

## IMPLEMENTASI ETHERNET OVER IP TUNNEL SEBAGAI INTERFACE KOMUNIKASI ANTARA DUA PROTOKOL PADA JARINGAN METRO-E

Aris Wahyudi dan Mufti Gafar

Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,

Institut Sains dan Teknologi Nasional

Email: [mufti.gafar@yahoo.com](mailto:mufti.gafar@yahoo.com) & [aries.tranz32@yahoo.com](mailto:aries.tranz32@yahoo.com)

**Abstraksi** - Pada penelitian ini dibahas mengenai komabilitas antara protokol STP dan MRP. Metro Ring Protocol (MRP) digunakan dalam jaringan metro ethernet (metro-E) provider dan Spanning Tree Protocol (STP) digunakan oleh user untuk menghubungkan antar 2 lokasi menggunakan jaringan metro-E ISP. Kedua protokol tersebut ketika diintegrasikan satu sama lain ternyata tidak dapat terkoneksi. Status pada protokol STP akan mengalami port broken, sehingga koneksi yang dilewati protokol tidak dapat terhubung. Dari pengetesan antara dua protokol ini ternyata kedua protokol ini sama-sama menggunakan Vlan untuk dapat membuat circuit yang menghubungkan antara satu lokasi ke lokasi yang lain. Untuk dapat menghubungkan kedua protokol ini diperlukan protokol tambahan yang berfungsi sebagai interface komunikasi antara protokol STP dan MRP. Protokol yang digunakan sebagai interface ini adalah Ethernet Over IP (EOIP). Protokol EOIP ini digunakan sebagai tunneling untuk mengenkapsulasi protokol MRP agar dapat dilewati oleh protokol STP. Penggunaan protokol EOIP sebagai interface komunikasi antara protokol STP dan MRP tidak menurunkan performansi link. Dari penerapan EOIP nilai average delay dan packet loss masih sesuai dengan spesifikasi jaringan metro-E ISP yang diberikan ke sisi user. Dengan menggunakan protokol EOIP pada jaringan metro-E packet loss bernilai 0% atau tidak ada packet loss yang terkirim dan average delay bernilai dibawah 5ms.

Kata kunci : STP, MRP, EOIP, Metro ethernet, Average Delay, Packet loss

**Abstract** - This final project is discussed about compatibility between protocol STP and MRP. Metro Ring Protocol (MRP) is used on metro Ethernet (metro-E) network provider and Spanning Tree Protocol (STP) is used by user to connected between their location using metro-E ISP. That both protocol have issue when integration process. STP status on switch user have port broken, and connection that passed this protocol cannot connected. From testing result between these protocol is using Virtual LAN to create circuit to connected between location. To connect these protocol required additional protocol that have function as communication interface between STP and MRP protocol. Protocol used as interface is Ethernet Over IP (EOIP). EOIP protocol is used as tunneling to encapsulation MRP protocol to be bypassed by STP protocol. Using EOIP protocol as interface communication between STP and MRP protocol is not degradation link performance. After implementation EOIP, average delay and packet loss have match with metro-E network specification that provider deliver to user. Packet loss on the link is 0% or there is no packet loss transmitted to destination and Average delay are below 5ms.

Keywords: STP, MRP, EOIP, Metro Ethernet, Average Delay, Packet loss

### I. Pendahuluan

Di era teknologi saat ini dunia semakin membutuhkan komunikasi yang cepat dan tepat. Semua jenis komunikasi dapat dibawa dalam satu media pembawa, tidak peduli apakah itu suara, video, teks, grafik, data, dan lainnya. Media yang mampu melayani kebutuhan seperti inilah yang disebut Next Generation Network atau sering disingkat NGN. Aplikasi Next Generation Network sangat membutuhkan sebuah jaringan yang dapat dilewati data dalam jumlah yang sangat besar, dapat melakukan transfer data dengan sangat cepat, lebih tahan terhadap masalah-masalah komunikasi, dan yang terpenting haruslah murah dan mudah dalam implementasinya. Salah satu teknologi yang mampu melayani kebutuhan ini adalah teknologi Metro Ethernet Network. Jaringan metro ethernet merupakan salah satu solusi teknologi dalam memberikan solusi terintegrasi untuk layanan voice, data dan video. Jaringan Metro ethernet ini disediakan oleh penyedia layanan jaringan seperti ISP (Internet Service Provider) untuk melayani kebutuhan user-usernya. Pada tulisan ini ISP menggunakan protokol MRP (Metro Ring Protocol) pada jaringan metro ethernetnya. Di sisi lain user dengan kebutuhannya menggunakan protokol STP (Spanning Tree Protocol) sebagai konfigurasi link redundannya. Pada jaringan metro ethernet ini ISP dan pelanggan sebagai user harus memiliki komabilitas konfigurasi perangkat yang

sama, agar konfigurasi yang sudah dibuat dapat berjalan dengan baik. Pada kenyataannya masing-masing user dan ISP menggunakan perangkat network yang berbeda. Walaupun berbeda komabilitas konfigurasi masih dapat sama tergantung perangkat yang digunakan.

Dalam proses integrasinya protokol MRP pada ISP dan protokol STP pada user tidak dapat berjalan dengan baik apabila dihubungkan secara langsung. Hal ini dikarenakan kedua protokol tersebut merupakan sama-sama protokol protection availability yang menggunakan vlan untuk membuat sirkuitnya. Tetapi protokol STP dan MRP harus tetap dapat dihubungkan agar koneksi user dapat terhubung dari satu tempat ke tempat lain. Oleh karena itu diperlukan protokol yang dapat menjadi interface komunikasi antara dua protokol ini, dan pada tulisan ini protokol yang digunakan sebagai interface komunikasi adalah protokol EOIP (Ethernet over IP).

Pokok permasalahan yaitu bagaimana ethernet over IP tunnel digunakan sebagai interface untuk menangani tidak kompatibelnya protokol mrp dan stp yang digunakan antara user dan ISP dengan menggunakan menggunakan media perangkat mikrotik. Dan menganalisis penggunaan protokol EoIP sebagai teknik tunneling sebagai interface antara protokol STP dan protokol MRP yang tidak compatible.

**I.2 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini dibatasi pada permasalahan sebagai berikut:

- a. Pembahasan komabilitas konfigurasi perangkat user dan ISP
- b. User menggunakan protokol STP untuk link point to point
- c. ISP menggunakan protokol MRP pada jaringan metro ethernet
- d. Menggunakan Ethernet over IP tunnel dengan media perangkat mikrotik
- e. Perangkat mikrotik yang digunakan adalah seri RB951G

**I.3 Metode Penelitian**

Data-data yang diperoleh untuk melakukan penelitian ini diperoleh dengan melakukan simulasi dan studi pustaka/literature.

1. Observasi

Observasi adalah metode yang digunakan untuk mengamati dan mencatat dengan sistematis semua fenomena yang terjadi. Observasi dilakukan dengan cara mengamati bagaimana para pengelola melakukan mengelola Penelitian lapangan biasa dilakukan untuk memutuskan ke arah mana penelitian akan di lakukan.

2. Study Pustaka

Proses pengumpulan data selanjutnya adalah Study Pustaka. Yaitu pencarian data dari beberapa handbook dan situs internet yang dapat dijadikan referensi yang dapat mendukung pembuatan proyek akhir ini. Study pustaka merupakan proses umum yang dilakukan meneliti untuk mendapatkan teori-teori yang telah ada sebelumnya terkait dengan masalah penelitian. Studi pustaka ini di lakukan dengan cara pengumpulan bahan bacaan/literature. Literature yang di maksud meliputi buku teks, hasil penelitian, serta jurnal yang berkaitan baik dalam bentuk cetak maupun elektronik serta baik itu berasal dari Indonesia maupun dari luar negeri.

**II. Implementasi Protokol EOIP Pada Jaringan Metro-E**

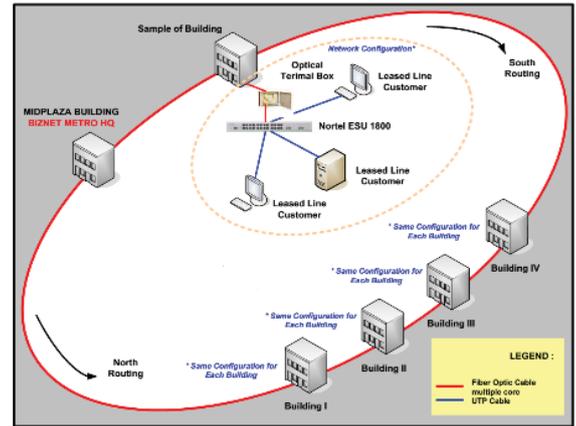
**II.1 Kompabilitas protokol STP dan MRP**

Protokol STP merupakan protokol jaringan komputer yang digunakan untuk menyediakan sistem jalur backup dan juga mencegah terjadinya Loop yang tidak diinginkan pada jaringan yang memiliki beberapa jalur menuju ke suatu tujuan dari Host. Pada saat ini protokol ini sering digunakan oleh user yang memiliki jaringan komputer di beberapa tempat agar dapat terkoneksi dengan baik dan juga mencegah adanya down pada jaringannya jika memiliki jaringan backup.

User yang memiliki jaringan dari satu tempat ke tempat lain dengan jarak yang jauh seperti antar kota atau negara biasanya akan menggunakan jaringan milik ISP untuk menghubungkan antar lokasi user. Hal ini jauh lebih efisien dibandingkan apabila user harus membangun jaringan sendiri yang akan memakan banyak biaya. ISP saat ini juga menyediakan layanan jaringan untuk menghubungkan lokasi pelanggannya dari satu tempat ke tempat lain. Selain koneksi internet ISP memiliki layanan jaringan yang langsung menghubungkan lokasi-lokasi yang diinginkan oleh pelanggannya secara tertutup tanpa koneksi internet secara point to point. Layanan ini memiliki keuntungan

lebih aman karena tidak menggunakan koneksi internet dan transfer rate data juga lebih tinggi.

Untuk dapat menggunakan layanan jaringan point to point ini perlu dilakukan integrasi perangkat antara milik user dan ISP agar dapat saling terhubung. Biasanya dalam perangkat jaringan yang dimiliki oleh user dan ISP berbeda, dan sesuai kebutuhannya user menggunakan konfigurasi untuk dapat terkoneksi sesuai dengan kebutuhannya. Begitu pun dengan ISP, memiliki konfigurasi jaringan sendiri untuk menghubungkan node-nodenya yang memiliki topologi ring untuk dapat melakukan perbaikan jaringan secara cepat jika terjadi kendala.

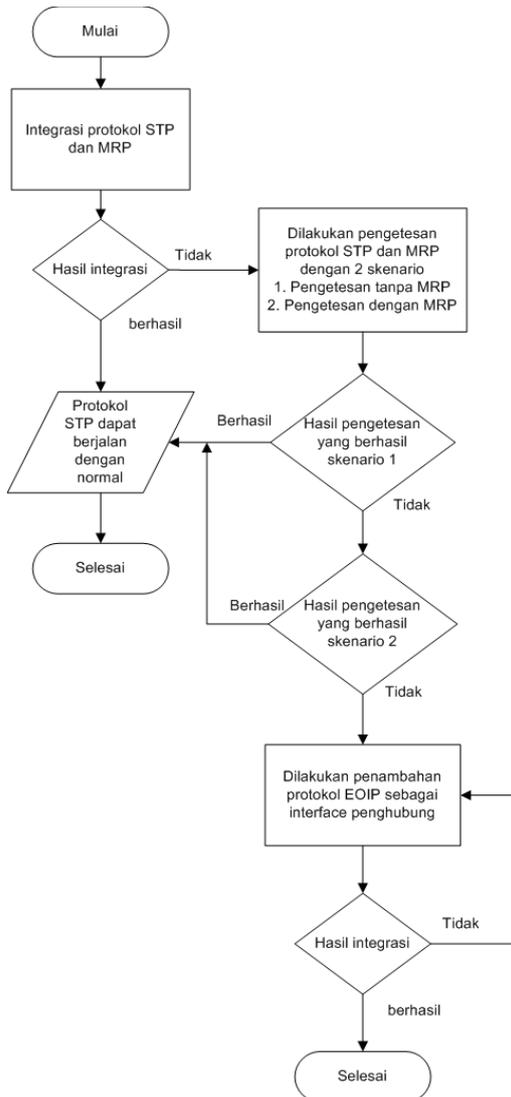


Gambar 3.1 Topologi jaringan network ISP

**II.1.1 Permasalahan komabilitas protokol STP dan MRP**

Permasalahan yang dapat terjadi adalah ketika dalam proses integrasi perangkat jaringan user dan ISP tidak dapat terhubung. Pada keadaan normal seharusnya link ini dapat terkoneksi dengan baik tetapi walaupun sesam perangkat jaringan koneksi antara side A dan side B tidak dapat terkoneksi. Sehingga perlu dilakukan pengecekan lebih lanjut untuk mencari penyebab dari kendala ini.

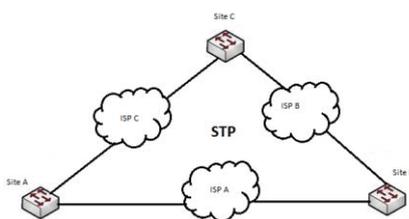
Untuk dapat mengetahui hal tersebut perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Flowchart tahapan analisis

**II.1.2 Integrasi perangkat user dengan jaringan Metro-E**

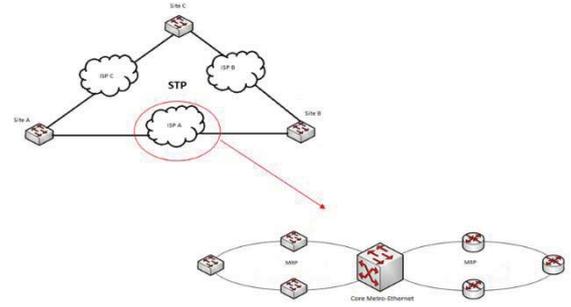
Dalam pencarian penyebab kendala antara perangkat user dan ISP di perlu mengetahui topologi dari jaringan user. Secara garis besar user memiliki beberapa lokasi yang ingin dihubungkan satu sama lain, tetapi menggunakan ISP yang berbeda agar memiliki reliability yang baik.



Gambar 3.3 Topologi Jaringan User

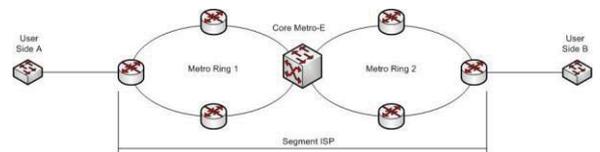
Dari topologi tersebut user ingin menghubungkan 3 lokasi untuk dapat saling berkomunikasi. Dari 3 lokasi tersebut menggunakan ISP yang berbeda tetapi dengan konfigurasi di sisi user yang sama. Setiap ISP tersebut juga menggunakan perangkat network yang berbeda, dan pada tulisan ini akan dibahas salah satu ISP dari jaringan topologi user ini.

Pada setiap jaringan jaringan metro-E memiliki konfigurasi protokol yang berbeda-beda dan pada tulisan ini akan dibahas jaringan metro-E pada ISP yang menggunakan protokol MRP (Metro Ring Protokol) dan di sisi user menggunakan protokol STP untuk mencegah adanya looping dalam jaringannya.



Gambar 3.4 Topologi Jaringan ISP

Berikut topologi setelah integrasi perangkat user dan ISP



Gambar 3.5 Integrasi Perangkat User dan ISP

Ketika dilakukan integrasi antara perangkat user dan jaringan metro-E ISP, didapat koneksi antar site user tidak dapat saling terhubung. Setelah dilakukan pengecekan untuk jaringan metro-E ISP normal dan untuk konfigurasi di sisi user tidak ada perubahan, tetapi terpantau status STP BKN\* (broken) sesuai dengan gambar berikut

```

Fa2/0/3      Desg [BKN*]:9      128.57      P2p *TYPE_Inc
    
```

Gambar 3.6 Status STP BKN\*(broken)

Status STP BKN\*(broken) ini disebut juga sebagai status inkonsisten dalam STP. Salah satu parameter yang dapat dilihat adalah status portnya, terlihat status port inkonsisten, hal ini yang menyebabkan status pada STP menjadi BKN\* (broken) sehingga link antara Side A dan Side B tidak dapat terkoneksi

```

%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet2/0/3, changed state to administratively down
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet2/0/3, changed state to down
%LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet2/0/3, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet2/0/3, changed state to up
%SPANTREE-7-RECV_1Q_NON_TRUNK: Received 802.1Q BPDU on non trunk FastEthernet2/0/3 VLAN2. (JKT-MO-DS-003-2)
%SPANTREE-7-BLOCK_PORT_TYPE: Blocking FastEthernet2/0/3 on VLAN0002. Inconsistent port type. (JKT-MO-DS-003-2)
    
```

Gambar 3.6 Status Port Inkonsisten

Dari status STP yang broken ini terlihat bahwa link tidak dapat terkoneksi karena konfigurasi STP antara site A dan B tidak dapat terkoneksi. Untuk mengetahui penyebab status STP ini perlu dilakukan pengecekan lebih lanjut. Dari sisi user tidak ada perubahan konfigurasi STP dan sebelumnya untuk linknya terkoneksi dengan normal, setelah dilakukan perubahan di sisi ISP dari jaringan metro-E dengan perangkat Nortel dan diganti dengan perangkat Brocade. Dari beberapa sumber literatur yang didapat untuk perangkat Brocade dapat mensupport konfigurasi STP milik perangkat cisco. Sehingga untuk mengetahui permasalahan link dengan konfigurasi STP ini perlu dilakukan penyetelan lebih lanjut dengan melakukan simulasi menggunakan switch baru.

**II.1.3 Pengetesan protokol STP dan protokol MRP**

Setelah proses integrasi antara perangkat user dan ISP yang masih terkendala, perlu dilakukan pengetesan lebih lanjut untuk mengetahui sumber dari kendala link yang tidak bisa terkoneksi ini. Dari pengecekan sebelumnya didapat status STP yang terdeteksi di sisi user BKN\* (broken), hal ini yang menyebabkan link tidak dapat terkoneksi.

Untuk melakukan pengetesan dengan jaringan metro-E ISP akan dilakukan dengan beberapa skenario dengan menggunakan perangkat jaringan ISP yang berbeda:

1. Menggunakan jaringan metro-E dengan topologi point to point
2. Menggunakan jaringan metro-E dengan topologi ring

**a. Pengetesan jaringan metro-E dengan topologi point to point tanpa MRP**

Pengetesan ini dilakukan dengan simulasi menggunakan switch test (SW-1 dan SW-2) dan dengan topologi perangkat yang point to point. Berikut gambar topologi pengetesan.



Gambar 3.8 Simulasi Pengetesan Dengan Topologi Point to Point tanpa MRP

Pada pengetesan dengan skenario 1 ini menggunakan dua perangkat switch metro-E yang dihubungkan tanpa protokol MRP. Sedangkan pada switch test dikonfigurasi dengan protokol STP. Dari hasil pengetesan ini dapat dilihat status STP pada kedua switch tersebut.

```
SW-1#sh spanning-tree vlan 2
VLAN0002
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32770
Address 000a.8a59.5600
Cost 38
Port 48 (FastEthernet0/48)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
Address 000a.f41a.2380
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/47 Desg FWD 19 128.47 P2p
Fa0/48 Root FWD 19 128.48 P2p
```

Gambar 3.9 Status STP pada SW-1

```
SW-2#sh spanning-tree vlan 1
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32769
Address 000a.f41a.2380
Cost 19
Port 47 (FastEthernet0/47)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0011.bba6.9780
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/47 Root FWD 19 128.47 P2p
Fa0/48 Altn BLK 19 128.48 P2p
```

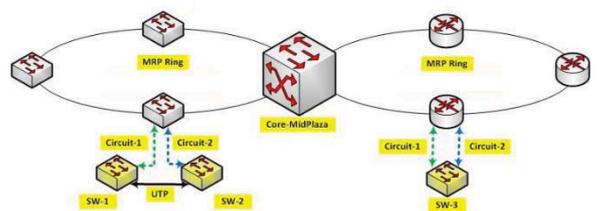
Gambar 3.10 Status STP pada SW-2

Dari hasil pengetesan simulasi ini dengan switch test didapat konfigurasi STP dapat berjalan dengan baik pada jaringan metro-E dengan topologi point to point dengan adanya salah satu port yang berstatus BLK (blocking). Status port blocking ini yang membuat jika ada trafik broadcast tidak akan diteruskan kembali tetapi akan di blok. Dari status STP pada kedua switch tersebut terlihat status STP tidak ada yang broken.

**b. Pengetesan dengan jaringan Metro-E topologi ring dengan MRP**

Pengetesan ini dilakukan dengan segment jaringan Metro-E Brocade yang berbeda, hal ini diperlukan untuk mengetahui apakah ada kendala di jaringan Metro-E atau tidak. Pengetesan ini juga menggunakan switch test untuk konfigurasi STP dan menggunakan simulasi topologi user untuk mengetahui apakah konfigurasi STP dapat berjalan dengan baik atau tidak. Untuk pengetesan ini menggunakan topologi berikut.

Pengetesan ini menggunakan 2 Circuit yang menghubungkan 3 switch test, untuk mensimulasikan sesuai dengan topologi user. Circuit 1 menghubungkan antara switch 1 dengan switch 3 via metro-E, circuit 2 menghubungkan switch 2 dengan switch 3, sedangkan Switch 1 dengan Switch 2 dihubungkan dengan kabel UTP langsung. Berikut topologi pengetesan ini.



Gambar 3.11 Pengetesan Dengan Topologi Ring dengan MRP

Untuk pengetesan dengan protokol MRP ini menggunakan topologi yang sama dengan ring metro yang existing yaitu ring. Setelah dikonfigurasi sesuai dengan topologi tersebut dan dari sisi switch test dilakukan setting protokol STP dengan konfigurasi Vlan 2. Setelah dilakukan konfigurasi STP pada semua switch lalu dilihat status STP pada setiap switch test.

Berikut capture status STP pada ketiga switch test.

```
SW-1#sh spanning-tree vlan 2
VLAN0002
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32770
Address 000a.8a59.5600
Cost 38
Port 48 (FastEthernet0/48)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
Address 000a.f41a.2380
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/47 Desg FWD 19 128.47 P2p
Fa0/48 Root FWD 19 128.48 P2p
```

Gambar 3.11 Status STP Pada Switch 1

```
SW-2#sh spanning-tree vlan 2
VLAN0002
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32770
Address 000a.8a59.5600
Cost 19
Port 47 (FastEthernet0/47)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
Address 0011.bba6.9780
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/47 Root FWD 19 128.47 P2p
Fa0/48 Desg FWD 19 128.48 P2p
```

Gambar 3.12 Status STP Pada Switch 2

```

SW-3#sh spanning-tree vlan 2

VLAN0002
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 32770
Address 000a.8a59.5600
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
Address 000a.8a59.5600
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
Fa0/1 Desg FWD 19 128.1 P2p
Fa0/47 Desg FWD 19 128.47 P2p
Fa0/48 Desg FWD 19 128.48 P2p
    
```

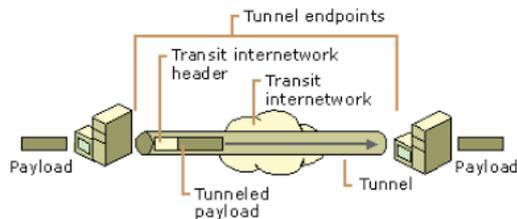
Gambar 3.13 Status STP Pada Switch 3

Status ketiga switch tersebut terlihat status port pada konfigurasi STP menjadi forwarding, sehingga dapat menyebabkan loop dan broadcast trafik pada jaringan tersebut. Hal ini disebabkan oleh protokol MRP pada jaringan metro-E yang juga membuat circuitnya per Vlan. Untuk menangani tidak komabilitasnya antara protokol STP dan protokol MRP perlu dilakukan tunneling antara Side A dan Side B untuk membuat protokol MRP pada jaringan Metro-E menjadi transparant bridge.

**II.2 Perancangan Jaringan Dengan Protokol EoIP**

Dalam penanganan masalah komabilitas antara protocol STP dan MRP ini menggunakan tunneling dengan protocol EOIP. Tunneling adalah membuat suatu jaringan private melalui jaringan internet atau LAN. Tunneling juga merupakan enkapsulasi atau pembungkusan suatu protocol ke dalam paket protocol. Tunneling menyediakan suatu koneksi point to point logis sepanjang jaringan IP yang bersifat connectionless. Proses trabsfer data dari suatu jaringan ke jaringan lain memanfaatkan jaringan existing secara terselubung (tunneling). Ketika paket berjalan menuju ke node tujuan, paket ini melalui suatu jalur yang disebut tunnel.

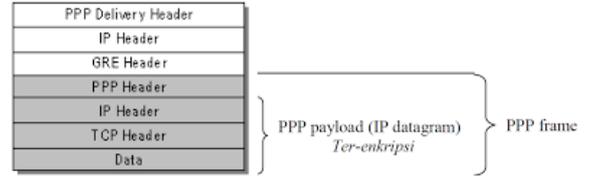
Disebut tunnel atau saluran karena aplikasi yang memanfaatkannya hanya melihat dua end point, sehingga paket yang lewat pada tunnel hanya akan melakukan satu kali lompatan atau hop. Tunneling ini menggunakan enkripsi untuk melindungi data agar tidak dapat dilihat oleh pihak-pihak yang tidak diberi otorisasi dan untuk membuat suatu enkapsulasi multiprotocol. Protokot tunneling tidak mengirimkan frame sebagaimana yang dihasilkan oleh node asalnya begitu saja, melainkan membungkusnya menenkapsulasi dalam header tambahan. Header tambahan tersebut berisi informasi routing sehingga data frame yang terkirim dapat melewati.



Gambar 3.14 Metode Tunneling

Dari gambar 3.14 payload merupakan paket data original yang dikirimkan oleh pengirim dengan datagram, lalu dilakukan enkapsulasi ketika memasuki tunnel sehingga payload tersebut menjadi tunneled payload yang sudah ditambahkan overhead data EOIP. Ketika tunneled payload sudah sampai pada tunnel endpoints tujuan maka overhead data tersebut dibaca dan payload data dikirimkan ke router tujuan. Teknologi tunneling dikelompokkan secara garis besar berdasarkan protokol tunneling layer 2 (Data Link Layer) dan layer 3 (Network Layer) model OSI layer. Yang termasuk ke dalam tunneling layer 2 adalah EOIP, PPTP,

dan L2TP. Sedangkan yang termasuk layer 3 adalah IPSec, VTP, dan ATMP. Protokol EOIP merupakan protokol jaringan yang merubah paket PPP menjadi IP datagram agar dapat ditransmisikan melalui internet maupun jaringan private LAN-to-LAN. Data yang ditransmisikan dalam bentuk IP datagram yang berisi PPP paket. IP datagram dibuat dengan menggunakan versi protokol Generic Routing Encapsulation (GRE) internet yang telah dimodifikasi. Struktur paket data yang dikirimkan melalui EOIP dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.15 Paket data EOIP

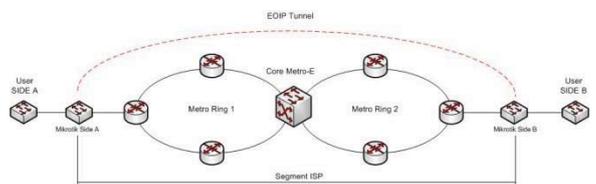
Dalam menangani masalah antara protokol STP dan MRP, dibuatlah VPN tunneling dengan teknik Ethernet over IP untuk membuat koneksi antara side A dan side B menjadi transparant bridge. Hal ini dilakukan untuk mengenkapsulasi protokol MRP dari jaringan metro-E, sehingga protokol STP pada perangkat user dapat berjalan dengan normal. Ketika fungsi bridging pada router diaktifkan maka semua trafik Ethernet (semua protocol Ethernet) akan di jembatan seperti seolah-olah ada interface fisik Ethernet dan kabel diantara dua router (ketika bridging diaktifkan). Protokol ini membuat berbagai macam skema network dapat berjalan.

Pada kasus ini EOIP men-enkapsulasi protocol MRP dengan membuat tunnel agar dapat dilewati oleh paket data STP. Protokol MRP akan bekerja pada ring metro-E tetapi akan dienkapsulasi oleh protocol EOIP agar dilewati paket data EOIP. Pada paket data original yang memiliki protocol STP akan ditambahkan paket data EOIP agar dapat melewati tunnel yang dibuat sehingga paket-paket data STP dapat melewati ring metro-E tanpa ada kendala.

Pemilihan protokol EOIP sebagai interface komunikasi antara protokol STP dan MRP adalah sebagai berikut:

1. Mudah dalam pengaplikasian dalam jaringan metro ethernet
2. Protokol EOIP dapat menyesuaikan sesuai dengan topologi yang digunakan, apakah itu point to point atau point to multipoint
3. Router yang digunakan untuk implementasi EOIP ini harganya lebih terjangkau

Untuk dapat menerapkan protokol EoIP pada jaringan point to point, perlu dipasang perangkat mikrotik di dua sisi (Side A dan Side B) diantara perangkat user dan perangkat ISP. Setelah dilakukan pemasangan perangkat mikrotik selanjutnya dilakukan setting konfigurasi protokol EoIP pada kedua perangkat mikrotik tersebut. Setelah EoIP diaktifkan semua lalu lintas Ethernet (semua protokol Ethernet) akan di jembatan sama seperti jika ada dimana interface Ethernet fisik dan kabel antara dua router (dengan bridging diaktifkan)

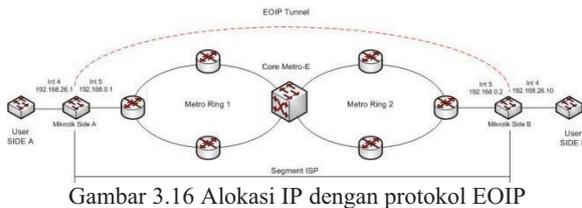


Gambar 3.16 Topologi Pemasangan Perangkat Mikrotik

**II.3 Implementasi Protokol EoIP**

Dalam melakukan implementasi protokol EoIP tunnel dalam sebuah jaringan ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Pastikan antara 1 lokasi dengan lokasi lain bisa saling berkomunikasi dengan remote address dengan melakukan ping. Sebelum membuat Tunnel, harus dipastikan Tunnel ID pada kedua sisi dari EoIP Tunnel memiliki ID yang sama, hal ini berguna adalah untuk memisahkan sebuah tunnel dengan tunnel yang lain pada 1 router. Setelah dipastikan link dapat terkoneksi dengan test ping lalu dilakukan konfigurasi EoIP pada perangkat mikrotik.

Untuk implementasi EOIP ini topologi dan IP address yang digunakan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.16 Alokasi IP dengan protokol EOIP

Pada implementasi EOIP ini menggunakan tunnel ID 10, tunnel ID ini harus disamakan antara side A dan side B agar dapat saling berkomunikasi. Sebelum implementasi EOIP interface kearah metro-E harus di setting terlebih IP address dahulu. Pada side A di setting IP address 192.168.0.1 dan pada side B di setting IP address 192.168.0.2. Setelah dilakukan setting pada interface selanjutnya dibuat interface EoIP dengan setting tunnel ID yang sama dan juga IP address pada kedua interface harus dimasukan agar dapat berkomunikasi. Setelah selesai dapat dilakukan test ping untuk melihat apakah antara perangkat mikrotik side A dan side B dapat saling berkomunikasi. Untuk kearah user, perlu dilakukan setting IP address juga pada interface kearah user. Pada side A interface kearah user di setting IP address 192.168.26.1 dan pada side B interface kearah user di setting IP address 192.168.26.10. Setelah setting interface EoIP selesai dilakukan bridging agar interface dari user dapat terhubung dengan interface EoIP. Bridging ini dilakukan di kedua sisi, di side A dan side B. Fungsinya adalah untuk membuat interface yang mengarah ke user dan ke ISP dapat terhubung. Setelah selesai dapat dilakukan test ping ke kedua sisi untuk memastikan apakah sudah dapat berkomunikasi antara side A ke side B.

**III. Analisis Hasil Implementasi Protokol EOIP**

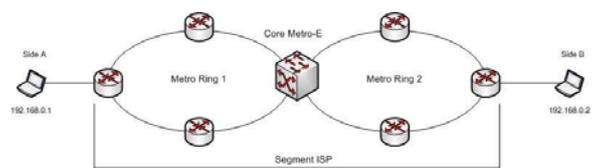
**III.1 Pengetesan Jaringan Metro-E**

Untuk dapat meghubungkan antara dua perangkat user di lokasi menggunakan jaringan metro-E ISP, perlu dipastikan untuk link point to point ISP dapat terkoneksi dengan baik. Untuk membuktikan link point to point ini dapat dilakukan dengan pengetesan ping antara 2 lokasi. Pengetesan ini dilakukan dengan menghubungkan perangkat ISP langsung ke laptop di dua sisi dan dilakukan test ping.

Ping merupakan salah satu program yang digunakan untuk mengecek komunikasi antar komputer dalam sebuah jaringan melalui protokol TCP/IP. PING akan mengirimkan Internet Control Message Protocol (ICMP) Echo Request messages pada IP address komputer yang dituju dan meminta respons dari perangkat tujuan. Pada test ping ini dapat dilihat paket loss dan delay yang menunjukkan kualitas dari jaringan.

Packet loss, adalah perbandingan seluruh paket IP yang hilang dengan seluruh paket IP yang dikirimkan antara pada source dan destination. Salah satu penyebab paket loss adalah antrian yang melebihi kapasitas buffer pada setiap node. yang mengalir sesuai dengan besarnya bandwidth. Jika besarnya trafik yang mengalir didalam jaringan melebihi dari kapasitas bandwidth yang ada maka policing control akan membuang kelebihan trafik yang ada. Delay didefinisikan sebagai total waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Delay di dalam jaringan dapat digolongkan sebagai berikut delay processing, delay packetization, delay serialization, delay jitter buffer dan delay network

Berikut topologi dan alokasi IP address untuk pengetesan IP Address Side A : 192.168.0.1/30  
IP Address Side B : 192.168.0.2/30



Gambar 4.1 Pengetesan jaringan Metro-E ISP

Setelah dilakukan pemasangan IP pada masing-masing laptop dan dihubungkan ke perangkat ISP, dilakukan pengetesan ping dari command prompt laptop. Untuk pengetesan ini dilakukan pengetesan ping dari side B ke side A menggunakan beban atau tanpa beban (packet size). Hal ini untuk membuktikan apakah link ISP memiliki kinerja yang baik jika digunakan untuk pengiriman data dengan size yang besar. Pengetesan ping ini juga dilakukan beberapa kali dengan jumlah ping yang berbeda untuk melihat apakah ada paket loss jika durasi ping dilakukan dengan jangka waktu yang berbeda. Pengetesan ini juga dapat melihat latency dari setiap ping apakah sudah sesuai atau ada perbedaan latency pada setiap hasil test pingnya.

```
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.1:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 6ms, Average = 2ms
```

Gambar 4.1 Pengetesan ping 100 kali tanpa beban

Pada hasil pengujian test ping, terlihat untuk link point to point terpantau normal dan tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 1 ms, maksimum 6 ms dan average 2 ms.

```
Reply from 192.168.0.1: bytes=10000 time=5ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.1:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 10ms, Average = 5ms
```

Gambar 4.2 Pengetesan ping 100 kali dengan paket size 10000 bytes

Pada hasil pengujian test ping 100 kali dengan packet size 10000, den terlihat untuk link point to point terpantau normal dan tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 4 ms, maksimum 10 ms dan average 5 ms.

```
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=5ms TTL=128
Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time=7ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.1:
    Packets: Sent = 1000, Received = 1000, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 12ms, Average = 2ms
```

Gambar 4.3 Pengetesan ping 1000 kali tanpa beban

Pada hasil pengujian test ping 1000 kali tanpa beban, dan terlihat untuk link point to point terpantau normal dan tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 1ms, maksimum 12 ms dan average 2 ms.

```
!y from 192.168.0.1: bytes=10000 time=5ms TTL=128
!y from 192.168.0.1: bytes=10000 time=6ms TTL=128
!y from 192.168.0.1: bytes=10000 time=8ms TTL=128
!y from 192.168.0.1: bytes=10000 time=9ms TTL=128

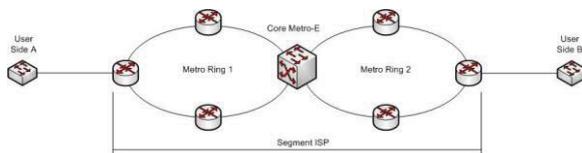
g statistics for 192.168.0.1:
    Packets: Sent = 1000, Received = 1000, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 19ms, Average = 5ms
```

Gambar 4.4 Pengetesan 1000 kali dengan paket size 10000 bytes

Pada hasil pengujian test ping 1000 kali dengan paket size 10000 bytes terlihat tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 4ms, maksimum 14 ms dan average 5 ms.

Dari beberapa hasil pengetesan ini didapatkan link point to point ISP normal, dapat terkoneksi dari Side A ke Side B tanpa adanya paket loss dan delay yang tinggi, sehingga dapat di lakukan integrasi ke perangkat user.

### III.2 Hasil Pengetesan Dengan Protokol EoIP



Gambar 4.5 Topologi sebelum dilakukan Pemasangan Mikrotik

Sesuai dengan topologi jaringan sebelum implementasi EoIP, perangkat user dihubungkan langsung ke jaringan metro-E. Dari hasil pengetesan sebelum implementasi EoIP ini didapatkan link tidak dapat terhubung yang dapat dilihat dari status STP di perangkat user. Dapat dilihat status STP di sisi switch user sesuai gambar 4.7 dimana ada status port yang broken. Hal tersebut yang mengindikasikan protokol STP tidak dapat berjalan.

```
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 4098
Address a493.4c0b.7700
Cost 4
Port 2 (GigabitEthernet1/0/2)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
Address 0014.a9aa.2200
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

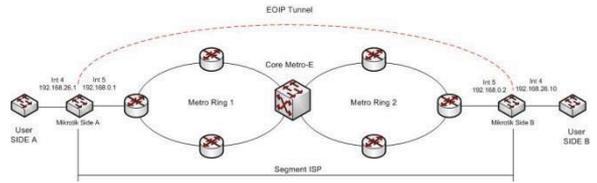
Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
G11/0/2 Root FWD 4 128.2 P2p
Fa1/0/2 Desg FWD 19 128.4 P2p
Fa1/0/4 Desg FWD 19 128.6 P2p
Fa1/0/11 Desg FWD 19 128.13 P2p Peer(STP)
Fa1/0/24 Altn BLK 19 128.26 P2p
Gi2/0/2 Altn BLK 4 128.54 P2p
Fa2/0/3 Desg BKN*19 128.57 P2p *TYPE_Inc
Fa2/0/11 Desg FWD 19 128.65 P2p Peer(STP)
```

Gambar 4.6 Status STP sebelum menggunakan EoIP

Sebelum dilakukan tunneling dapat dilihat status STP terdapat port Fa 2/0/3 yang BKN\* (broken) hal ini yang

membuat koneksi antara Side A dan Side B menjadi tidak terhubung.

Untuk menangani masalah ini dilakukan penambahan protokol EOIP dengan menggunakan perangkat mikrotik. Protokol EOIP disetting sesuai dengan hasil implementasi sebelumnya, dengan topologi sebagai berikut.



Gambar 4.7 Topologi Setelah Dilakukan Pemasangan Mikrotik

Setelah dilakukan implementasi protokol EOIP di dua sisi, hasilnya dapat dilihat pada status STP di sisi user. Dari sisi user setelah implementasi dilakukan tidak ada status port broken. Hal ini dapat dilihat di switch user yang sebelumnya memiliki status port broken. Setelah tidak ada status port broken maka status STP dapat berjalan dengan normal, dan selanjutnya dilakukan pengetesan untuk mengetahui koneksi dari side A ke side B. Pengetesan ini sama seperti sebelumnya dengan pengetesan sebelum menggunakan EOIP untuk mengetahui perbandingannya yaitu dengan test ping.

Dengan test ping ini dapat dilihat packet loss yang terdapat pada link dan juga besaran delaynya. Parameter ini yang akan dilihat untuk menentukan apakah link yang ditambahkan protokol EOIP ini masih sesuai dengan spesifikasi jaringan metro-E yang diberikan oleh ISP ke user.

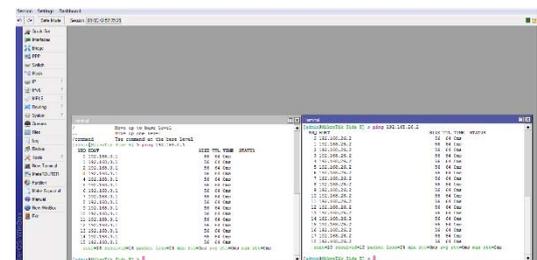
```
Spanning tree enabled protocol rstp
Root ID Priority 4098
Address a493.4c0b.7700
Cost 4
Port 2 (GigabitEthernet1/0/2)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32770 (priority 32768 sys-id-ext 2)
Address 0014.a9aa.2200
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface Role Sts Cost Prio.Nbr Type
-----
G11/0/2 Root FWD 4 128.2 P2p
Fa1/0/2 Desg FWD 19 128.4 P2p
Fa1/0/4 Desg FWD 19 128.6 P2p
Fa1/0/11 Desg FWD 19 128.13 P2p Peer(STP)
Fa1/0/24 Altn BLK 19 128.26 P2p
Gi2/0/2 Altn BLK 4 128.54 P2p
Fa2/0/3 Desg FWD 19 128.57 P2p
Fa2/0/11 Desg FWD 19 128.65 P2p Peer(STP)
```

Gambar 4.8 Status STP setelah menggunakan EoIP

Setelah dilakukan tunneling terlihat bahwa status STP pada port Fa 2/0/3 tidak memiliki port BKN\* (broken), sehingga Side A dan Side B dapat saling terkoneksi. Untuk membuktikannya akan dilakukan pengetesan ping pada segment user.



Gambar 4.9 Pengetesan setelah implementasi EOIP

Berikut hasil pengetesan pada segment user:

```
Reply from 192.168.26.2: bytes=32 time=2ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.26.2:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 8ms, Average = 1ms
```

Gambar 4.10 Hasil test ping 100 kali tanpa beban

Pada hasil pengujian test ping 100 kali tanpa beban terlihat tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 1ms, maksimum 8 ms dan average 1 ms.

```
Reply from 192.168.26.2: bytes=1500 time=3ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.26.2:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 6ms, Average = 3ms
```

Gambar 4.11 Hasil test ping 100 kali dengan paket size 1500 bytes

Pada hasil pengujian test ping 100 kali dengan paket size 1500 bytes terlihat tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 2ms, maksimum 6ms dan average 3ms.

```
Reply from 192.168.26.2: bytes=32 time=2ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.26.2:
    Packets: Sent = 1000, Received = 1000, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 8ms, Average = 2ms
```

Gambar 4.12 hasil test ping 1000 kali tanpa beban

Pada hasil pengujian test ping 1000 kali tanpa beban terlihat tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 2ms, maksimum 8ms dan average 2ms.

```
Reply from 192.168.26.2: bytes=1500 time=3ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.26.2:
    Packets: Sent = 1000, Received = 1000, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 19ms, Average = 5ms
```

Gambar 4.13 Hasil test ping 1000 kali dengan paket size 1500

Pada hasil pengujian test ping 1000 kali dengan paket size 1500 bytes terlihat tidak ada paket loss atau 0%. Untuk nilai delay minimum 3ms, maksimum 19ms dan average 5ms.

### III.3 Analisis Hasil Pengetesan

Setelah dilakukan implementasi dengan protokol EoIP dan dilakukan pengetesan perlu dilakukan analisa pada hasil pengetesannya. Hasil pengetesan ini akan dibandingkan dengan spesifikasi jaringan yang di deliver oleh ISP ke sisi User. Spesifikasi jaringan ini merupakan standart yang ISP gunakan dalam memberikan layanan ke sisi user sesuai dengan perangkat dan jaringan yang digunakan oleh ISP, sehingga spesifikasi jaringan ini akan menjadi acuan untuk analisis hasil pengetesan ini.

Spesifikasi:

Throughput	99,9%	
Average Delay Max	5 ms (FO) 25 ms (Radio Link)	Dihitung dari 1000 packet dengan packet-size 128 bytes; tidak ada trafik lain (*)
Average Delay Max Intercity	FO Intercity Jawa : 15 ms Jawa - Sumatera: 20 ms Lainnya : 30 ms	
Packet Loss Max	0,1%	Dihitung dari 1000 packet dengan packet-size 128 bytes; tidak ada trafik lain (*)

Gambar 4.14 Spesifikasi Jaringan Metro Ethernet ISP

Dari pengetesan sebelumnya didapatkan hasil pengetesan sebagai berikut

Tabel 4.1 Average delay pada hasil pengetesan ping 100 kali

Test ping 100	Tanpa E OIP	Dengan E OIP	Spesifikasi
Average delay tanpa beban	2 ms	1 ms	5 ms
Average delay dengan beban	5 ms	3 ms	5 ms

Pada tabel 4.1 dapat terlihat average delay jaringan tanpa EOIP dan dengan EOIP kurang dari 5 ms dimana spesifikasi jaringan untuk average delay adalah 5 ms. Dari hasil tersebut jaringan metro ethernet sebelum dan sesudah diimplementasikan EOIP dapat digunakan dengan dengan baik.

Tabel 4.2 Packet loss pada hasil pengetesan ping 100 kali

Test ping 100	Tanpa E OIP	Dengan E OIP	Spesifikasi
Packet loss tanpa beban	0%	0%	0,1%
Packet loss dengan beban	0%	0%	0,1%

Pada tabel 4.2 dapat terlihat packet loss jaringan tanpa EOIP dan dengan EOIP adalah 0 % dimana spesifikasi jaringan untuk packet loss adalah 0,1 %. Dari hasil tersebut jaringan metro ethernet sebelum dan sesudah diimplementasikan EOIP dapat digunakan dengan dengan baik.

Untuk pengetesan tersebut merupakan pengetesan ping 100 kali untuk melihat perbandingan dengan pengetesan ping 1000 kali dimana pengetesan tersebut yang dimasukkan kedalam spesifikasi jaringan metro-E ISP. Berikut hasil pengetesan ping 1000 kali sesuai yang digunakan dalam spesifikasi jaringan metro-E ISP. Pengetesan ini perlu dilakukan mengingat penambahan protokol EOIP merupakan sesuatu diluar jaringan metro-E itu sendiri tetapi harus diterapkan agar protokol MRP dan STP dapat berkomunikasi.

Tabel 4.3 Average delay pada hasil pengetesan ping 1000 kali

Test ping 1000	Tanpa E OIP	Dengan E OIP	Spesifikasi
Average delay tanpa beban	2 ms	2 ms	5 ms
Average delay dengan beban	5 ms	5 ms	5 ms

Pada tabel 4.3 dapat terlihat average delay jaringan tanpa EOIP dan dengan EOIP kurang dari 5 ms dimana spesifikasi jaringan untuk average delay adalah 5 ms. Dari hasil tersebut jaringan metro ethernet sebelum dan sesudah diimplementasikan EOIP dapat digunakan dengan baik.

Tabel 4.4 Packet loss pada hasil pengetesan ping 1000 kali