

**IMPLEMENTASI LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME UNTUK MENJAGA KINERJA LAYANAN SISTEM JARINGAN FIBER OPTIK****Eva Rinawati<sup>1</sup>, Irmayani<sup>2</sup>, dan Poedji Oetomo<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Front Office PT. Huawei Services, JakartaEmail: [eva.nawa86@gmail.com](mailto:eva.nawa86@gmail.com)<sup>2,3</sup> Prodi Teknik Elektro, FTI-ISTN Jagakarsa, Jakarta 12640Email: [ir.irmayani@istn.ac.id](mailto:ir.irmayani@istn.ac.id)**ABSTRAK**

Pada makalah ini dibahas mengenai Implementasi LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) untuk menjaga kinerja layanan sistem jaringan fiber optik. Proses pengiriman paket sering mengalami kegagalan ataupun gangguan jalur transmisi pada jaringan fiber optik. Oleh karena itu digunakan sistem proteksi yang difungsikan sebagai cadangan (back up) untuk mengatasi kegagalan pada jalur transmisi tersebut, hal ini dilakukan untuk tetap memenuhi kapasitas yang dibutuhkan pelanggan. Namun permasalahannya adalah apabila jalur utama dan proteksi mengalami kegagalan dalam mengirimkan paket dalam waktu yang bersamaan sehingga paket-paket tersebut tidak sampai ke penerima. Untuk tetap menjaga kinerja layanan sistem jaringan fiber optik maka digunakan LCAS. LCAS memiliki kontrol paket yang digunakan untuk mengontrol setiap member dari VCG (virtual concatenation group). Kontrol paket ini digunakan untuk menambah atau mengurangi member dari VCG apabila terjadi kegagalan link.

Dari pengambilan data didapatkan bahwa LCAS memiliki peranan penting saat mengirimkan informasi berupa paket data pada jaringan fiber optik dan dapat dilihat hasilnya bahwa ketika tidak terjadi link failure kapasitas yang diterima adalah sebesar 1000 Mbps, pada saat terjadi link failure kapasitas yang diterima sebesar 930 Mbps. Meskipun kapasitasnya berkurang, namun dapat dibuktikan bahwa penggunaan LCAS dapat menjaga kinerja layanan jaringan fiber optik.

Kata kunci: Virtual Concatenation, link failure, fiber cut, hard bending, LCAS

**ABSTRACT**

In this paper discussed about Implementation of LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) to maintain service performance of fiber optic network system. Package delivery process often experience failure or disruption of transmission lines on fiber optic network. Therefore, service providers and telecommunications operators will use a protection system that serves as a backup to overcome the failure of the transmission line, this is done to continue to meet the capacity required customers. But the problem is if the main and protection link fails to send the packet at the same time so that the packets do not reach the receiver.

To maintain the performance of fiber optic network system services then used LCAS. LCAS has a control packet used to control every member of the VCG (virtual concatenation group). This package control is used to increase or decrease members of VCG in case of link failure

Based on the results of data obtained that LCAS has an important role when sending information in the form of data packets on optical fiber network and can be seen the result that when no link failure then the capacity received is 1000 Mbps, in the event of a link failure then the capacity received at 930 Mbps. Despite the reduced capacity, it can be proven that the use of LCAS can maintain the performance of fiber optic network services.

Keywords: Virtual Concatenation, link failure, fiber cut, hard bending, LCAS

**I. PENDAHULUAN**

Proses pengiriman paket sering mengalami kegagalan ataupun gangguan jalur transmisi pada jaringan fiber optik. Oleh karena itu operator penyedia jasa dan telekomunikasi akan menggunakan sistem proteksi yang difungsikan sebagai cadangan (back up) untuk mengatasi kegagalan pada jalur transmisi tersebut, hal ini dilakukan untuk tetap memenuhi kapasitas yang dibutuhkan pelanggan. Namun permasalahannya adalah apabila jalur utama dan proteksi mengalami kegagalan dalam mengirimkan paket dalam waktu yang bersamaan sehingga paket-paket tersebut tidak sampai ke penerima. Kegagalan-kegagalan pada jalur transmisi tersebut haruslah diatasi

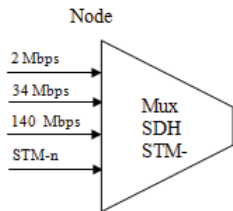
secepat mungkin, agar layanan-layanan yang menggunakan sistem tersebut dapat tetap dijalankan, sehingga dapat memberikan kepuasan layanan pada pelanggan.

Penelitian dilakukan pada salah satu operator telekomunikasi di Indonesia yaitu PT XL Axiata, pada jaringan fiber optik link Balige-Pekanbaru.

**II. DASAR TEORI****2.1 SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY**

SDH merupakan suatu struktur transport digital yang mengirimkan paket data melalui jaringan transmisi sinkron. SDH merupakan hirarki multiplexing yang berbasis pada transmisi sinkron

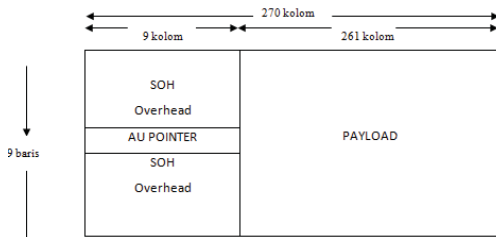
yang telah ditetapkan oleh ITU-T G.707. Hirarki multiplexing SDH dapat dilihat pada gambar 2.1 beberapa paket yang dikirimkan dengan kecepatan yang berbeda akan di multiplexing untuk dikirimkan kembali.



Gambar 2.1 Multiplexing pada SDH [2]

**2.1.1 Struktur frame SDH**

Frame STM-1 yang ditunjukkan pada gambar 2.2 terdiri dari sinyal informasi sebanyak 9 baris dengan 270 kolom. Masing-masing kolom terdiri dari 1 byte (8 bit) dimana 9 kolom pertama pada baris 1 terdiri dari FAS (Frame Alignment Signal) yang berfungsi sebagai sinkronisasi sinyal petunjuk awal dari sinyal frame STM-1 dan pada 261 kolom berikutnya pada baris 1 dipergunakan sebagai payload.

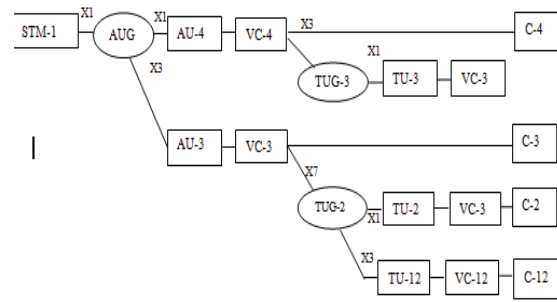


Gambar 2.2 Frame STM-1[2]

Section Overhead (SOH) berisi byte-byte yang diperlukan untuk transmisi SDH secara handal, antara lain byte untuk sinkronisasi frame, byte untuk pengecekan error. SOH terdiri dari RSOH dan MSOH. RSOH (Regenerator Section Overhead) berfungsi sebagai sinyal komunikasi dengan beberapa perangkat pengulang atau regenerator line yang letaknya antara terminal multiplexer. MSOH (Multiplex Section Overhead) berfungsi sebagai sinyal komunikasi antar peralatan multiplexer di terminal. AU (Administrative Unit) berfungsi untuk mengatur pemetaan (mapping) container yang berisi informasi (payload) ke dalam frame STM-N. Payload adalah Container ditambah dengan path overhead (POH).

**2.1.2 Struktur multiplex pada SDH**

Struktur multiplex SDH merupakan bagian dari suatu proses untuk membentuk STM-N. Proses multiplexing pada sistem SDH dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Multiplexing [2]

Sinyal-sinyal yang disalurkan melalui sistem SDH, pertama kali mengalami proses pemetaan yaitu sinyal tersebut dimasukkan ke dalam container (C) yang sesuai dengan struktur dalam sistem SDH. Kemudian Container akan membentuk Virtual Container (VC) dengan cara menambahkan path overhead (POH) terlebih dahulu. Virtual Container inilah yang nantinya akan diolah dan diproses oleh sistem SDH. Masing-masing VC ditambahkan pointer untuk membentuk Tributary Unit (TU).

**2.1.3 Komponen dasar SDH**

Komponen dasar dari frame SDH merupakan sinyal-sinyal perantara dalam proses multiplexing dan mapping, yang susunannya mempunyai nama dan kecepatan data yang berbeda-beda. Berikut penjelasan hirarki dari sinyal perantara pada SDH:

- a. Container
- b. Virtual Container (VC)
- c. Tributary Unit (TU)
- d. Administrative Unit (AU)
- e. Administrative Unit Group (AUG)

**2.2 ETHERNET OVER SDH**

Ethernet over SDH merupakan kelanjutan dari pengembangan teknologi SDH yang di pakai sebagai hirarki pemultiplekan yang berbasis pada transmisi sinkron. Beberapa bagian penting dalam pembentukan sebuah konfigurasi EoS antara lain:

- a. LCAS(Link Capacity Adjustment Scheme).
- b. GFP (Generic Framing Procedure)
- c. Virtual Concatenation(VCAT)

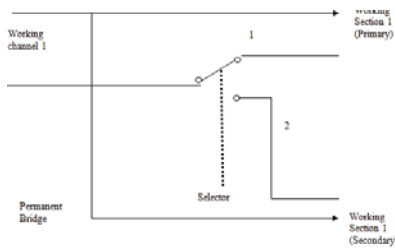
Prinsip kerja Ethernet over SDH yaitu mengirimkan paket data berupa ethernet yang dikirimkan melalui teknologi jaringan SDH. Paket data ethernet tersebut dimappingkan ke dalam jaringan SDH menggunakan enkapsulasi GFP. Ethernet over SDH memiliki fitur LCAS yang difungsikan untuk menjamin layanan tetap berfungsi, dengan cara membagi kapasitas trafik yang dikirimkan dengan jalur

yang berbeda. Sehingga apabila jalur satu terjadi link failure, maka trafik dapat dikirimkan dengan jalur lain

**2.3 SISTEM PROTEKSI PADA SDH**

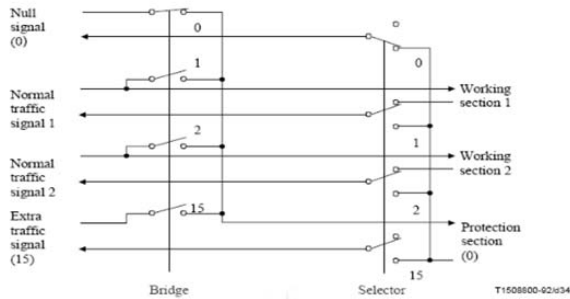
**2.3.1 MSP((Multiple Section Protection)**

MSP ((Multiple Section Protection) terdiri dari 2 jenis yaitu MSP 1+1 dan MSP 1+N. Pada proteksi MSP 1+1 berarti satu kanal digunakan sebagai main channel(working channel) yaitu kanal yang membawa trafik, sedang 1 kanal lagi digunakan sebagai protection channel yang hanya berfungsi sebagai kanal cadangan seperti yang terlihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Proteksi MSP 1+1<sup>[3]</sup>

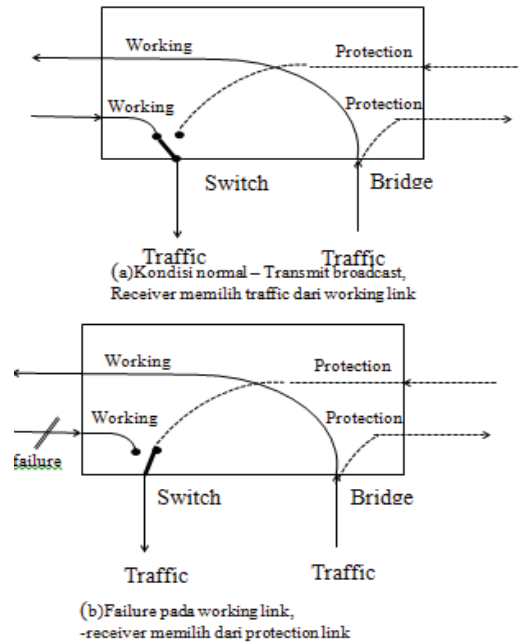
Sedangkan pada proteksi MSP 1 + N memiliki kekurangan yaitu jika pada saat yang bersamaan terdapat dua card yang failure maka hanya satu card saja yang bisa diproteksi seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proteksi MSP 1+N<sup>[3]</sup>

**2.3.2 Subnetwork Connection Protection (SNCP)**

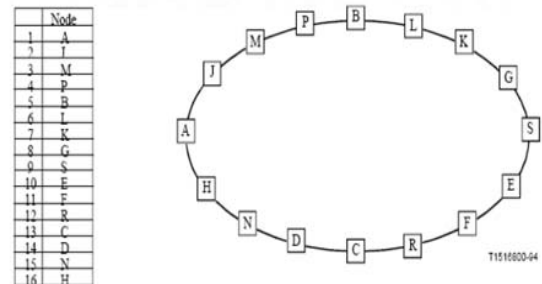
Subnetwork Connection Protection (SNCP) dapat digunakan untuk proteksi sebagian dari link, misalnya pada satu link terdapat dua atau lebih segmen yang berbeda atau dapat digunakan pada satu link penuh transmisi. Sesuai dengan prinsip SNCP, untuk dapat mengimplementasikan SNCP pada sebuah link, maka link tersebut harus terdiri dari dua jalur yaitu jalur utama dan jalur proteksi dimana kedua jalur tersebut memiliki rute yang berbeda seperti yang terlihat pada gambar 2.6. yang memiliki bridge dan Switch



Gambar 2.6 Proteksi SNCP<sup>[4]</sup>

**2.3.3 MS-SPRING (Multiplex Section-Share Protection Ring)**

MS-SP Ring digunakan pada jaringan bertopologi ring dan berfungsi memproteksi traffic pada sinyal aggregate dari backbone jaringan transmisi SDH. Gambar 2.7 menggambarkan contoh konfigurasi dan penomoran node pada ring SDH.



Gambar 2.7 Penomoran MS-SPRING<sup>[4]</sup>

**2.4 ETHERNET**

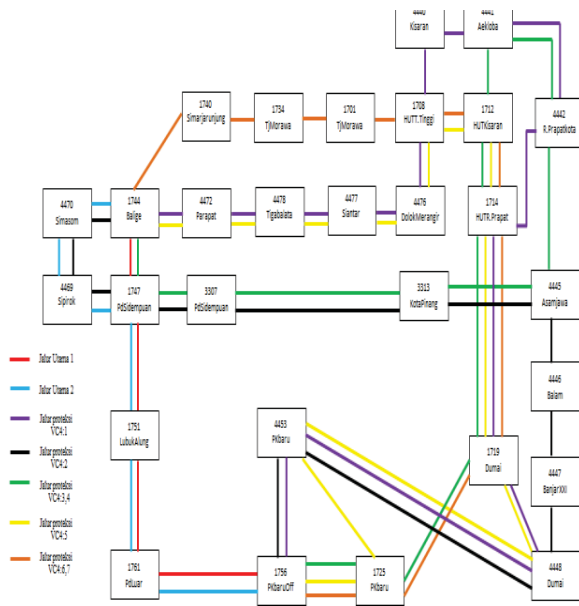
Ethernet menyediakan layanan sampai dengan data link layer. Ethernet adalah metode akses yang memungkinkan semua komputer dan perangkat dalam suatu jaringan untuk berbagi bandwidth yang sama pada tiap link-nya. Cara kerja Ethernet yaitu Ethernet menggunakan metode yang dikenal dengan Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection(CSMA / CD).

2.5 PERFORMANSI

Parameter performansi yang di bahas dalam makalah ini ialah kapasitas dan pengguna trafik serta throughput sebelum dan sesudah terjadi link failure pada jalur transmisi. Kapasitas diperoleh berdasarkan data pada sistem monitoring, sedangkan throughput dapat diamati pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.

III. IMPLEMENTASI LCAS

3.1 TOPOLOGI JARINGAN LCAS



Gambar 3.1 Topologi Jaringan LCAS

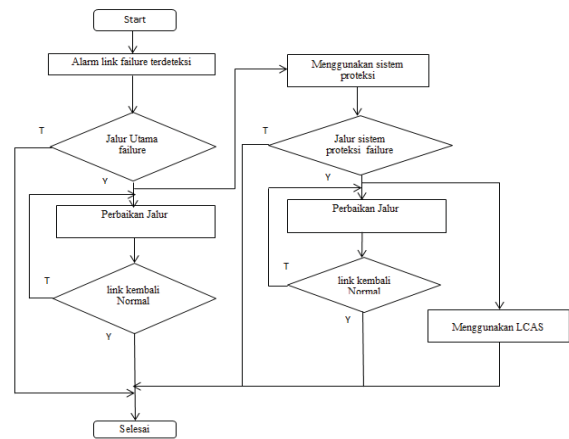
Topologi jaringan menggunakan LCAS ditunjukkan pada gambar 3.1. Karena sering terjadi gangguan link pada jalur utama 1 dan jalur utama 2 pada saat proses pengiriman paket atau informasi, maka dibuat jalur proteksi sebagai jalur untuk memproteksi trafik apabila jalur utama bermasalah dengan mengaplikasikan protokol LCAS pada jalur ini untuk memaksimalkan layanan pada jaringan optik apabila jalur pada sistem proteksi mengalami kegagalan pada saat mengirimkan paket ke penerima dengan rute proteksi berbeda-beda. Adapun rute pada jalur proteksi yaitu:

1. Jalur utama 1: 1744Balige-1747PdSidempuan- 1751Lubukalung- 1761Pdluar-1756PkbaruOffm dengan kapasitas sebesar 4 STM-1 Jalur Proteksinya yaitu a) 1744Balige- 4472Parapat-4478Tigabalata- 4477Siantar- 4476Dolokmaringir-1708HUTT.Tinggi- 4440Kisaran- 4441Aekloba-4442R.parapat- 1714HUTR.Parapat- 1719Dumai-4448Dumai- 4453Pkbaru- 1756PkbaruOff-b)1744Balige-3307PdSidempuan- 3313Kotapinang-

4445Asamjawa- 4446Balam- 4447Banjar-4448Dumai- 4453Pkbaru- 1756PkbaruOff c)1744Balige- 1740Simarjarunjung- 1734Tjmorawa-1701Tjmorawa- 1712HUTKisaran-1714HUTR.Parapat- 1719Dumai- 1725Pkbaru-1756PkbaruOff.

2. Jalur utama 2: 1744Balige- 4470Simasom-4469Sipirok- 1747PdSidempuan- 1751Lubukalung-1761Pdluar- 1756PkbaruOff.

Jalur proteksinya yaitu: a) 1744Balige-3307Pd.Sidempuan- 3313Kotapinang- 4445Asamjawa-442R.parapat- 4441Aekloba- 1712HUTKisaran-1714HUTR.Parapat- 1719Dumai- 1725Pkbaru-1756PkbaruOff. b) 1744Balige- 4472Parapat-4478Tigabalata- 4477Siantar- 4476Dolokmaringir-1708HUTT.Tinggi- 1712HUTKisaran-1714HUTR.Parapat- 1719Dumai- 4448Dumai-4453Pkbaru- 1725Pkbaru- 1756PkbaruOff.



Gambar 3.2 Diagram alir Implementasi LCAS

Gambar 3.2 merupakan diagram alir dari implementasi LCAS pada link Balige-Pekanbaru. Pada saat terjadi link failure pada jalur utama 1 dan 2, sambil menunggu perbaikan jalur maka switching akan memindahkan trafik pada jalur proteksinya, sehingga proses pengiriman paket-paket data tersebut tetap terus berlangsung. Pada saat jalur utama belum selesai di restorasi kemudian link pada salah satu jalur proteksi juga terjadi link failure, maka paket-paket tersebut tidak dapat dikirimkan. Namun pada link Balige-Pekanbaru menggunakan LCAS. Sehingga pada saat salah satu rute pada jalur proteksinya mengalami kegagalan link, LCAS dapat mengontrol sehingga rute lain dapat mengirimkan paket ke sisi penerima dan LCAS dapat menjaga proses layanan pada jaringan optik.

3.2 METODE LCAS

LCAS pada virtual gabungan yang berada sisi pengirim ataupun penerima berfungsi untuk menyediakan mekanisme kontrol untuk menambah

atau mengurangi kapasitas dari VCG (Virtual Concatenation Group) untuk memenuhi kebutuhan bandwidth yang dibutuhkan oleh penerima. Untuk menambah atau mengurangi anggota pada VCG, LCAS bekerja berdasarkan pesan-pesan yang diatur didalam Kontrol paket. Kontrol paket memiliki pesan yang berbeda dari sisi penerima maupun sisi pengirim. Adapun kontrol paket pada sisi pengirim yaitu MFI, Sequence Indicator, Control, dan CRC. Sedangkan kontrol paket yang ada pada sisi penerima yaitu Member status, RS-Ack, CRC. Komunikasi antara kontrol paket dengan VCG ini ditentukan oleh byte H4. Sehingga apabila byte H4 menerima alarm yang mengindikasikan adanya masalah dari VCG maka kontrol paket akan mengirimkan kode sesuai yang dibutuhkan oleh VCG.

Virtual Concatenation (VCAT) ditentukan dalam rekomendasi ITU-T G.707 (2007) dan G.783 (2006). VCAT digunakan untuk membagi kapasitas ke dalam individual Virtual Concatainer (VC) yang dikelompokkan ke dalam VCG (Virtual concatenation Group) seperti yang terlihat pada gambar 3.3 sehingga ini dapat digunakan untuk mendukung pelanggan dan layanan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Pada gambar 3.3 merupakan VCG 1 atau VTRUNK 1 terdiri dari 7 anggota VC dalam VCG yang diimplementasikan pada high orde path dimana menggunakan VC-4

Board	VB ID	VB Name	Bridge Type	Bridge Switch Mode	Bridge Learning Mode	Ingress Filter
IT44_MSTPNS...	1	MPLS Balize-Pkbr	802.1q	NL,Ingress Filter Enable	NL	Enabled

Service Mount	VLAN Filtering	VLAN Unicast	Disabled MAC Address	Bound Path	MAC Address Self Learning	VLAN MAC Address Table
VCTRUNK1						
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-7-VC4(1)	1	Active	
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-8-VC4(1)	1	Active	
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-5-VC4(1)	1	Active	
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-4-VC4(1)	1	Active	
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-3-VC4(1)	1	Active	
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-2-VC4(1)	1	Active	
VCTRUNK1	VC4-w	Bidirectional	VC4-1-VC4(1)	1	Active	

Gambar 3.3 Boundling Path VCTRUNK/VCG

**3.3.1 Kontrol Paket**

Sinkronisasi perubahan kapasitas pada pengirim dan penerima melalui kontrol paket. Setiap kontrol paket menjelaskan status link. Perubahan kapasitas dikirim terlebih dahulu sehingga penerima bisa beralih ke konfigurasi baru. Kontrol paket terdiri dari bagian-bagian yang memiliki fungsi yang spesifik. Kontrol paket berisi informasi yang berbeda yang dikirim dari pengirim ke penerima atau dari penerima ke pengirim,

seperti yang terlihat dari pada gambar 3.4. Berikut merupakan pesan LCAS yang diterima pengirim maupun penerima:

Pesan LCAS dari sumber ke penerima

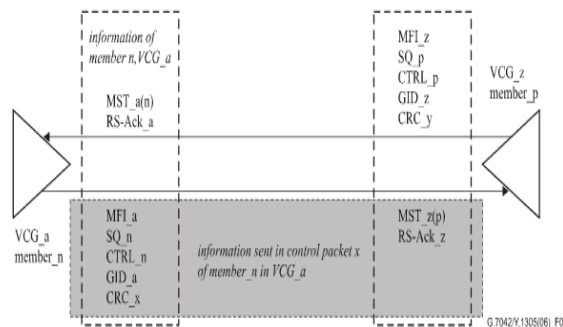
- MultiFrame Indicator (MFI)
- Sequence Indicator (SQ)
- Control (CTRL)
- Group Identification (GID) bit

Sedangkan yang menjadi pesan LCAS dari penerima ke sumber;

- Member Status (MST)
- Re-Sequence Acknowledge (RS-Ack) bit

Pesan yang terdapat pada pengirim atau pun penerima:

- CRC(Cylic redudancy Check)
- Bit yang tidak dipakai harus di atur pada nilai "0"



Gambar 3.4 Pesan dari Kontrol Paket pada LCAS<sup>1/1</sup>

Gambar 3.4 dapat dijelaskan sebagai berikut yaitu Multiframe Indicator(MFI) yang digunakan pada sisi pengirim, MFI sama untuk setiap anggota dari VCG. MFI digunakan untuk menentukan perbedaan waktu tunda antar anggota dalam VCG yang sama. Untuk sisi penerima, MFI akan digunakan menyusun kembali payload untuk semua anggota pada grup. Sequence Indikator (SQ) berisi nomor urutan yang diberikan kepada anggota dalam grup. Tiap anggota yang sama pada VCG diberikan nomor urut yang khusus, dimulai dari angka 0, hal ini diatur dalam ITU-T Recs G.707/Y.1322.

**3.3.2 Peningkatan Kapasitas pada VCG (Penambahan Anggota)**

Saat anggota ditambahkan pada VCG, anggota tersebut diberi nomor urutan yang lebih tinggi dari nomor urut anggota tertinggi sebelumnya yang memiliki EOS atau DNU pada kode CTRL. Penambahan anggota memiliki nomor urut yang berbeda-beda sehingga MST dapat mengidentifikasi dari setiap anggota yang ditambahkan. Pada perintah ADD, anggota pertama yang merespons dengan MST=OK harus dialokasikan pada nomor urut tertinggi selanjutnya dan mengubah kode CTRL menjadi EOS dimana pada saat yang sama urutan anggota tertinggi saat ini mengubah kode CTRL



menjadi NORM. Anggota baru akan berhasil ditambahkan pada VCG apabila MST memberikan respon OK.

**3.3.3 Penambahan Payload pada Anggota**

Langkah terakhir untuk menambahkan anggota yaitu dengan mengirimkan NORM atau EOS yang terdapat pada kode Control. Frame container pertama berisi data payload untuk anggota baru yang akan menjadi frame container selanjutnya setelah berisi bit terakhir (yaitu CRC) dari kontrol paket dengan NORM/EOS untuk anggota tersebut.

**3.3.4 Penurunan Kapasitas VCG (Penghapusan sementara Anggota karena Link failure)**

a. Penghapusan sementara Anggota. Ketika anggota yang mengirim NORM atau EOS mengalami kegagalan dalam jaringan, ini terdeteksi di penerima (MSU\_L, TSD) dan penerima akan mengirim MST=FAIL untuk sebagian anggota. Setelah mendeteksi MST = FAIL, pengirim akan mengganti kondisi NORM dengan kondisi DNU, atau mengganti EOS menjadi DNU. Anggota yang masih aktif dengan nomor urut yang paling tinggi akan mengirim EOS.

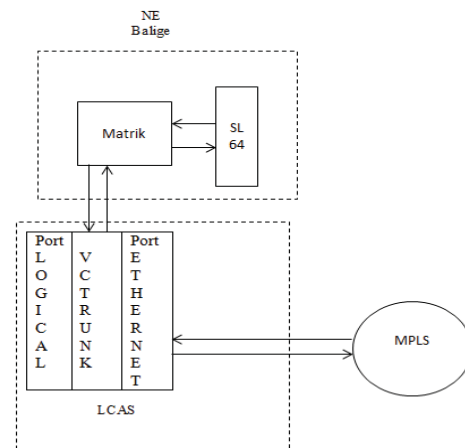
b. Pengembalian Anggota yang telah dihapus sementara. Penerima akan mendeteksi apabila gangguan yang menyebabkan anggota dihapus sementara tidak ada lagi atau kondisi link sudah normal. Penerima akan mengirim MST=OK untuk anggota tersebut. Setelah mendeteksi MST=OK, pengirim akan mengganti kondisi DNU dengan kondisi NORM, atau mengganti kondisi DNU dengan kondisi EOS, dan anggota sebelumnya yang mengirim kode CTRL EOS akan mengirim NORM.

c. Pengembalian Payload Anggota yang telah dihapus sementara. Langkah terakhir setelah pulih dari penghapusan sementara anggota adalah dengan mulai menggunakan payload anggota itu lagi. Frame container pertama yang berisi payload untuk anggota harus merupakan frame container segera setelah frame container yang berisi bit terakhir dari paket kontrol yang berisi kode CTRL pertama NORM atau EOS di bidang kontrol untuk anggota tersebut.

d. Penurunan Kapasitas VCG: Penghapusan permanent Anggota. Pada saat anggota dihapus, nomor urut akan melakukan penomoran ulang. Jika anggota yang dihapus secara permanen memiliki nomor urut yang tertinggi atau maksimal pada group, anggota yang masih aktif akan memiliki nomor urut tertinggi berikutnya akan mengubah area kontrol menjadi EOS pada paket kontrol bersamaan dengan paket kontrol pada anggota yang dihapus dengan diubah menjadi area kontrol IDLE.

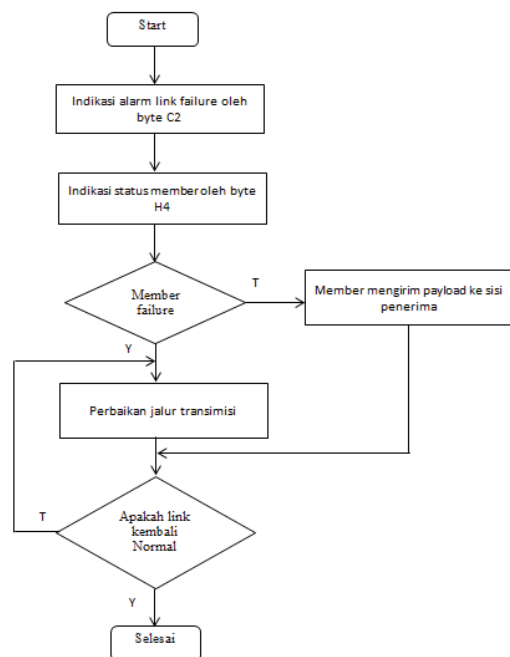
**3.4 PENERAPAN LCAS PADA LINK**

Rangkaian LCAS (gambar 3.5) pada card EGS4 untuk NE Balige yang terdiri dari 4 port Gigaethernet dan 16 port virtual, dimana pengguna layanan MPLS dihubungkan ke port gigaethernet dan informasi yang diterima dari MPLS kemudian dihubungkan dengan VCTRUNK untuk dapat dimapping ke dalam port logical sehingga dapat dibuat crossconnect untuk dilanjutkan ke sisi penerima. LCAS ini merupakan fitur yang hanya terdapat pada teknologi jaringan ethernet over SDH yang digunakan untuk menambah atau mengurangi kapasitas serta menjaga agar kinerja layanan fiber optik tetap berlangsung dalam mengirimkan paket-paket ke sisi penerima.



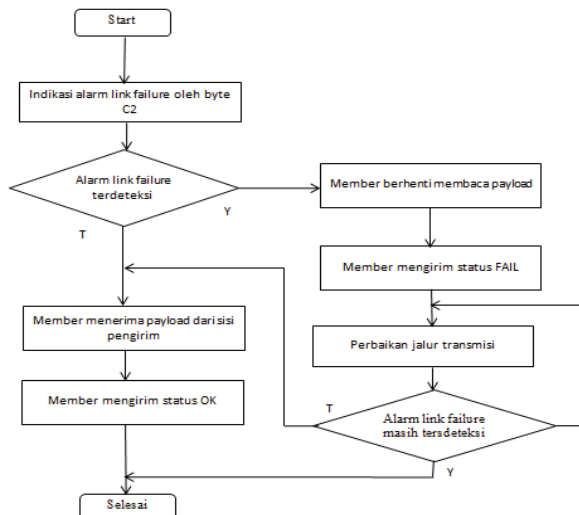
Gambar 3.5 Rangkaian LCAS

**3.5 DIAGRAM ALIR KONTROL**



Gambar 3.6 Diagram Alir LCAS pada sisi Pengirim

LCAS diimplementasikan pada high order path dimana byte yang digunakan adalah byte C2 dan byte H4 untuk mengetahui kondisi setiap member. Byte C2 merupakan signaling label untuk mengetahui adanya link failure. Sedangkan byte H4 merupakan indikator yang mengindikasikan adanya member yang failure. Informasi pada sisi pengirim adalah SQ, CTRL, CRC dan MFI, dimana SQ merupakan urutan penomoran untuk setiap member, CTRL merupakan informasi dari member berupa DNU, IDLE, ADD, NORM atau EOS. MFI merupakan multiframe indikator dari member, sedangkan CRC merupakan error checking. Dari gambar 3.6 dapat dijelaskan dari sisi pengirim bahwa ketika terjadi link failure maka C2 akan menerima alarm indication signal, dan byte H4 akan mengirimkan informasi pada MFI untuk diteruskan ke setiap member pada sisi pengirim.



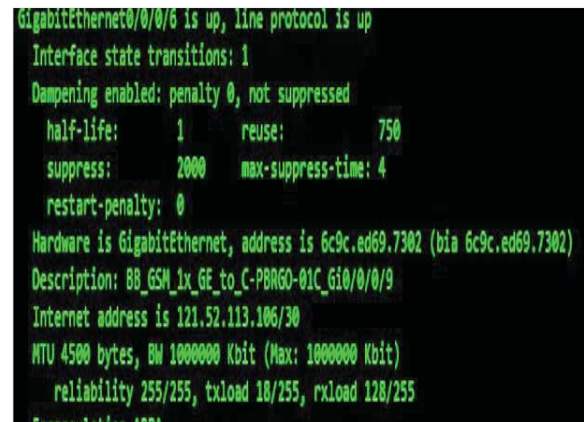
Gambar 3.7 Diagram Alir LCAS pada sisi Penerima

Dari gambar 3.7 merupakan kontrol paket pada sisi penerima. Pada sisi penerima kontrol paket ialah status dari MST(Member status) dan juga RS-Ack(Resequene). MST ada 2 yaitu FAIL dan OK. Pada saat tidak terjadi link failure atau pada saat member tidak mengalami kegagalan, maka member membaca payload dan akan mengirimkan status OK pada pengirim, dan sisi pengirim akan mengirimkan kode CTRL NORM atau EOS pada sisi penerima. Apabila terjadi link failure maka member sisi penerima akan mengirimkan status member FAIL ke sisi pengirim dan menerima kode kontrol DNU sehingga member akan berhenti membaca payload. Sementara itu pengulangan RS-Ack akan terjadi apabila pada anggota dalam group akan dihapus permanent.

**IV. HASIL PENGUKURAN**

**4.1 HASIL PENGUKURAN TRAFIK LAYANAN**

Pada bagian ini akan dibahas besar kapasitas pada saat terjadinya link failure pada jalur utama maupun jalur proteksi menggunakan SNCP dan LCAS. Kapasitas link dalam kondisi normal rata-rata sebesar 547,81 MBps. Rata-rata kapasitas ini dalam rentang satu pekan. Rata-rata kapasitas trafik Balige-Pekanbaru yang diambil dari data Cacti perhari selama sepekan adalah sebesar 547,81 MBps dalam kondisi normal. Rata-rata trafik dalam kondisi normal agar tidak mengganggu performance berkisaran 50 %- 75 % pengguna trafik dari total pengguna layanan yang ada. Nilai persentase ini dianggap tidak akan mengganggu kualitas trafik. Pada link Balige-Pekanbaru memiliki kapasitas sebesar 1 GBps seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1. Nilai ini merupakan kapasitas maksimum pada link tersebut



Gambar 4.1 Kapasitas maksimum Link

Pengukuran kapasitas dilakukan dengan cara mengamati kapasitas link Balige-Pekanbaru, dimana kapasitasnya sebesar 7 STM-1 atau sebesar 1 GBps pada jaringan SDH. Link Balige-Pekanbaru memiliki jalur utama dan jalur proteksi. Hasil pengukuran data diperoleh dengan 2 cara yaitu yang pertama dengan mengamati kondisi link pada jalur utama saat kondisi normal dan pada saat terjadi link failure yang diindikasikan dengan adanya alarm pada saat terjadi gangguan. Pengukuran kedua yaitu pada saat jalur utama dan jalur proteksi mengalami gangguan diwaktu yang bersamaan, yang juga diindikasikan dengan adanya alarm. Pada saat adanya alarm pada link yang dilewati, maka akan diukur besarnya kapasitas dan juga throughput yang sampai pada sisi penerima. Adapun hasil akhir yang diperoleh yaitu perbandingan kapasitas pada saat kedua link mengalami gangguan.

**4.2 HASIL PENGUKURAN KAPASITAS PADA JALUR UTAMA**

**4.2.1 Hasil Pengukuran kapasitas sebelum terjadi gangguan (Link failure)**

Pada kondisi normal rata-rata trafik pada jalur utama sebesar 628.09MBps, hal ini dikategorikan

normal dimana rentang kapasitas yang digunakan sebesar 50-70% .

Dari hasil pengukuran nilai trafik tersebut dapat dihitung nilai throughput. Perhitungan throughput dilakukan untuk mengetahui besar kecepatan dalam transfer data tersebut dikirimkan pada saat kondisi normal. Rata-rata paket yang diamati sebesar 628 MBps selama 7920 detik. Sehingga besar throughput tersebut adalah 79.3Kbps.

#### 4.2.2 Pengamatan setelah terjadi gangguan

Gangguan jalur utama yaitu link pada saat mengirimkan trafik, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2 yaitu adanya alarm R\_LOF yang mengindikasikan hilangnya frame pada link PadangLuar-LubukAlung, hal ini menyebabkan kedua jalur utama tidak dapat mengirimkan trafik karena kedua jalur utama melalui link Padangluar-Lubukalung. Untuk tetap menjaga trafik tetap sampai pada penerima, maka diperlukan jalur proteksinya.

Seq.	Name	Alarm Source	Location Information	First Occured (ST)	Last Occured (ST)	Remarks
0	R_LOF	1747_MSTPHS_3044_PadangLuar	84N1SLD04-1SD04-1RS1	08072017 16 16 20	08072017 16 16 20	1
1	R_LOF	1747_MSTPHS_3044_PadangLuar	84N1SLD04-2170-S0405-1LS1-TR0-RS1	08072017 16 16 20	08072017 16 16 20	1
2	R_LOF	1747_MSTPHS_3044_LubukAlung	124N1SLD04-201-1746-S0405-4-LS1-TR0-RS1	08072017 16 16 17	08072017 16 16 17	1
3	R_LOF	1747_MSTPHS_3044_LubukAlung	124N1SLD04-10-1746-LS1-RS1	08072017 16 16 17	08072017 16 16 17	1

Gambar 4.2 Indikasi alarm Pada Jalur Utama

Pada saat kedua jalur utama mengalami gangguan link yang diindikasikan adanya alarm R\_LOF, pada saat terjadi link failure maka sistem proteksi juga akan akan menerima alarm yang berasal dari payload. Sehingga switching pada sistem proteksi akan memindahkan trafik pada jalur proteksinya sesuai dengan trail dan crossconnect yang telah di rancang pada saat pengkonfigurasinya pada jalur utama dengan jalur proteksinya. Kedua jalur utama memiliki rute proteksi yang berbeda.

Meskipun jalur utama gagal dalam mengirimkan trafik link, namun trafik yang terjadi tetap ada sebesar 608.73 MBps. Pengguna layanan link tidak mengalami perubahan yang signifikan. Ini berarti link Balige-Pekanbaru tetap berada pada kondisi normal. Dengan adanya sistem proteksi yang telah memindahkan jalur yang membawa paket ke jalur backup (cadangan) tentunya hal ini tidak mempengaruhi kapasitas pada link ini sama besarnya sebelum mengalami link failure. Pada gambar 4.3 jalur utama sudah kembali normal, hal ini dapat dilihat dengan adanya clear time sehingga sistem proteksi tidak akan membaca adanya indikasi alarm

Seq.	Name	Alarm Source	NE Type	Location Information	Occurred On (ST)	Cleared On (ST)	Acknowledged On
0	R_LOF	1747_MSTPHS_3044_LubukAlung	Optik CSN 7500	124N1SLD04-10-1746-LS1-RS1	08072017 16 16 17	08072017 22 16 43	08072017 22 16 55
1	R_LOF	1747_MSTPHS_3044_LubukAlung	Optik CSN 7500	124N1SLD04-201-1746-S0405-4-LS1-TR0-RS1	08072017 16 16 17	08072017 22 16 43	08072017 22 16 55

Gambar 4.3 Alarm Pada Jalur Utama normal

Pada sistem proteksi link mode pengoperasiannya menggunakan mode pengoperasian non-revertive dimana trafik tetap pada jalur proteksi meskipun jalur utama sudah kembali normal.

### 4.3 HASIL PENGUKURAN PADA KEDUA JALUR

Sebelumnya sudah dibahas besar kapasitas dan throughput pada saat jalur utama mengalami kegagalan, maka pengukuran pada jalur utama dan jalur proteksi dilakukan untuk mengetahui kapasitas dan throughput pada saat kedua jalur tersebut mengalami gangguan dimana kapasitas link dalam kondisi normal adalah sebesar 628 MBps. Pengukuran link pada jalur utama yang mengalami kegagalan adalah link PdSidempuan-Lubukalung, sedangkan pada jalur proteksi yang mengalami kegagalan adalah link Balam-Banjar.

#### 4.3.1 Pengamatan trafik pada Jalur Utama saat Mengalami kegagalan

Saat terjadi gangguan jalur utama yaitu link PdSidempuan-Lubukalung pada saat mengirimkan trafik, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4 (blok biru) yaitu adanya alarm R\_LOF yang mengindikasikan hilangnya frame pada link tersebut, hal ini menyebabkan kedua jalur utama tidak dapat mengirimkan trafik.

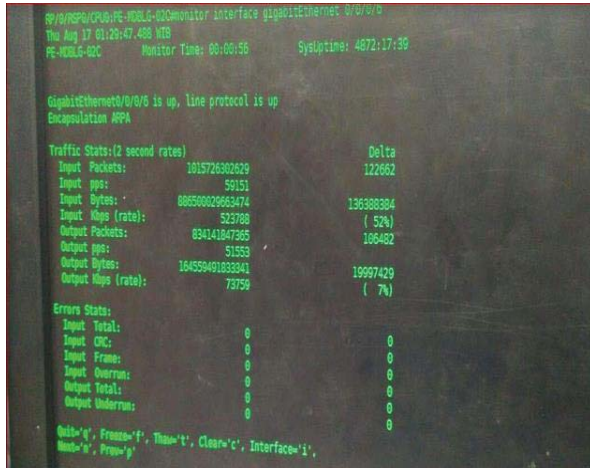
Name	Alarm Source	NE Type	Location Information	Occurred On (ST)	Cleared On (ST)
R_LOF	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	114N1SLD04-1SD04-1RS1	08172017 00 11 07	08172017 02 34 44
R_LOF	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	114N1SLD04-201-1746-S0405-4-LS1-TR0-RS1	08172017 00 11 07	08172017 02 34 44
R_LOF	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD04-1SD04-1RS1	08162017 13 27 35	08162017 23 40 34
R_LOF	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	114N1SLD04-201-1746-S0405-4-LS1-TR0-RS1	08162017 13 27 35	08162017 23 40 34
DONSIZE_OVER	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	-	08172017 02 32 47	08172017 04 32 47
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51
ALU_AIS	1747_MSTPHS_3044_PadangSidempuan	Optik CSN 7500	84N1SLD16-10b-4467_SBRG-07-014-VC	08172017 00 11 07	08172017 02 45 51

Gambar 4.4 Indikasi PdSidempuan-Lubukalung Mengalami Kegagalan

Dengan adanya sistem proteksi SNCP, kapasitas pada saat terjadi kegagalan link tetap terpenuhi yaitu sebesar 523.78 MBps yang ditunjukkan pada gambar 4.5 dengan lama waktu pengamatan sebesar 2 detik.



Dengan demikian besar throughput di sisi jalur utama setelah terjadi gangguan sebesar 261,8 Kbps.



Gambar 4.5 Trafik link Off Saat Terjadi Gangguan

#### 4.3.2 Pengamatan kapasitas dan Trafik setelah terjadi gangguan pada kedua jalur

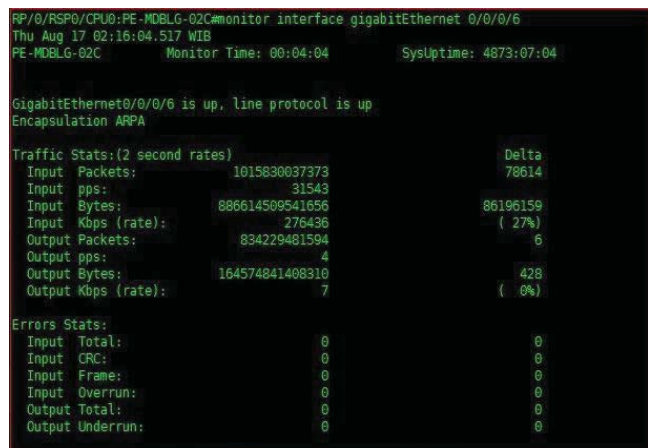
Pada saat jalur proteksi mengalami gangguan, jalur utama juga belum kembali normal seperti semula, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.6. Ini berarti kedua jalur tersebut mengalami kegagalan pada waktu bersamaan. Indikasi yang menyatakan bahwa adanya gangguan pada jalur proteksi dapat dilihat pada gambar 4.6 (blok biru) dimana terdapat alarm yaitu R\_LOS(Loss of Signal), NE Banjar tidak menerima sinyal dari NE Balam. Hilangnya sinyal ini dapat disebabkan putusnya jaringan transmisi (fiber optik)

Name	Alarm Source	NE Type	Location Information	Occurred On (S)	Cleared On (S)
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-20	08/17/2017 02:18:25	08/17/2017 02:45:51
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-30	08/17/2017 02:18:25	08/17/2017 02:45:51
R_LOS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-SP1	08/17/2017 02:13:14	08/17/2017 02:18:16
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-2F-1H-IC4	08/17/2017 02:18:25	08/17/2017 02:18:37
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-3	08/17/2017 01:42:00	08/17/2017 02:13:16
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-16	08/17/2017 01:42:00	08/17/2017 02:13:16
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-20	08/17/2017 01:42:00	08/17/2017 02:13:16
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-30	08/17/2017 01:42:00	08/17/2017 02:13:16
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-53	08/17/2017 01:42:00	08/17/2017 02:13:16
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-59	08/17/2017 01:42:00	08/17/2017 02:13:16
R_LOS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-SP1	08/17/2017 01:41:32	08/17/2017 01:41:50
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-3	08/17/2017 00:49:24	08/17/2017 01:41:34
AU_AIS	4447_MSTPMS_D469_Banjar01	Optical OSN 3500	13-144SL64-1(TO) 4446_BLMH-IC4-16	08/17/2017 00:49:24	08/17/2017 01:41:34

Gambar 4.6 Indikasi link Balam-Banjar

Meskipun kedua jalur mengalami kegagalan dalam mengirimkan paket pada waktu yang bersamaan, namun kapasitas pada link Balige-Pekanbaru yang terlihat pada gambar 4.7 masih menerima trafik dimana sebesar ialah 276.43 MBps. Link Balam-Banjar merupakan anggota dalam group VCG. Ketika link Balam-Banjar mengalami link failure, hal ini berarti

bahwa banjar sebagai pengirim dan Balam sebagai penerima. Ketika Banjar mengirimkan kontrol paket yaitu MFI, SQ, CTRL, CRC, dimana kode CTRL yang ialah NORM maka Balam akan menerima kontrol paket tersebut dan mengirimkan MST =FAIL pada salah satu anggota dari group tersebut ke Banjar, sehingga kontrol paket pada Banjar akan menerima dan mengubah kontrol paket yang dikirimkan ke Balam yang tadinya mengirimkan kode NORM diganti dengan mengirimkan DNU. Pada hal ini, LCAS akan menghapus sementara anggota mengalami link failure tersebut sehingga terjadi pengulangan nomor urut kembali oleh RS-Ack. MST akan terus mengirimkan status FAIL sampai anggota yang mengalami kegagalan tersebut sudah kembali normal dan akan mengirimkan MST dengan status OK. Dan pada saat Banjar menerima status MST tersebut, maka kemudian kode CTRL pada Banjar akan diganti dari DNU menjadi EOS atau NORM dan dan SQ akan memberi kembali nomor urut untuk anggota yang telah dihapus sementara.



Gambar 4.7 Trafik Link Off Saat Kedua Jalur Mengalami Kegagalan

Hal ini terjadi karena adanya LCAS yang menjamin kapasitas tersebut tetap ada untuk dikirimkan. Meskipun trafik pada link ini yang terukur lebih kecil dibandingkan dengan trafik dalam keadaan normal. Pengurangan kapasitas ini disebabkan adanya kegagalan pada salah satu anggota dari VCG (dari 7 anggota tersisa 6 anggota). Sehingga besarnya kapasitas pada link Balige-Pekanbaru bukan lagi sebesar 1 GBps meskipun pada sisi MPLS tetap terbaca 1 GBps, namun dengan adanya kegagalan pada satu anggota tersebut besarnya kapasitas sebenarnya pada link Balige-Pekanbaru adalah 930 MBps. Besar throughput setelah terjadi gangguan pada kedua jalur (Link failure) sebesar 138215 Kbps.

#### V. SIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan terhadap data hasil pengujianm dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan LCAS pada teknologi Ethernet Over SDH yang digunakan untuk menjaga kinerja layanan pada sistem jaringan fiber optik, pada saat jalur utama dan jalur proteksi mengalami gangguan pada waktu yang bersamaan. Adapun jalur utama yang mengalami gangguan pada saat yang bersamaan dengan jalur proteksinya yaitu pada link PdSidempuan-LubukAlung, sedangkan pada jalur proteksinya adalah link Banjar-Balam.
2. Dari data pada saat terjadi link failure di jalur utama dan jalur proteksi pada saat yang bersamaan, diperoleh besarnya kapasitas yang sampai di sisi penerima setelah implementasi LCAS yaitu sebesar 930 Mbps dari total kapasitas yang tersedia sebesar 1000 Mbps. Dari hasil pengukuran tersebut membuktikan bahwa LCAS dapat menjaga kinerja layanan pada jaringan fiber optik, meskipun kapasitas yang dikirim berkurang yang disebabkan karena adanya kegagalan satu anggota dalam VCG.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Choy L: "Virtual Concatenation Tutorial: Enhancing Sonet/Sdh Networks For Data Transport". Journal Of Optical Networking, vol. 1, no. 1, January 2002
2. ITU-T Recommendation G.707/Y.1322. 2007. Network Node Interface For The Synchronous Digital Hierarchy (SDH).
3. ITU-T Recommendation G.841. (1998). Types and characteristics of SDH network protection architectures".
4. Giri Indrawardana, M. 2008. Optimasi Jaringan Transmisi Optik Medan – Pekanbaru Dengan Proteksi SNCP Ring.  
<http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/124569-R230834-Optimasi%20jaringan.pdf>
5. Rouaud, Christophe. 2006. Methods And Apparatus For The Hardware Implementation Of Virtual Concatenation And Link Capacity Adjustment Over SONET/SDH Frames.  
<https://www.google.com/patents/US6965612>
6. Attamimi, Said. 2014. Analisa Penanganan Gangguan Dan Performance Monitoring Eos (Ethernet Over Sdh) Pada Pt.Indosat.Tbk Java Area  
<http://docplayer.info/48646601-Bab-iv-penanganan-gangguan-dan-performance-monitoring-pada-link-eos.html>.
7. Cisco. 2014. SDH/SONET Alarms & Performance Monitoring.  
<https://www.slideshare.net/sanmap/sdhsonet-alarms-performance-monitoring>
8. ITU-T Recommendation G.7042/Y.1305. 2006 Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) for Virtual Concatenation Signals.
9. Anami, Faiz. 2009. Pengenalan SDH.  
[http://faizanami.blogspot.co.id/2012/12/bab-i-pendahuluan-1\\_9.html](http://faizanami.blogspot.co.id/2012/12/bab-i-pendahuluan-1_9.html)
10. Daniel Minoli, 2003, Telecommunication Technology Handbook. Artech House Telecommunication Library
11. Mugica, D., Terradillos, E., and Areizaga, E.2001. "Efficient Ethernet Data Transport over SONET/SDH Using Virtual Concatenation". Slovakia: International Conference on Emerging Telecommunications Technologies and Applications (ICETA )
12. Anonim. Elektra: Jurnal Sains dan Teknologi. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unika Atma Jaya, vol 4 no. 3, Dec 2007
13. Paul, Serge. 2002. Ethernet Over SDH GFP,VCAT, andLCAS,  
[http://www.asiliconvalleyinsider.com/asiliconvalleyinsider/Blog\\_A\\_Silicon\\_Valley\\_Insider/Entries/2005/2/19\\_Latest\\_Thinking\\_files/Ethernet.pdf](http://www.asiliconvalleyinsider.com/asiliconvalleyinsider/Blog_A_Silicon_Valley_Insider/Entries/2005/2/19_Latest_Thinking_files/Ethernet.pdf)
14. Carraso S.P. 2002. Ethernet over SDH/SONET GFP, VCAT, LCAS. Technology White Paper. Carrasco and & Associate