tentunya VLAN sangat fleksibel .

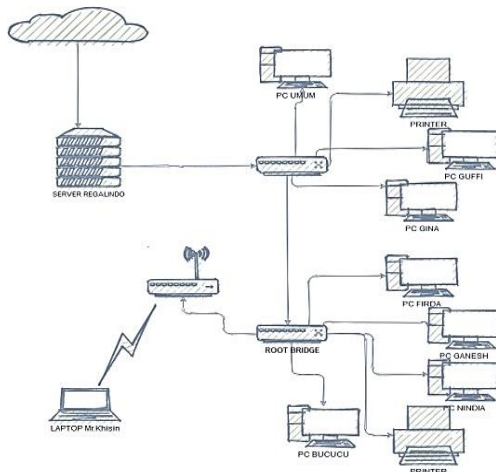
1. Virtual Trunking Protocol (VTP)

Virtual trunking protocol adalah *protocol* milik cisco yang mana *switch-switch* cisco dapat saling bertukar informasi. VTP dapat memudahkan proses konfigurasi secara otomatis antara sesama *switch*. VTP termasuk dalam fitur *layer 2* OSI yang terdapat pada *switch* cisco catalyst, bagi lingkungan *switch* berskala besar sangat berguna. Manfaat yang didapatkan dalam penggunaan VTP adalah efisiensi yang diberikan dalam menambah dan juga menghapus VLAN, serta membuat sebuah perubahan terhadap konfigurasi VLAN di area yang besar.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1. Skema Jaringan Berjalan

Skema jaringan merupakan sebuah cara untuk menyampaikan jaringan secara utuh yang ada pada perusahaan, instansi, lembaga maupun organisasi. Pada Gambar 2 ditunjukkan skema jaringan pada perusahaan Regalindo Sakti.



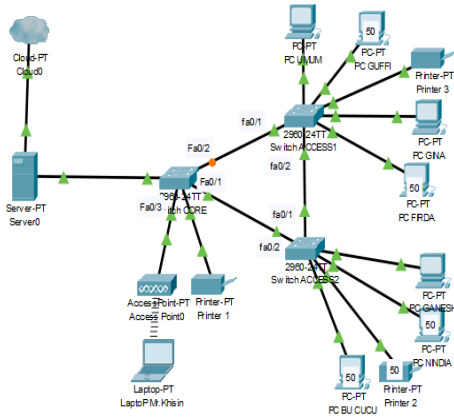
Gambar 2. Skema Jaringan PT. Regalindo Sakti.

Berdasarkan hasil analisa pada kantor Regalindo Sakti ditemukan beberapa masalah pokok berikut ini:

1. Perangkat jaringan seperti penghubung kabel atau *switch* pada perusahaan ini setiap hari dalam skala waktu tertentu atau pada saat *traffic* jaringan yang padat akan mengalami *down* atau gangguan. Kondisi dimana semua komputer dapat aktif dengan baik dan pada saat melakukan transfer data, jaringan komputer mati sehingga pengiriman data menjadi terganggu.
2. *Traffic* yang padat pada saat beberapa komputer atau *PC client* atau *user* melakukan komunikasi pada jaringan seperti *transfer* data pada satu tujuan, yang membuat proses pengiriman paket data terganggu. Pengiriman data menjadi lama untuk sampai ke alamat yang dituju.
3. Terjadinya *broadcast storm* pada jaringan. *Broadcast storm* diartikan kondisi *looping* pada jaringan. Pengiriman paket data yang dikirimkan dari sumber hanya berputar-putar pada jaringan dan tidak kunjung sampai ke alamat tujuan.
4. Menggunakan *switch unmanageable* yaitu *switch* yang tidak membutuhkan konfigurasi yang artinya bisa langsung dipakai tanpa perlu konfigurasi ini perlu diubah pada kantor Regalindo Sakti. Hal ini karena jaringan komputer pada perusahaan ini bersifat perkantoran dan untuk efisiensi *hardware* dibutuhkan dalam manajemen sistem jaringan VLAN sehingga perlu diganti.
5. Terjadi serangan virus pada komputer *client*. Virus yang menyerang perangkat komputer sehingga memerlukan *maintenance* atau pemeliharaan pada antivirus di setiap perangkat komputer.

3.2. Skema Jaringan Usulan

Berdasarkan masalah yang terjadi maka penerapan konsep *virtual local area network* dan *spanning tree protocol* pada jaringan dilakukan pada PT.Regalindo Sakti. Penggunaan sistem jaringan *virtual local area network* dapat memberikan kemudahan serta membuat jaringan yang besar untuk dapat lebih mudah diatur manajemennya. Menerapkan teknologi *spanning tree protocol* dapat mencegah terjadinya *looping* pada jaringan. Gambar 3 ini menunjukkan skema jaringan usulannya.



Gambar 3. Skema Jaringan Usulan

Menjelaskan tentang gambar 3 dimana terdapat bagian jaringan yang menggunakan *virtual local area network* untuk lebih privasi dan tidak dapat diakses oleh PC atau perangkat lain. Pada gambar 3 dapat dilihat pada salah satu *interface* menjadi *backup* jalur pada *switch access*. Fungsi dari jalur *backup* ini adalah ketika salah satu *interface* mengalami *down* maka secara otomatis jalur *backup* akan hidup dan menggantikan tugas untuk menyalurkan data pada *interface* yang aktif, sehingga dapat mencegah *broadcast storm* maupun *loop* di jaringan. Berdasarkan permasalahan yang ditemukan pada jaringan komputer perusahaan ini maka untuk mengatasi masalah yang terjadi pada kantor Regalindo Sakti adalah:

1. Menerapkan *Spanning Tree Protocol* pada jaringan *Virtual Local Area Network*.
2. Menerapkan *Spanning Tree Protocol* pada jaringan komputer pada kantor Regalindo Sakti mampu mengatasi atau mencegah *broadcast storm* atau *looping* yang terjadi pada jaringan dengan memberikan jalur cadangan otomatis.
3. Penerapan sistem jaringan VLAN juga mampu menghadapi kondisi *broadcast storm* dengan membagi beberapa segmen menjadi beberapa kelompok atau *broadcast domain* sehingga jaringan dapat lebih efisien. *Traffic* jaringan juga akan menjadi lebih terkontrol. Efisiensi dengan penerapan VLAN pada jaringan komputer PT. Regalindo sakti ini yaitu dapat menghemat biaya karena VLAN adalah LAN yang dikonfigurasi secara *software* dan tidak menggunakan perangkat fisik seperti kabel.
4. Efisiensi juga terjadi dengan mengganti perangkat *switch Cisco SF100D-16* yang *unmanageable* atau *switch* yang tidak perlu dikonfigurasi karena penggunaan *switch* ini digunakan pada jaringan yang tidak terlalu kompleks sehingga perlu

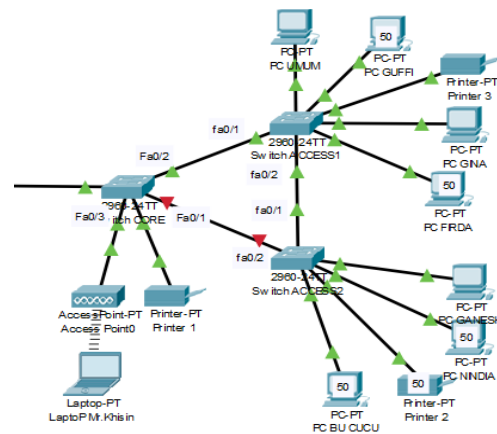
diganti dengan *switch 2960-24* yang bisa *dimanage*. Kondisi PT. Regalindo yang memiliki konsep jaringan perkantoran atau jaringan yang kompleks diperlukan *managed switch* sehingga *switch* perlu untuk dikonfigurasi sebelum penggunaan atau dengan penerapan konsep VLAN.

3.3. Pengujian Jaringan

Rancangan jaringan yang diusulkan perlu dilakukan *test* guna menguji kestabilan jaringan apakah manajemen jaringan berjalan dengan baik atau tidak.

1. Pengujian Jaringan

Pengujian jaringan mencoba untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dengan terus mengontrol jaringan yang ada. Manajemen yang difokuskan pada *switch* yang bertugas sebagai jembatan jalur *traffic data*. Dari gambar 4 terdapat *interface* dengan status *blocking* dimana *port interface* ini tidak dapat memproses *frame* apapun kecuali pesan-pesan STP sedangkan *interface* dengan status *forwarding* berproses dengan normal. *Root bridge* dari STP adalah *bridge* dengan *bridge ID* terendah. Jadi pemilihan *root bridge* didasarkan pada *priority* yang dimiliki oleh masing-masing *switch*. *Switch* yang memiliki nilai *priority* paling rendah yang akan menjadi *root bridge*.



Gambar 4. Topologi *Spanning Tree Protocol* (STP) dan *Virtual Local Area Network* (VLAN)

Just in case apabila salah satu *device* penghubung mengalami kerusakan dan *interface* terjadi *down* maka jalur cadangan pada *interface fastethernet0/2* akan aktif secara otomatis. Terlihat seperti pada gambar 4 yang berwarna hijau adalah jalur cadangan yang sedang aktif, sedangkan *interface fastethernet0/1* sedang *down* atau mati.

Ketika jalur *backup* diaktifkan akan terjadi perubahan pada topologi STP sehingga memakan waktu hingga 30 detik pada jaringan

bridge untuk jaringan dapat dilewati kembali seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.

```

Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=14ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=14ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=27ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=19ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=9ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=17ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=10ms TTL=128
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=6ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=23ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=29ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=14ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=19ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=12ms TTL=128
Reply from 192.168.100.6: bytes=32 time=19ms TTL=128

```

Gambar 5. Hasil dari ping VLAN ketika terjadi perubahan topologi

Ketika proses perubahan topologi terjadi yang memakan waktu hingga 30 detik, saat itu *switch* sedang melakukan proses *listening*, *learning* dan *forwarding*.

1. **Listening**, dimana *switch* sedang memproses BPDU dan masih menunggu informasi.
 2. **Learning**, dimana port belum juga menyampaikan paket data dan masih menunggu untuk membaca dan mempelajari alamat dari paket data yang diterima.
 3. **Forward**, dimana setelah mempelajari alamat paket yang diterima, maka *port* akan berubah fungsi menjadi *forwarding* yang mana sudah dapat melakukan penerimaan dan pengiriman data dengan operasi yang normal.
- 4. Kesimpulan**
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan:

1. Konsep STP dalam jaringan VLAN bekerja ketika jalur *backup* diaktifkan akan terjadi perubahan pada topologi STP yang memakan waktu hingga 30 detik pada jaringan *bridge* untuk jaringan dapat dilewati kembali sehingga mempermudah bagi administrator untuk melakukan pengelolaan jaringan yang bersifat kompleks dan dapat mengurangi beban *traffic* jaringan sehingga performa jaringan menjadi semakin meningkat.
2. Manajemen Jaringan komputer dapat dijalankan dengan mudah dan lebih maksimal.
3. Konsep *Spanning tree protocol* menyediakan jalur *backup* pada topologi yang berpotensi memiliki jalur *redundant*. Penerapan jalur *backup* terlihat bahwa STP dapat mencegah terjadinya *loop* dan *broadcast storm* yang mengakibatkan performa jaringan menjadi menurun.

5. Referensi

- Damanik, B., K & Hamdani, M. (2020). *SIMULASI PERANCANGAN SPANNING TREE PROTOCOL DENGAN TOPOLOGI RING PADA MULTI - AKSES VIRTUAL LOCAL AREA NETWORK. XXII(3)*, 42–49.
- Mataram, U. T. (2020). *EXPLORE – Volume 10 No 1 Tahun 2020 EXPLORE – Volume 10 No 1 Tahun 2020. 10(1)*, 14–22.
- Alifyaa, T. R., Iswahyudi, C., & Informatika, T. (2017). *Jurnal JARKOM Vol . 5 No . 1 Desember 2017 ISSN : 2338-6304 Jurnal JARKOM Vol . 5 No . 1 Desember 2017 ISSN : 2338-6304. 5(1)*, 65–75.
- Saputra, W., & Suryawan, F. (2017). Implementasi VLAN dan Spanning Tree Protocol Menggunakan GNS 3 dan Pengujian Sistem Keamanannya. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 3(2), 64. <https://doi.org/10.23917/khif.v3i2.5311>
- Setiawan, C. (n.d.). *Spanning Tree Protocol*.