



**EFISIENSI *BANDWIDTH* JARINGAN *BACKBONE*  
MENGUNAKAN SISTEM *LINK CAPACITY*  
*ADJUSTMENT SCHEME***

**SKRIPSI**

**Allif Danis Amanda  
NIM 091910201009**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



**EFISIENSI *BANDWIDTH* JARINGAN *BACKBONE*  
MENGUNAKAN SISTEM *LINK CAPACITY*  
*ADJUSTMENT SCHEME***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Elektro dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Allif Danis Amanda  
NIM 091910201009**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan *support* lahir dan batin.
2. Semua keluarga dan saudara yang telah memberikan dukungan dan bantuan.
3. Bapak Achmad Taufiqur Rachman (Om Taufik).
4. Bapak Abdaul Hidayatir Ridho (Lek Yayat).
5. Dosen pembimbing skripsi, Bapak Samsul Bahri dan Bapak Catur Suko
6. Teman – teman elektro '09

## MOTTO

*“Pengkerdilan pikiran adalah ketika kita membiarkan ide – ide brilian terpenjara dalam tubuh yang malas, yang selalu mengambil istirahat sebelum datang lelah.”*

(Salsabiel Firdaus)

*“Ilmu itu kehidupan hati dari kebutaan, sinar penglihatan dari kezaliman, dan tenaga badan dari kelemahan.”*

(Imam Al-Ghazali)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

NAMA : ALLIF DANIS AMANDA

NIM : 091910201009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah dengan judul ***“Efisiensi Bandwidth Jaringan Backbone Menggunakan Sistem Link Capacity Adjustment Scheme”*** adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan itu tidak benar.

Jember, 30 September 2013

Yang menyatakan,

Allif Danis Amanda

NIM 091910201009

# **SKRIPSI**

## **EFISIENSI *BANDWIDTH* JARINGAN *BACKBONE* MENGGUNAKAN SISTEM *LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME***

Oleh

**Allif Danis Amanda**

**NIM 091910201009**

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : H. Samsul Bachri M., S.T., MMT.

Dosen Pembimbing II : Catur Suko Sarwono, S.T.

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “*Efisiensi Bandwidth Jaringan Backbone Menggunakan Sistem Link Capacity Adjustment Scheme*” telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 25 September 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

H. Samsul Bachri M., S.T., M.MT.  
NIP. 19640317 199802 1 001

Catur Suko Sarwono, S.T.  
NIP. 19680119 199702 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Sumardi, S.T., M.T.  
NIP. 19670113 199802 1001

Ike Fibriani, S.T., M.T.  
NRP. 760011391

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

# EFISIENSI *BANDWIDTH* JARINGAN *BACKBONE* MENGGUNAKAN SISTEM *LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME*

<sup>1</sup>Allif Danis Amanda

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jembar

## ABSTRAK

Kemajuan media telekomunikasi secara tidak langsung juga mengharuskan kemajuan di segala aspek penunjangnya. Contoh perangkat yang harus dikembangkan adalah kapasitas dan kehandalan jaringan *backbone*. Salah satu teknologi yang saat ini sangat populer digunakan sebagai logika jaringan transmisi adalah *Ethernet over SDH* (EoS). Skema EoS menawarkan beberapa fitur teknologi, seperti *Generic Framing Procedure* (GFP), *Virtual Concatenation* (VC) dan *Link Capacity Adjustment Scheme* (LCAS). Khusus untuk LCAS, sistem ini dapat menambah atau mengurangi *bandwidth* jaringan tanpa memutus *traffic* data pada *link* yang lain.

Pada penelitian ini dibuat simulasi jaringan EoS dengan perangkat yang ada di PT. NEC Indonesia. Parameter – parameter uji yang digunakan adalah *traffic* dan *capacity design* jaringan untuk menentukan perbandingan efisiensi kapasitas *traffic* antara jaringan tanpa sistem LCAS dengan jaringan yang menggunakan sistem LCAS. Sehingga dari perbandingan tersebut bisa dilihat jaringan mana yang penggunaan *bandwidth*-nya lebih efisien.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penentuan level VC harus memperhatikan fluktuasi *traffic* yang terjadi. Sistem LCAS mampu meningkatkan efisiensi *bandwidth* jaringan *backbone* sebesar 18,013 %. Namun nilai tersebut sangat tergantung pada fluktuasi *traffic* yang terjadi. Perbedaan nilai efisiensi *bandwidth* jaringan dengan dan tanpa LCAS paling signifikan terjadi pada saat *traffic* paling rendah, yaitu saat nilai *traffic* hanya sebesar 117,281 Mbps selisih nilai efisiensi *bandwidth*-nya mencapai 61,4 %.

Kata kunci: LCAS, *traffic*, *capacity design*, efisiensi kapasitas *traffic*, *bandwidth*.



## **EFFICIENCY OF BACKBONE NETWORK BANDWIDTH USING LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME SYSTEM**

**<sup>1</sup>Allif Danis Amanda**

*<sup>1</sup>College Student of Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty  
Jember University*

### **ABSTRACT**

*Indirectly, the development of telecommunication media must be followed by the development of its supporting aspects. One of those is the capacity and reliability of backbone network. The latest technology mostly used by backbone network for its logic architecture is Ethernet over SDH (EoS). The EoS schema provides some features, such as Generic Framing Procedure (GFP), Virtual Concatenation (VC) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS). Especially to LCAS system, it can add or remove network bandwidth without break the traffic in the other link.*

*In this research is made EoS network simulation using network tools in PT. NEC Indonesia. Traffic and network capacity design are test parameters that used to determine the comparison of efficiency of traffic capacity between network without LCAS system and network using LCAS system. So the comparison will show which one of the network having more efficiency bandwidth utilizing.*

*The result of this research shows that the determining of VC level must notice traffic fluctuation. LCAS system can increase the efficiency of backbone network bandwidth about 18.013 %. But this value is very depended on traffic fluctuation that happened. And the lowest traffic value makes most significant difference between LCAS and non-LCAS network bandwidth efficiency. The most significant difference value is 61.4 % while traffic value is 177.281 Mbps.*

*Key word: LCAS, traffic, capacity design, efficiency of traffic capacity, bandwidth.*

## RINGKASAN

**Efisiensi *Bandwidth* Jaringan *Backbone* Menggunakan Sistem *Link Capacity Adjustment Scheme***; Allif Danis Amanda, 091910201009; 2013: 68 halaman; Program Studi Strata-1; Jurusan Teknik Elektro; Fakultas Teknis; Universitas Jember.

Kemajuan media telekomunikasi secara tidak langsung juga mengharuskan kemajuan di segala aspek penunjangnya. Contoh perangkat yang harus dikembangkan oleh para penyedia layanan komunikasi untuk mengimbangi keadaan pasar yang demikian adalah kapasitas dan kehandalan jaringan *backbone* sebagai saluran utama sistem transmisi data. Salah satu teknologi baru yang saat ini sangat populer digunakan sebagai logika jaringan transmisi adalah *Ethernet over SDH* (EoS). Teknologi ini menggabungkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki Ethernet dan SDH menjadi sebuah teknologi yang lebih handal. Skema EoS menawarkan beberapa fitur teknologi yang dapat meningkatkan kualitas jaringan, seperti *Generic Framing Procedure* (GFP), *Virtual Concatenation* (VC) dan *Link Capacity Adjustment Scheme* (LCAS).

Sistem LCAS adalah salah satu fitur dari teknologi EoS yang memiliki peran sangat penting dalam kelancaran transmisi. Sistem ini mampu menambah atau mengurangi *bandwidth* jaringan tanpa mempengaruhi atau memutus *traffic* data pada *link* yang lain. Kelebihan yang lainnya adalah sistem ini dapat menjamin kelancaran transmisi data meski ada kerusakan pada salah satu *link* dalam jaringan tersebut (Transwitch, 2003).

Secara garis besar penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sistem LCAS terhadap efisiensi *bandwidth* jaringan *backbone* yang dilakukan di PT. NEC Indonesia. Dan diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman bagi para operator jaringan khususnya dalam hal penerapan dan pemanfaatan sistem LCAS. Dan dapat dijadikan referensi untuk solusi peningkatan kehandalan jaringan transmisi yang lain. Pada penelitian kali ini dibuat simulasi jaringan EoS dengan parameter uji berupa *traffic* dan *capacity*

*design* jaringan untuk menentukan perbandingan efisiensi kapasitas *traffic* antara jaringan tanpa sistem LCAS dengan jaringan yang menggunakan sistem LCAS. Sehingga dari perbandingan tersebut bisa dilihat jaringan mana yang penggunaan *bandwidth*-nya lebih efisien.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dalam membuat sebuah jaringan *backbone*, penentuan level VC yang akan digunakan harus memperhatikan besarnya fluktuasi *traffic* yang akan terjadi agar penggunaan *bandwidth* jaringan bisa lebih efisien. Sistem LCAS pada teknologi EoS mampu meningkatkan efisiensi *bandwidth* jaringan *backbone* secara signifikan. Dengan menggunakan data fluktuasi *traffic* selama 24 jam didapat nilai efisiensi rata – rata 96,725 % untuk jaringan dengan sistem LCAS dan 78,712 % untuk jaringan tanpa sistem LCAS, selisih diantara keduanya adalah sebesar 18,013 %. Nilai tersebut juga berarti besar peningkatan efisiensi *bandwidth* selama satu hari penuh yang akan didapat oleh operator jaringan bila mengimplementasikan sistem LCAS pada jaringannya. Namun nilai tersebut sangat tergantung pada fluktuasi *traffic* yang terjadi. Perbedaan antara nilai efisiensi *bandwidth* jaringan dengan dan tanpa LCAS paling signifikan terjadi pada saat *traffic* rendah. Semakin besar *traffic*-nya maka perbedaannya semakin kecil. Pada penelitian ini, perbedaan paling besar terjadi pada jam 03.00 yang selisihnya mencapai 61,4 %. Karena *traffic* terendah selama sehari terjadi pada jam tersebut, yaitu 117,281 Mbps.

## PRAKATA

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Karena atas ridho dan izin-Nya penulis akhirnya berhasil merampungkan skripsi yang berjudul “*Efisiensi Bandwidth Jaringan Backbone Menggunakan Sistem Link Capacity Adjustment Scheme*” ini yang disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Elektro dan mencapai gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Jember. Jika dalam pemaparan ada kekeliruan yang pembaca temui maka penulis mohon maaf dan harap dimaklumi. Sungguh itu bukan kesengajaan, melainkan kebodohan penulis yang masih mencari hikmah karena penulis hanyalah manusia yang terus berusaha untuk mampu meramu makna. Jika ada banyak kebenaran yang terkembang dan manfaat yang dapat diambil dalam tulisan ini, sungguh itu adalah milik Allah SWT. Karena Dia-lah yang telah menggerakkan jemari, mendorong otak dan pemikiran penulis untuk merangkai kalimat. Tiada daya dan upaya tanpa kuasa-Nya.

Skripsi ini dapat terselesaikan juga karena adanya bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Dosen Pembimbing Akademik yang banyak memberi saran yang sangat berguna untuk menyempurnakan skripsi ini.
2. Bapak Sumardi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Dosen Penguji I yang telah memberi kemudahan bagi penulis hingga skripsi ini dapat selesai tepat waktu.
3. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 yang juga telah memberikan kemudahan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak H. Samsul Bachri M., S.T., MMT., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dengan sebaik-baiknya.

5. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan kesabaran dalam memberikan bimbingan.
6. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah menguji dengan sabar dan bijak serta memberi masukan kepada penulis untuk skripsi ini lebih baik.
7. Bapak dan Ibu dosen, serta seluruh staf akademik yang telah banyak membantu dan mendukung selama penulis menempuh kuliah di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
8. Kedua orang tua beserta keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal.
9. Bapak Achmad Taufiqur Rachman, selaku senior manager PT. NEC Indonesia yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di PT. NEC Indonesia.
10. Bapak Abdaul Hidayatir Ridho, selaku pegawai PT. NEC Indonesia yang telah membantu penulis selama proses penelitian.
11. Teman – teman Elektro '09 yang telah menemani perjuangan penulis selama kuliah serta memberi bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.
12. Sanak keluarga, kerabat, saudara, tetangga, teman dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis mengharap kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Dan penulis berharap semoga karya penulis ini bermanfaat bagi penulis dan juga bermanfaat bagi khalayak.

Jember, 30 September 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>x</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Pengertian SDH.....	6
2.2 Struktur <i>Multiplexing</i> SDH .....	6
2.3 Hierarki dan Komponen SDH.....	8
2.4 Standar Bit Rate SDH .....	8
2.5 Elemen Jaringan SDH.....	9

2.6 Next Generation SDH .....	9
2.7 Ethernet over SDH .....	10
2.8 Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS).....	12
2.9 Sistem Pesan LCAS .....	14
2.10 Parameter Sistem LCAS .....	16
2.10.1 <i>Capacity Design</i> .....	16
2.10.2 <i>Traffic</i> .....	16
2.10.3 Efisiensi kapasitas <i>traffic</i> .....	17
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Studi Pustaka.....	18
3.2 Studi Lapangan.....	18
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.3.1 Tempat Penelitian.....	19
3.3.2 Waktu Penelitian .....	19
3.4 Alat dan Bahan.....	19
3.5 Tahap Penelitian Lapangan .....	20
3.6 Tahap Pengolahan dan Analisis Data.....	20
3.7 Prosedur Penelitian.....	21
<b>BAB 4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
4.1 Perangkat Jaringan <i>Backbone</i> yang Digunakan Dalam Simulasi .....	24
4.1.1 Kabel Fiber Optik .....	24
4.1.2 Multiplexer Spectral Wave MN 2300.....	25
4.1.3 SFP ( <i>Small form-Factor Pluggable</i> ).....	29
4.1.4 BER Test.....	30
4.2 Pembuatan Simulasi Jaringan <i>Backbone</i> .....	31
4.3 Data Hasil Penelitian.....	41
4.4 Pengolahan Data Hasil Penelitian .....	57
4.5 Analisis Perbandingan Efisiensi <i>Bandwidth</i> Jaringan Tanpa Sistem LCAS dan Dengan Sistem LCAS .....	60
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan .....	62

5.2 Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Struktur multiplexing SDH.....	7
2.2	Struktur <i>Frame</i> STM-1 .....	8
2.3	Skema jaringan Ethernet over SDH.....	12
2.4	Wilayah kerja LCAS pada jaringan Ethernet over SDH .....	13
3.1	Diagram Alur Penelitian .....	22
4.1	(a) Kabel fiber optik tipe FC (b) Kabel fiber optik tipe LC .....	25
4.2	<i>Module card</i> S04F04S .....	27
4.3	Indikator <i>alarm</i> pada <i>Module card</i> S04F04S .....	27
4.4	Indikator <i>alarm</i> pada <i>Module card</i> EGEF02.....	29
4.5	(a)SFP untuk <i>module card</i> S04F04S (b)SFP untuk <i>module card</i> EGEF0.....	30
4.6	BER Ethernet EXFO FTB-8510B .....	30
4.7	Port pada BER Ethernet EXFO FTB-8510B .....	31
4.8	Skema hubungan antara STM-4 dan GE pada jaringan backbone .....	31
4.9	Skema simulasi jaringan <i>backbone</i> .....	33
4.10	Tampilan awal software LCT .....	34
4.11	Tampilan awal dan menu Configuration pada LCT .....	37
4.12	Tampilan jendela LCAS Configuration pada LCT.....	38
4.13	Tampilan jendela LCAS Configuration dengan port untuk Card Ethernet yang dipilih .....	38
4.14	Tampilan jendela LCAS Configuration dengan <i>link</i> VC untuk port yang dipilih.....	39
4.15	Tampilan jendela LCAS Configuration dengan <i>link</i> VC yang telah dimasukkan ke dalam VCG LCAS.....	40
4.16	Tampilan jendela LCAS Configuration untuk Status <i>link</i> VCG LCAS ....	41
4.17	Grafik fluktuasi <i>traffic</i> selama 24 jam.....	43
4.18	Tampilan jendela LCAS Configuration untuk Status <i>link</i> – <i>link</i> VC-3 anggota VCG LCAS pada multiplexer 10.17.160.43.....	44
4.19	Tampilan jendela LCAS Configuration untuk Status <i>link</i> – <i>link</i> VC-3 anggota VCG LCAS pada multiplexer 10.17.160.44.....	45

4.20	Diagram perbandingan <i>traffic</i> dan <i>capacity design</i> jaringan tanpa sistem LCAS .....	47
4.21	Tampilan jendela LCAS Configuration saat semua link VC-3 berada pada bagian Working Time Slot .....	48
4.22	Tiga <i>link</i> VC-3 pada bagian Working Time Slot di blok .....	49
4.23	Tiga <i>link</i> VC-3 yang di blok dipindah ke bagian Idle Time Slot .....	50
4.24	Status <i>link</i> - <i>link</i> VC-3 setelah terjadi perubahan jumlah <i>link</i> VC-3 pada multiplexer 10.17.160.43 .....	51
4.25	Status <i>link</i> - <i>link</i> VC-3 setelah terjadi perubahan jumlah <i>link</i> VC-3 pada multiplexer 10.17.160.44 .....	52
4.26	Aliran pesan saat penambahan dua anggota baru dalam LCAS .....	53
4.27	Aliran pesan saat pengurangan dua anggota dalam LCAS .....	54
4.28	Diagram perbandingan <i>traffic</i> dan <i>capacity design</i> jaringan dengan sistem LCAS .....	56
4.29	Diagram perbandingan efisiensi kapasitas <i>traffic</i> jaringan tanpa sistem LCAS dan jaringan dengan sistem LCAS .....	60

## DAFTAR TABEL

2.1	Klasifikasi Ethernet berdasarkan kecepatannya .....	11
3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	19
4.1	Macam – macam kabel fiber optik berdasarkan tipe konektor.....	24
4.2	Spesifikasi beberapa multiplexer Spectral Wave MN .....	26
4.3	SDH Payload Size .....	32
4.4	Cross Connect Spectral Wave MN 2300: 10.17.160.43.....	35
4.5	Cross Connect Spectral Wave MN 2300: 10.17.160.44.....	36
4.6	Data <i>traffic</i> hasil perbandingan berdasarkan data sebenarnya.....	42
4.7	Data <i>traffic</i> dan <i>capacity design</i> jaringan tanpa sistem LCAS.....	46
4.8	Data <i>traffic</i> dan <i>capacity design</i> jaringan dengan sistem LCAS .....	55
4.9	Perbandingan efisiensi kapasitas <i>traffic</i> jaringan tanpa sistem LCAS dan jaringan dengan sistem LCAS .....	59

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- LAMPIRAN 1 : Konfigurasi slot dan module multiplexer Spectral Wave MN 2300
- LAMPIRAN 2 : Alarm pada multiplexer Spectral Wave MN 2300:  
10.17.160.43 saat simulasi
- LAMPIRAN 3 : Alarm pada multiplexer Spectral Wave MN 2300:  
10.17.160.44 saat simulasi