



UNIVERSITAS INDONESIA

JUDUL

**Optimasi Jaringan Transmisi Optik Medan – Pekanbaru
Dengan Proteksi SNCP Ring**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

M. GIRI INDRAWARDANA
0403230348

**FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK ELEKTRO
KEKHUSUSAN TELEKOMUNIKASI
Jakarta 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : M. Giri Indrawardana

NPM : 0403230348

Tanda Tangan :

Tanggal : 5 Januari 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :
Nama : M. Giri Indrawadana
NPM : 04030230348
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Optimasi Jaringan Transmisi Optik Medan –
Pekanbaru Dengan Proteksi SNCP Ring

Telah berhasil di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Arifin Djauhari (.....)
Penguji : Gunawan Wibisono (.....)
Penguji : Purnomo Sidi Priambodo (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 24 Desember 2008

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir.H. Arifin Djauhari, MT, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penulisan dan penusunan tugas akhir ini
2. Pihak Excelcomindo Pratama, selaku perusahaan yang telah memberi saya ide dan usaha dalam memperoleh data yang diperlukan.
3. Ibu Rohani Tanjung dan Nurani Darwis. Orang tua yang telah memberikan dorongan baik dari segi materiil dan moral.
4. Ratna Sari dan M. Rafaiz Wardana yang terus men-support saya dalam penulisan ini.
5. Sahabat yang telah banyak membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, saya berharap kepada Allah SWT, agar berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 1 Januari 2009

M. Giri I

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Giri Indrawardana
NPM : 04030230348
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik
Fakultas : Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-free Right*) atas karya saya yang berjudul:

**Optimasi Jaringan Transmisi Optik Medan – Pekanbaru
Dengan Proteksi SNCP Ring**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 5 Januari 2009
Yang Menyatakan

(M. Giri Indrawardana)

ABSTRAK

Nama : M. Giri Indrawadana
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Optimasi Jaringan Transmisi Optik Medan–Pekanbaru
Dengan Proteksi SNCP Ring

Sistem transmisi SDH mempunyai berbagai macam proteksi dimana penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan trafik, topologi jaringan maupun faktor pertimbangan ekonomis. Dalam perancangan dan pembuatan sistem transmisi SDH haruslah memperhitungkan kemungkinan terburuk, yaitu kegagalan sistem transmisi tersebut. Karena itu diperlukan pengetahuan yang baik tentang sistem proteksi SDH agar reliabilitas jaringan transmisi tetap terjaga. Dalam studi ini akan mencoba untuk melakukan optimasi terhadap salah satu jaringan tulang punggung Sumatra pada lajur transmisi Medan – Pekanbaru. Dimana dengan optimasi ini, dapat meningkatkan survivability, kapasitas dan utilisasi penggunaan kapasitas. Metode studi banding ini, mencoba pendekatan dari sistem proteksi SDH yang digunakan pada lajur transmisi Medan – Pekanbaru, kekurangan dan kelebihan serta pendekatan kemungkinan terjadinya perubahan konfigurasi sistem pada masa depan. Sistem proteksi SDH yang dipakai PT. Excelcomindo Pratama yaitu MSP 1+1, MS-SPRing (Multiplexing Section Shared Protection Ring) dua serat kabel optik dan SNCP (Subnetwork Connection Protection).

Keywords:

SDH, Proteksi, MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP, MS-SPRing

ABSTACT

Name : M. Giri Indrawadana
Study Program : Teknik Elektro
Title : Optimize Optical Transmission Backbone section Medan-Pekanbaru using Protection SNCP Ring

Synchronous Digital hierarchy consists of a various kind of protection system, where the implementation and usage of the protection system depends on some factors such as the need of traffic, network topology, and economical consideration. In the process of designing and implementation SDH transmission must consider the worse factor, which is the possibility of the failure in the transmission system itself. Mastering the knowledge of the SDH Protection is essentially needed to maintain the reliable of the network transmission. The objective of this is to optimized one of backbone transmission at PT. Excelcomindo regional Sumatra for section medan – pekanbaru. The optimized network should be able to improve network survivability, network capacity and utilized the current capacity. The methods of writing is focus in detail any advantages and disadvantages, the possibility for changing the configuration at the future, by approaching to network topology, and schema system protection and network survivability at section medan-pekanbaru. Currently, system protection that is using in section Medan-Pekanbaru are MSP 1+1, 2 Fiber MSSPRing (Multiplex Section Shared Protection Ring) and SNCP (Subnetwork Connection Protection).

Keywords:

SDH, Protection, MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP, MS-SPRing

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Pokok Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
2. Dasar – Dasar Sistem Transmisi SDH dan Sistem Proteksi SDH	4
2.1 Konsep Transmisi SDH	4
2.2 Komponen Dasar Frame SDH.....	6
2.2.1 Container	6
2.2.2 Virtual Container (VC- <i>n</i>)	7
2.2.3 Tributary Unit (TU- <i>n</i>)	7
2.2.4 Tributary Unit Group (TUG- <i>n</i>).....	8
2.2.5 Administrative Unit (AU- <i>n</i>)	8
2.2.6 Administrative Unit Group (AUG- <i>n</i>).....	8
2.2.7 Synchronous Transport Module (STM- <i>n</i>).....	8
2.3 Arsitektur Jaringan Transmisi SDH.....	8
2.4 Sistem Proteksi SDH	11
2.4.1 Multiplex Section Protection (MSP).....	12
2.4.1.1 MSP 1+1.....	12
2.4.1.2 MSP 1:n.....	13
2.4.1.3 MSP Protokol.....	14
2.4.2 Subnetwork Connection Protection (SNCP)	19
2.4.3 Multiplex Section – Share Protection Ring (MSSPRing)	22
2.4.3.1 MSSPRing dengan dua serat	23
3. Jaringan SDH Transmisi Optik Medan – Pekanbaru	27
3.1 Topologi dan Konfigurasi Jaringan Medan – Pekanbaru.....	27
3.2 Kapasitas Jaringan Medan – Pekanbaru	30
3.3 Survivability Jaringan Medan – Pekanbaru	32
3.4 Restorasi Jaringan Medan – Pekanbaru	34
3.5 Kelemahan Jaringan Transmisi Medan-Pekanbaru	37
3.6 Pertimbangan Optimasi Jaringan Medan – Pekanbaru	39
4. Optimasi Jaringan Transmisi Medan – Pekanbaru.....	40
4.1 Perencanaan Optimasi.....	40

4.2 Optimasi Konfigurasi Jaringan Medan-Pekanbaru.....	42
4.2.1 Perubahan Konfigurasi Jaringan.....	42
4.2.2 Proteksi dan Restorasi	45
4.3 Perkiraan biaya optimasi.....	47
4.4 Konfigurasi optimasi yang sesuai dengan kebutuhan masa depan.....	48
4.5 Final Desain pada jaringan medan-pekanbaru	48
5. Kesimpulan.....	50
5.1 Alasan diperlukannya Optimasi	50
5.2 Keuntungan jaringan yang dioptimasi	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Layer dari SDH	5
Gambar 2.2 Struktur Frame STM-1	5
Gambar 2.3 Struktur Proses Multiplexing	6
Gambar 2.4 Topologi Jaringan SDH.....	9
Gambar 2.5 MSP 1+1.....	12
Gambar 2.6 Skema Proteksi MSP pada MSP 1:n.....	13
Gambar 2.7 Switching.....	16
Gambar 2.7(a). Kondisi failure pada salah satu kabel	16
Gambar 2.7(b). Unidirectional Switching	17
Gambar 2.7(c). Bidirectional Switching	17
Gambar 2.8 Proteksi SNCP	20
Gambar 2.9 Konfigurasi MSSPRing.....	24
Gambar 2.10 MSSPRing Switching.....	25
Gambar 3.1 Topologi jaringan transmisi tulang punggung sumatra.....	27
Gambar 3.2 Tipikal konfigurasi ADM pada jaringan sumatra.....	28
Gambar 3.3 Flow chart restorasi trafik.....	35
Gambar 3.4 Proteksi interlink MSS Medan – BSC Padang Sidempuan.....	37
Gambar 4.1 Konfigurasi Perangkat Mux dan link Proteksi MSP 1+1.....	43
Gambar 4.2 Konfigurasi Perangkat Mux tanpa proteksi.....	44
Gambar 4.3 Sistem Proteksi SNCP pada transmisi Medan – Pekanbaru.....	45
Gambar 4.4 Alokasi proteksi untuk interlink MSS Medan – BSC Padang Sidempuan pada lajur medan – dumai – pekanbaru	46
Gambar 4.5 Desain akhir jaringan medan – pekanbaru dengan SNCP Ring	49

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem transmisi SDH mempunyai berbagai macam sistem proteksi dimana penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan trafik, topologi jaringan maupun faktor pertimbangan ekonomis. Dalam perancangan dan pembuatan sistem transmisi SDH haruslah memperhitungkan kemungkinan terburuk, yaitu kegagalan sistem transmisi tersebut. Karena itu diperlukan pengetahuan yang baik tentang sistem proteksi SDH agar reliabilitas jaringan transmisi tetap terjaga.

Pada dasarnya, istilah proteksi merupakan cara pengaturan dalam memindahkan trafik pada kanal utama ke kanal cadangan (back-up) ketika terjadi kegagalan transmisi pada lajur utamanya. Pada jaringan yang terproteksi, secara keseluruhan survivability dari jaringan sangat tergantung dari kapasitas pada kanal cadangan dalam mengakomodir kapasitas yang ada pada kanal utamanya.

Ada beberapa macam sistem proteksi SDH yang digunakan seperti, MSP 1+1 atau MSP 1:n, MSSP Ring dan SNCP. Dimana dalam kerjanya, sistem proteksi SDH ini menyediakan atau mengambil beberapa kapasitas jaringan yang akan dialokasikan sebagai kapasitas di kanal cadangan (backup) dan ini merupakan harga yang harus dibayar oleh para perancang jaringan agar reliabilitas jaringan tetap terjaga dengan cara mengurangi *resource* jaringan yang nantinya akan digunakan pada kanal cadangan. Jaringan dapat dibuat untuk memiliki fasilitas cadangan atau back up pada lajur/link, kapasitas ataupun pada fasilitas lainnya dimana trafik yang mengalami gangguan dapat dipindahkan secara cepat. Perancangan yang tepat, akan dapat mengoptimalkan resource kapasitas jaringan dan reliabilitas jaringan sesuai dengan yang diharapkan.

Pada studi ini bertujuan untuk menganalisa sistem proteksi yang dipakai pada jaringan transmisi optik Medan – Pekanbaru. Jaringan transmisi optik Medan – Pekanbaru merupakan jaringan transmisi yang berkapasitas besar, saat ini jaringan transmisi Medan – Pekanbaru sebesar STM-64 atau 10 Gbps terbentang melewati lebih dari 33 node Multiplexer. Secara topologi lajur Medan – Pekanbaru memiliki 2 buah lajur transmisi, yaitu melewati Padang dan Dumai dengan kapasitas transmisinya masing-masing sebesar 1 x STM-64,

pengembangan jaringan ini terus dikembangkan dengan teknologi DWDM dan ASON sehingga dapat memenuhi kebutuhan permintaan kapasitas dari pelanggan dan reliabilitas tetap terjaga.

1.2 Pokok Permasalahan

Secara konfigurasi jaringan medan – pekanbaru merupakan konfigurasi linear walaupun secara topologi jaringan medan – pekanbaru membentuk ring dengan 2 buah lajur, yaitu yang melalui Padang dan Dumai. Sistem proteksi yang dipakai berupa sistem MSP 1+1 (Multiplex Section Protection 1+1), dimana telah disediakan 2 buah link dengan kapasitas link yang sama tetapi media transmisi yang berbeda, dimana kedua link tersebut membawa trafik yang sama.

Pokok permasalahan yang timbul adalah survivability jaringan pada MSP 1+1 ketika terjadi gangguan pada link transmisi tidak memenuhi target yang diinginkan. Hal ini disebabkan karena gelar kabel optik sebagai media transmisi dari kedua link MSP tersebut melewati rute yang sama.

1.3 Tujuan Penelitian

Penulisan studi ini diharapkan dapat memahami pemakaian sistem proteksi yang ideal pada transmisi SDH. Mengetahui prinsip kerja dari sistem proteksi pada SDH dan survivability jaringan pada jaringan medan – pekanbaru. Dan dari studi ini dapat memberikan masukan dalam optimasi jaringan medan – pekanbaru. Mengetahui jenis-jenis alarm pada SDH yang dapat menyebabkan terjadinya proses *switching* dari *main channel* ke *protection channel*.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Sampai saat ini telah ada berbagai macam sistem proteksi SDH, seperti MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP, MS Dedicated Protection Ring, MS-SPRing dua serat kabel dan MS-SPRing empat kabel. Tetapi studi ini dibatasi hanya pada sistem proteksi MSP 1+1 dan SNCP karena sistem proteksi tersebut diaplikasikan pada jaringan medan – pekanbaru. Pada PT. Excelcomindo Pratama, sistem proteksi yang telah diaplikasikan pada jaringan tulang punggung transmisi optik saat ini adalah MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP dan MS-SPRing 2 serat kabel. Ruang lingkup bahasan hanya pada jaringan transmisi Medan – Pekanbaru. Studi ini melakukan pendekatan dari konfigurasi, sistem proteksi, restorasi dan survivability jaringan ketika terjadi gangguan pada jaringan transmisi medan – pekanbaru.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini dijabarkan dengan sistematika sebagai berikut:

- BAB 1 : **Pendahuluan**, memaparkan latar belakang, tujuan penulisan, ruang lingkup dan batasan masalah. Pada bab ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal tentang laporan penelitian ini.
- BAB 2 : **Teori Dasar SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**, Konsep dasar transmisi SDH, komponen dasar , arsitektur jaringan SDH dan sistem proteksi pada sistem SDH.
- BAB 3 : **Konfigurasi Jaringan Transmisi Medan – Pekanbaru**, bab ini membahas secara detail tentang konfigurasi, sistem proteksi pada jaringan medan – pekanbaru.
- BAB 4 : **Kesimpulan**. Berisikan kesimpulan dan beberapa penemuan yang penting (*major finding*) pada jaringan medan – pekanbaru, serta saran-saran untuk perbaikan

BAB 2

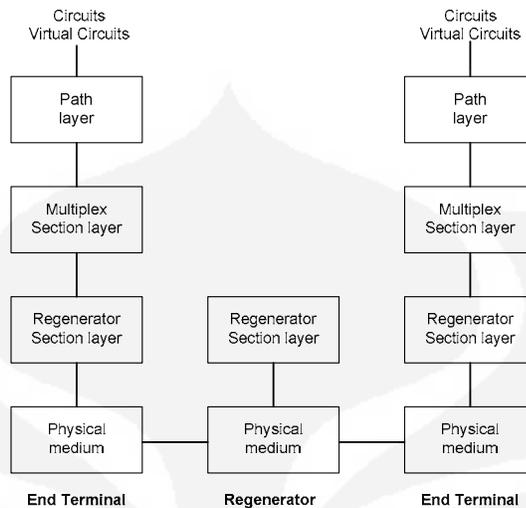
Dasar – Dasar Sistem Transmisi SDH Dan Sistem Proteksi SDH

2.1 Konsep Transmisi SDH

SDH merupakan sebuah *transport* atau pembawa untuk *tributary* (trafik) PDH dan ATM cell melalui jaringan transmisi yang biasanya berbasis optik. Pada hal ini SDH dapat dilihat sebagai *layer* (lapisan) bawah yang berfungsi sebagai pembawa untuk *layer* di atasnya. Konsep pembagian *layer* ini sangat penting dan juga merupakan salah satu ciri yang membedakan SDH dengan sistem *transport* lainnya. Konsep dari *layering* telah membawa proses rekonstruksi dari frame standar menjadi lebih modern dan membentuk konsep “*layer network*” pada dunia telekomunikasi.

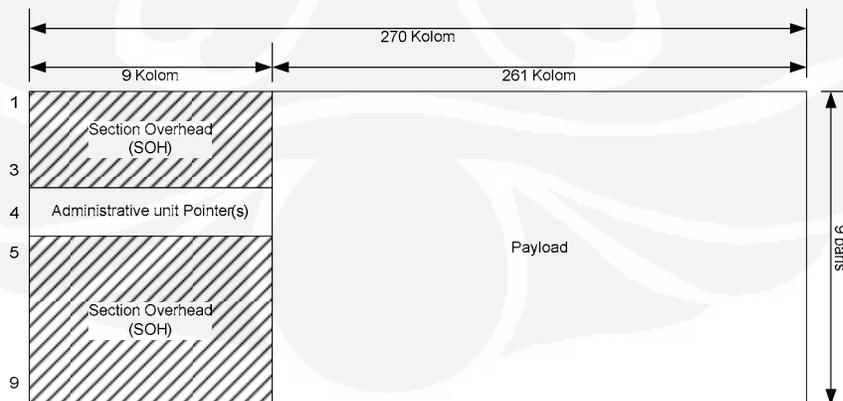
Dengan adanya konsep *layering* pada transmisi digital, maka keseluruhan fungsi transmisi akan dibagi-bagi menjadi beberapa fungsi di setiap *layer*-nya, dimana fungsi pada setiap *layer* terpisah satu dengan lainnya.

Implementasinya pada transmisi SDH dengan adanya penggunaan *overhead* di setiap *layer*-nya dan berfungsi mengatur alokasi data informasi (trafik) pada di setiap *layer*-nya. Dengan adanya pengaturan tersebut, akan meningkatkan efisiensi dari proses transmisi, dimana setiap *layer* secara keseluruhan akan bertanggung jawab atas fungsinya masing-masing tanpa harus mempengaruhi *layer-layer* lainnya. Hal ini memungkinkan *overhead* pada suatu *layer* dapat diakses tanpa harus membongkar *overhead* pada *layer* lainnya terlebih dahulu. **Gambar 2.1** menunjukkan secara berurutan *layer* arsitektur dari SDH.



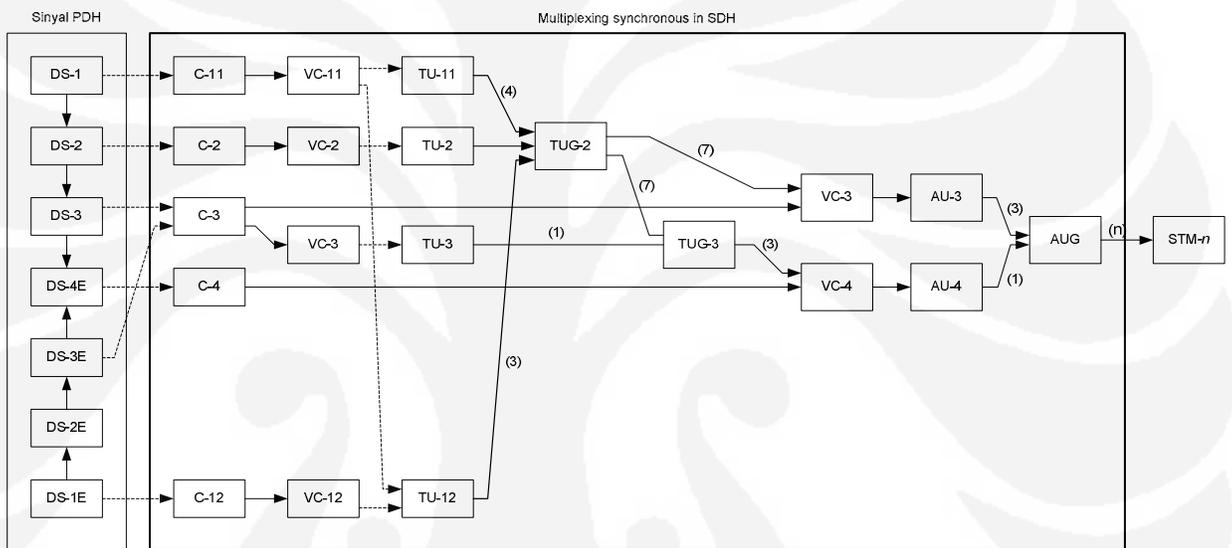
Gambar 2.1 Arsitektur layer dari SDH

Sebelumnya munculnya SDH, hirarki pemultipleksan sinyal digital untuk Amerika/Kanada, Jepang dan Eropa berbeda-beda. Dengan Adanya SDH, hirarkinya diseragamkan menjadi frame dasar sinyal SDH yaitu STM-1. Sistem SDH menggunakan frame STM- n , dimana n merupakan indikasi dari jumlah kelipatan dari STM-1 pada frame STM- n . Saat ini banyak digunakan STM-1, 4, 16, dan 64 dengan bit rate sebesar 155,52 Mbps (STM-1), 622,08 Mbps (STM-4), 2.488,32 (STM-16), dan 9.953,28 Mbps (STM-64). Sinyal STM- n terbentuk dengan memultiplek secara *synchronous* sinyal tributari DS-1, DS-1E, DS-2, DS-3 dan DS-4E. Untuk pembentukan sinyal STM- n dari STM-1 dilakukan dengan proses *byte interleaving* atau byte-per-byte. **Gambar 2.2** merupakan frame dari STM-1 sebagai sinyal frame dasar pada sistem transmisi SDH.



Gambar 2.2 Struktur Frame STM-1

Sinyal dari STM- n berasal dari proses multipleksing yang melewati beberapa tahap dalam proses, dimulai dengan proses *me-mapping*-kan sinyal tributari PDH DS-1 sampai dengan DS-4 kedalam sebuah *Container* dan beberapa proses multipleksing sampai terbentuk sinyal STM- n . Tahapan dari proses multipleksing dapat dilihat pada **gambar 2.3** dibawah ini. Dari gambar tersebut disimpulkan bahwa dalam pembentukan sinyal STM- n dapat dilakukan dengan berbagai cara dari berbagai jenis *Container* yang akan digunakan. Berikut gambaran dari proses multipleksing dari berbagai jenis Container:



Gambar 2.3 Struktur proses multipleksing

2.2 Komponen Dasar Frame SDH

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

2.2.1 Container

Container adalah struktur informasi yang akan membentuk *Virtual Container* pada *payload*. Untuk setiap jenis *Virtual Container* (VC) yang telah didefinisikan pada sistem SDH memiliki jenis container yang sesuai. Fungsi utama dari container adalah untuk membentuk bit-rate dari sinyal informasi tributari agar sesuai dengan

rekomendasi sistem SDH (*Recommendation* ITU-T G.702). Jenis container dapat dilihat pada **tabel 2-1**.

Tabel 2-1 Jenis Container

Container	Bit-rate (Mbit/s)
C-11	1,544
C-12	2,048
C-2	6,311
C-3	34,368 atau 44,736
C-4	139,264

2.2.2 Virtual Container (VC-n)

Virtual Container merupakan gabungan antara container dengan POH (*Path Overhead*). Setiap container akan diberikan byte tambahan yaitu byte POH untuk keperluan monitoring container tersebut, sehingga dapat mengetahui status hubungan dari layer trafik selama proses transmisi. VC dibedakan menjadi 2 tingkatan:

a. **Lower Order Virtual Container:** LO VC-n ($n = 1, 2, 3$)

Komponen ini terdiri atas sebuah container-n ($n = 1, 2, 3$) dengan *lower Orde Virtual Container* POH yang sesuai untuk level ini. Sebelum disusun kedalam frame STM-1, *Lower Order* VC ini akan dimultipleks terlebih dahulu kedalam VC yang lebih tinggi (*High Order* VC).

b. **High Order Vitual Container:** HO VC-n ($n = 3, 4$)

Komponen ini tersusun atas sebuah container-n ($n = 3, 4$) atau beberapa gabungan dari *Tributary Unit Group* (TUG-2 atau TUG-3) yang ditambahkan dengan *Virtual Container* POH yang sesesuai dengan level *High Order* ini.

2.2.3 Tributary Unit (TU-n)

TU merupakan struktur informasi yang menyediakan adaptasi antara LO-VC dengan HO-VC. Untuk menggabungkan LO-VC kedalam HO-VC diperlukan pointer (TU-Pointer). TU-Pointer ini berfungsi untuk menentukan awal posisi LOVC didalam HO-VC. Jadi isi TU adalah LO-VC plus pointernya (TU-Pointer).

2.2.4 Tributary Unit Group (TUG – n)

Sebuah TUG merupakan gabungan satu atau beberapa TU. Sebelum digabungkan kedalam HO-VC, beberapa TU sejenis terlebih dahulu digabungkan menjadi satu melalui multipleks byte demi byte dan dinamakan TUG. Ada dua jenis TUG yaitu :

- a. TUG-2, berisikan gabungan TU-11/TU-12 yang sejenis atau sebuah TU-2
- b. TUG-3, berisikan gabungan TUG-2 yang sejenis atau sebuah TU-3.

2.2.5 Administrative Unit (AU – n)

AU merupakan struktur informasi yang menyediakan adaptasi antara HOVC kedalam STM-n, AU terdiri dari HOVC dengan AU-Pointer. AU-Pointer ini menunjukkan posisi awal HOVC didalam frame STM-n. Ada 2 jenis AU yaitu AU-4 dan AU-3. Dalam satu frame STM-1 bisa terdapat $1 \times AU - 4$ atau $3 \times AU - 3$. Penempatan VC - 3 bisa langsung kedalam payload STM-1 dengan melalui AU - 3 atau secara tidak langsung melalui AU - 4, dimana 3 buah VC - 3 dimapping kedalam VC - 4.

2.2.6 Administrative Unit Group (AUG)

Beberapa AU atau sebuah AU yang telah menyusun seluruh payload pada frame STM dapat dikatakan Administrative Unit Group (AUG). Sebuah AUG dapat terdiri dari $1 \times AU - 4$ ataupun $3 \times AU - 3$.

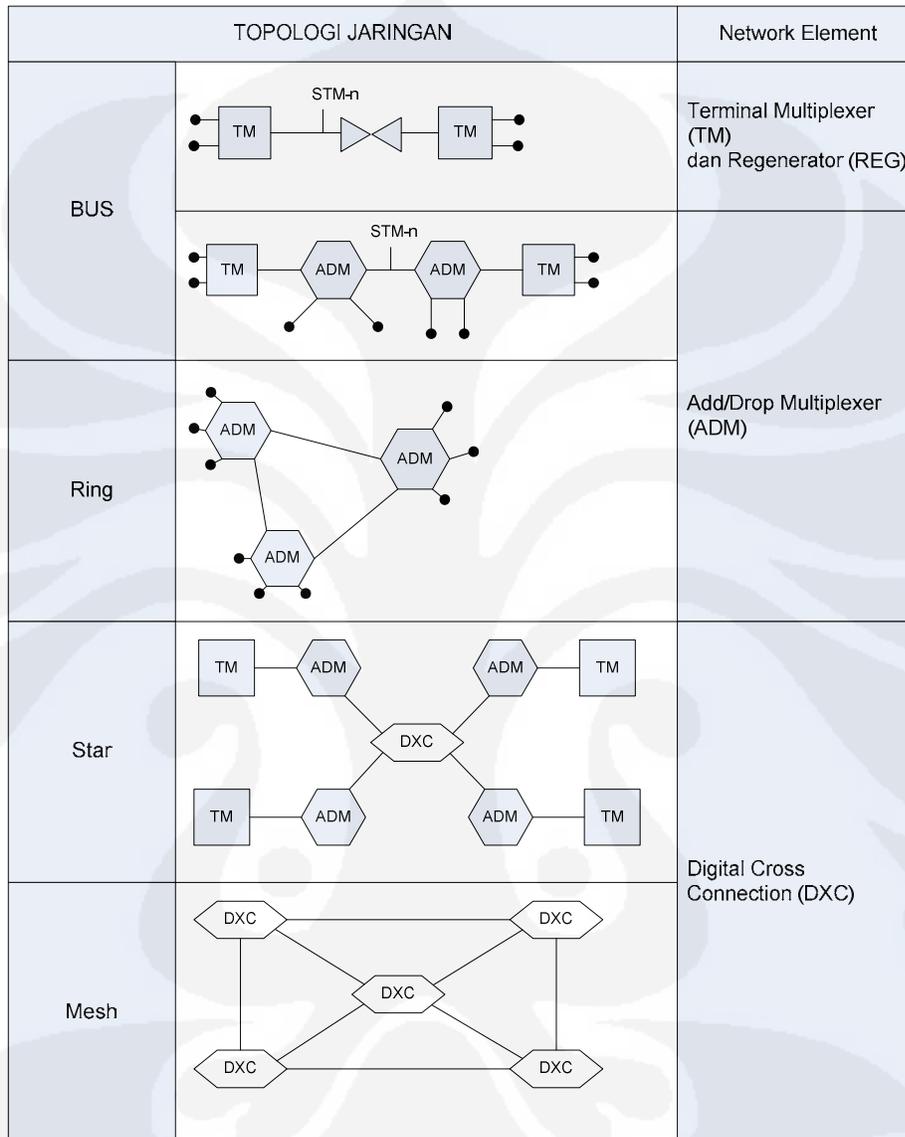
2.2.7 Synchronous Transport Module (STM – N)

STM adalah struktur informasi yang mendukung hubungan section layer dan terdiri dari payload informasi dan SOH (Section Overhead) untuk manajemen sistem. Laju data dasar dari STM adalah 155,520 Mbit/s dan Jalu data STM-N adalah kelipatan N dari 155,520 Mbit/s.

2.3 Arsitektur Jaringan Transmisi SDH

Ada beberapa topologi jaringan yang biasa digunakan dalam SDH, disini akan dijelaskan beberapa tipe topologi yang biasa dipakai (dan banyak digunakan pada PT. Excelcomindo Pratama) dalam sistem SDH dan penjelasan singkat mengenai topologi

jaringan tersebut. Bentuk topologi jaringan yang umum terpakai dapat dilihat pada **gambar 2.4** dibawah ini.



Gambar 2.4 Topologi Jaringan SDH

Penjelasan singkat masing-masing topologi tersebut sebagai berikut:

Topologi Bus

Topologi Bus umumnya digunakan bila demand yang ada pada suatu daerah merata, sifat – sifatnya:

- Pusat dapat diletakan pada salah satu tempat
- Biaya jaringan minimum

- Tidak memiliki back up atau route alternatif
- Serta, pemasangan (installasi) yang relatif cepat.

Topologi Ring

Topologi ring biasanya memiliki karakteristik tersendiri karena dapat digunakan sebagai konfigurasi yang memberikan fasilitas proteksi, sifat – sifatnya:

- Pusat bisa terletak dimana saja
- Biaya jaringan relatif lebih kecil
- Memungkin adanya back up dan memberikan route alternatif.

Topologi Star

Pada topologi star terdapat suatu sentral yang bersifat sebagai sentral utama, semua sentral lainnya akan terhubung ke sentral utama, sifat – sifatnya :

- Ada satu sentral yang berderajat lebih tinggi dibandingkan sentral lainnya, yaitu sentral utama.
- Hubungan antar sentral harus melalui sentral utama, dan tidak ada hubungan langsung antar sentral yang sederajat.
- Konsentrasi saluran besar dengan efisiensi saluran yang tinggi.

Topologi Mesh

Topologi mesh melibatkan banyak network element atau sentral yang saling terhubung, sifat – sifatnya topologi mesh sebagai berikut:

- Tiap sentral memiliki derajat yang sama.
- Hubungan langsung tanpa adanya sentral transit, sehingga lebih cepat.
- Konsentrasi saluran agak berkurang dan efisiensi saluran lebih rendah dibandingkan topologi star.

Penggunaan dari berbagai macam topologi jaringan itu dipilih sesuai dengan keadaan dan faktor – faktor tertentu, namun dari berbagai macam bentuk topologi tersebut yang umum digunakan atau paling banyak digunakan pada jaringan SDH adalah topologi Bus dan Ring, hal ini dikarenakan fleksibilitasnya yang lebih tinggi, dimana jumlah traffik yang didrop pada suatu lokasi tertentu dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan yang sesungguhnya pada lokasi tersebut dan kapasitas traffik pada

topologi ini dapat disesuaikan atau diatur secara terus menerus. Selain dari segi fleksibilitasnya secara konfigurasinya topologi ring juga mempunyai keuntungan lain, yaitu kehadalan atau *survivability* jaringan dan efisiensi biaya.

2.4 Sistem Proteksi SDH

Ada beberapa jenis skema proteksi link transmisi yang telah disediakan oleh sistem SDH untuk menjamin *survivability* jaringan transmisi. Istilah proteksi link pada dasarnya merupakan bagaimana pengaturan dari perpindahan trafik yang berada pada link atau lajur utama dipindahkan ke lajur cadangan ketika lajur utama dari jaringan mengalami kegagalan transmisi.

Perancangan skema proteksi atas topologi jaringan, pengaturan resource alokasi trafik pada lajur cadangan akan menentukan reliabilitas dan kualitas jaringan secara optimal. Pada kenyataannya, banyak hal yang dapat mengganggu jaringan transmisi SDH, diantaranya media transmisi yang terputus karena adanya *fiber cut*, jumlah error yang besar yang terjadi pada bit-bit yang diterima, maupun kerusakan pada module – module processing diperangkat SDH.

Dengan adanya pengaturan alokasi trafik (*resources*) dari jaringan yang akan digunakan sebagai alokasi trafik pada lajur cadangan (link backup) akan mengakibatkan penurunan resource kapasitas secara keseluruhan dan itu merupakan kompensasi yang harus dibayarkan oleh penyedia jasa jaringan. Pemilihan skema proteksi pada SDH yang tepat sesuai dengan kebutuhan trafik dan topologi jaringan dapat mengoptimalkan penggunaan kapasitas trafik yang nantinya akan memaksimalkan pendapatan yang akan diterima oleh penyedia jasa jaringan.

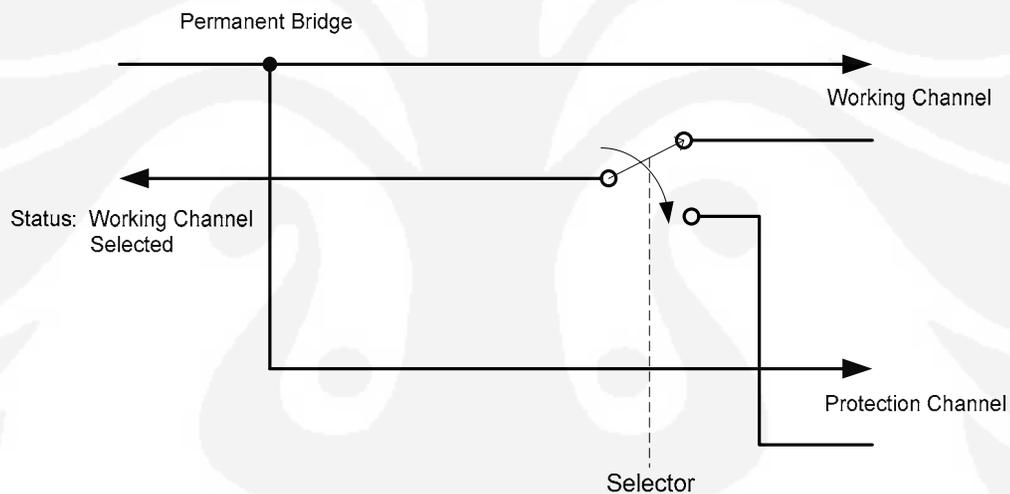
Skema proteksi pada sistem SDH ada bermacam – macam, yang umum dipakai pada PT. Excelcomindo Pratama selaku penyedia jasa jaringan berbasis media transmisi serat optik adalah MSP 1+1, MSP 1:n, MS-SPRing dan SNCP sebagai sistem proteksi transmisi pada jaringan tulang punggung. Selain itu, terdapat juga proteksi pada module processing dari perangkat SDH. Setiap macam proteksi link tersebut mempunyai karakteristik, mekanisme, kelebihan dan penggunaan yang berbeda – beda sesuai dengan topologi jaringan yang digunakan.

2.4.1 Multiplex Section Protection (MSP)

Proteksi MSP ini banyak digunakan untuk menangani koneksi berbentuk point-to-point, jadinya proteksi MSP ini hanya cocok digunakan pada topologi jaringan linier atau bus. Pada dasarnya, prinsip kerja MSP akan menyediakan sebuah link proteksi yang terpisah dari kanal utama. Proteksi MSP ini ada dua macam, yaitu MSP 1+1 dan MSP 1:n.

2.4.1.1 MSP 1+1

Pada MSP 1+1 berarti satu kanal digunakan sebagai operasional (*working link*) yaitu kanal yang membawa trafik dan working kanal ini akan diproteksi oleh sebuah kanal lain yang khusus digunakan sebagai kanal cadangan (*protection link*). Skema dari MSP 1+1 dapat dilihat pada **gambar 2.5** dibawah ini.

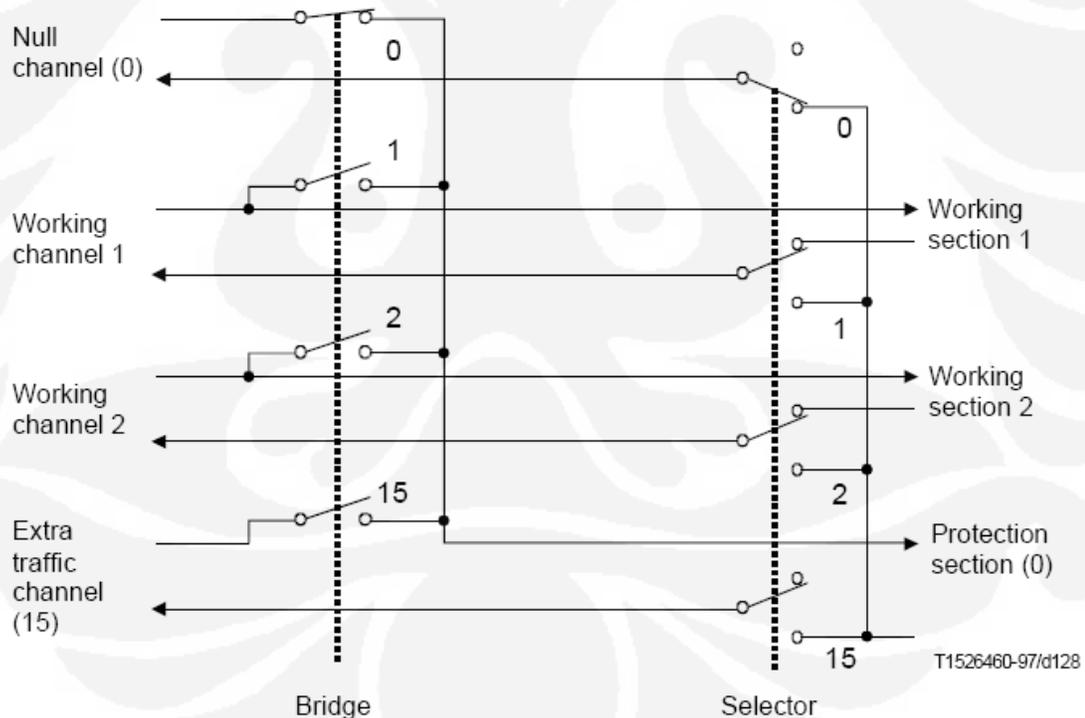


Gambar 2.5 MSP 1+1

Pada MSP 1+1, link bagian transmit pada bagian working selalu terhubung secara permanent dengan link transmit pada bagian proteksi, sehingga trafik ditransmisikan secara broadcast pada kanal working dan kanal proteksi. Sedangkan pada sisi penerima, terdapat *selector* yang digunakan untuk memilih dari kanal yang mana trafik tersebut akan diterima, apakah dari *working channel* atau dari *protection channel*. Apabila terjadi failed pada *working channel*, maka selector akan berpindah (*switch*) untuk menerima trafik dari *protection channel*. Link dari mana trafik dipilih pada penerima disebut dengan *primary signal*, dan lainnya disebut dengan *secondary signal*, normalnya *primary signal* berada pada *working channel*.

2.4.1.2 MSP 1:n

MSP 1:n berarti ada sebuah kanal yang digunakan sebagai proteksi dari n kanal operational (*working channel*) yang tiap kanal yang operating membawa trafik yang berbeda. Lain halnya dengan MSP 1+1, pada kanal proteksi MSP 1:n ini bisa juga membawa trafik tambahan, namun bersifat *low priority* atau biasa disebut juga dengan *extra traffic* atau *occasional traffic*. Sehingga jika terjadi kegagalan pada salah satu *working channel* maka *extra traffic* yang ada pada *protection channel* tersebut akan dihentikan dan trafik pada *working channel* yang mengalami gangguan akan dialihkan ke *protection channel* tersebut. Berbeda dengan MSP 1+1 dimana pada bagian transmitnya terhubung dengan bridge secara permanent dan pada bagian penerimanya menggunakan selector, namun pada MSP 1:n, bagian transmit dan penerimanya masing – masing mempunyai selector dimana kedua selector tersebut akan melakukan *switch* ke *protection channel* ketika terjadi failed pada *working channel*nya. Berikut **gambar 2.6** dibawah ini menunjukkan skema MSP 1:n.



Gambar 2.6 Skema Proteksi MSP pada MSP 1:n

2.4.1.3 MSP Protokol

Proses berpindahnya (*switch*) *selector* pada MSP ini diatur berdasarkan protokol tertentu yang sudah ditetapkan oleh ITU-T. MSP merupakan proteksi pada level Multiplex, sehingga proteksi ini bekerja pada layer MSOH (Multiplex Section Overhead), byte – byte yang mengatur terjadinya perpindahan dari working ke protection channel secara otomatis (Automatic Protection Switch/APS) pada MSOH adalah K1 dan K2. Pada sisi *selector* diatur dengan membandingkan nomor kanal yang diindikasikan oleh byte K1 yang dikirimkan dan byte K2 yang diterima.

Byte K1 menunjukkan permintaan suatu kanal untuk melakukan APS. Sedangkan byte K2 menunjukkan nomor kanal yang digunakan sebagai working channel dan jenis sistem proteksi MSP yang digunakan. Byte - byte MSP akan dianggap valid bila bagian penerima menerima indikasi APS pada byte – byte K1/K2 yang bernilai sama terus menerus dalam 3 frame SDH yang berurutan.

Byte K1 merupakan indikasi atas permintaan dalam melakukan proses switching. Bit 1 – 4 pada byte K1 merupakan indikasi dari jenis permintaan dalam proses switching, jenis permintaan atau request ini dapat berupa:

- 1) Pernyataan kondisi link tersebut (link mengalami SF atau SD). Kondisi link tersebut mempunyai 2 prioritas yang telah diset pada ke link tersebut, yaitu high prioritas dan low prioritas.
- 2) Pernyataan status dari MSP, misalkan wait-to-restore, do not revert, no request.
- 3) Permintaan dari luar (external request), misalkan lockout protection, force atau manual switch dan exercise.

Sedangkan pada bit 5 – 8 pada byte K1 menunjukkan nomor kanal dari trafik yang meminta untuk melakukan proses *switching*. Tabel 2-1 menjelaskan jenis fungsi bit 1 sampai dengan bit ke- 4 dan table 2-2 menjelaskan fungsi bit 5 sampai dengan bit ke- 8 pada byte K1.

Tabel 2-1 Fungsi Byte K1 bit 1-4 (Type of request)

Bit 1 2 3 4	Kondisi, Status atau External Request	Order (Note 1)
1 1 1 1	Locked out protection (note 2)	Highest
1 1 1 0	Force switch	
1 1 0 1	Signal fail high priority	.
1 1 0 0	Signal fail low priority	.
1 0 1 1	Signal degrade high priority	.
1 0 1 0	Signal degrade low priority	.
1 0 0 1	Unused (note 3)	.
1 0 0 0	Manual switch	.
0 1 1 1	Unused (note 3)	.
0 1 1 0	Wait-to-restore	.
0 1 0 1	Unused (note 3)	.
0 1 0 0	Exercise	.
0 0 1 1	Unused (note 3)	.
0 0 1 0	Revert request	.
0 0 0 1	Do not revert	
0 0 0 0	No request	Lowest

NOTE 1 – Kondisi Signal Fail (SF) pada section proteksi memiliki prioritas tertinggi dibandingkan dari jenis request lainnya, dimana request tersebut mungkin akan menyebabkan sinyal trafik normal akan dipilih oleh section proteksi.
 NOTE 2 – Hanya null signal (0) yang boleh dengan permintaan lockout protection.
 NOTE 3 – Beberapa operator menggunakan untuk keperluan internal tertentu, bagian penerima harus dapat mengabaikan permintaan ini.
 NOTE 4 – Tidak semua tabel diatas digunakan, tergantung pengaturan dari mekanisme perpindahan proteksi, misalnya pada beberapa kasus hanya sebagian request diatas yang dibutuhkan.

Tabel 2-2 Fungsi Byte K1 bit 5 – 8 (K1 Traffic signal number)

Signal Number	Request switch action
0	Null Signal (no normal or extra traffic). Conditions and associated priority (fixed high) apply to the protection section.
1 – 14	Normal Traffic Signal. Conditions and associated priority (high or low) apply to the corresponding working sections. For 1 + 1 only traffic signal 1 is applicable, with fixed high priority. 1 + 1 systems may treat (incorrect) low priority request received over the K-bytes as equivalent to the corresponding high priority request.
15	Extra traffic signal. Conditions are not applicable. Exists only when provisioned in a 1:n architecture.

Sedangkan byte K2 digunakan untuk menunjukkan status bridge pada MSP switch, jenis MSP dan indikasi alarm MS-AIS dan MS-RDI. Bit 1 – 4 pada byte K2 digunakan untuk nomor kanal trafik, seperti yang ditunjukkan pada **tabel 2-3** dibawah ini.

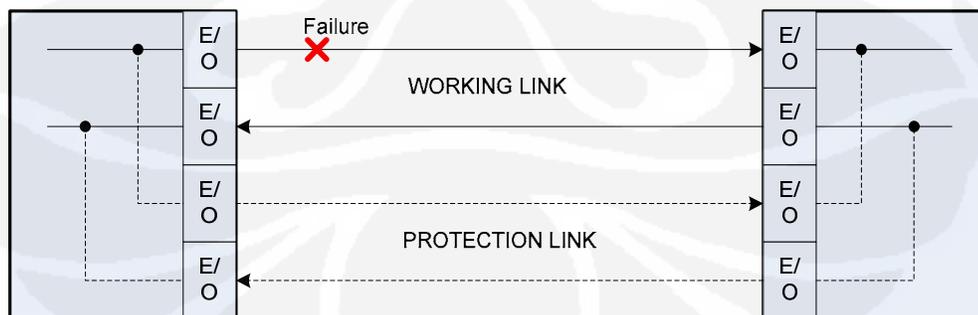
Tabel 2-3 Fungsi Byte K2 bit 1 – 4 (Traffic Signal Number)

Traffic Signal Number	Indication
0	Null traffic signal
1 -14	Normal traffic signal (1 – 14) For 1+1, only normal traffic signal 1 is applicable
15	Extra traffic signal Exists only when provisioned in a 1:n architecture.

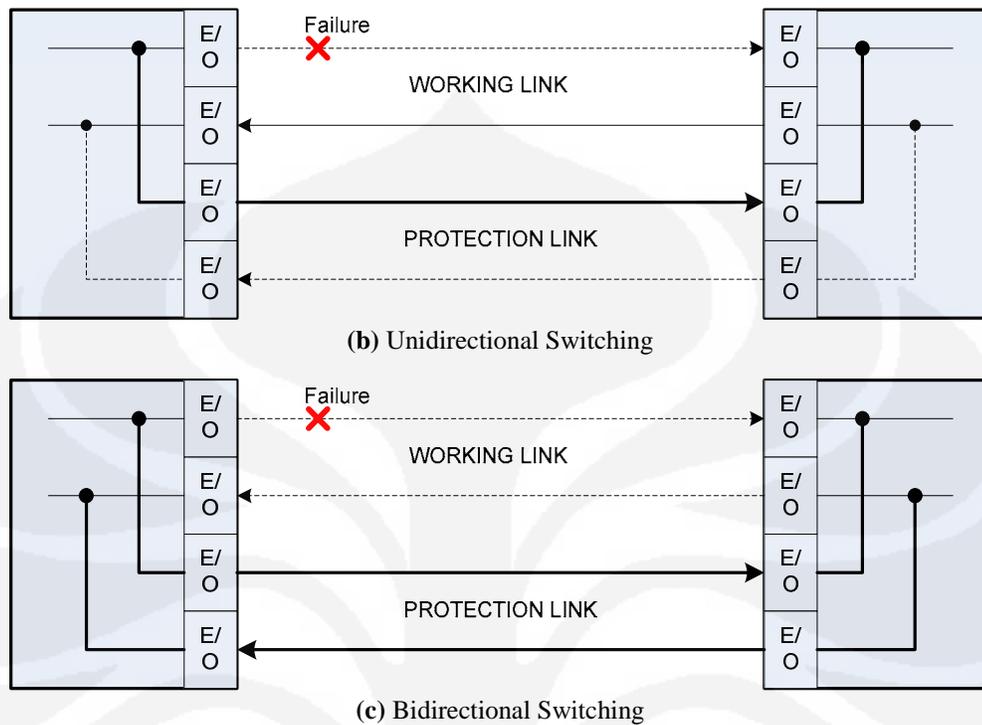
Bit ke-5 pada byte K2 digunakan sebagai indikasi dari arsitektur MSP yang digunakan, jika bit ke-5 pada K2 bernilai:

- a) 0 berarti arsitektur yang digunakan adalah MSP 1+1
- b) 1 berarti arsitektur yang digunakan adalah MSP 1:n

Dalam restorasi switching terdapat 2 jenis switching, yaitu bidirectional switching dan unidirectional switching. Pada bidirectional switching salah satu kabel pada kanal utama terputus maka kedua kabel pada kanal utama akan pindah ke kanal proteksi, sedangkan pada unidirectional, hanya kabel yang putus itu saja yang akan pindah ke kanal proteksi, sedangkan kabel satunya lagi yang tidak mengalami gangguan tidak akan pindah ke kanal proteksi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **gambar 2.7**.



(a) Kondisi Failure pada salah satu kabel



Gambar 2.7 Switching (a) Unidirection Switch (b) Bidirectional Switching

Pada arsitektur MSP 1+1, normal trafik selain ditransmisikan pada working link dan juga secara permanen akan ditransmisikan melalui *bridge* pada link proteksinya. Sehingga APS pada signal trafik pada working 1 akan selalu terindikasikan pada kanal proteksinya. Sedangkan pengaturan selektor pada sisi penerima untuk mode unidirectional dan bidirectional seluruhnya diatur berdasarkan prioritas pada local request dipenerima.

Pada MSP arsitektur 1:n unidirectional, switching kanal trafik diindikasikan pada byte K1 yang diterima dan akan dialihkan pada link proteksi melalui *bridge*. Sedangkan pada sisi penerima akan membandingkan nomor kanal trafik pada byte K2 yang diterima dengan byte K1 yang dikirimnya. Jika nomor kanal tersebut sama maka nomor kanal yang terindikasi tersebut akan dialihkan ke link proteksi. Jika tidak sama atau mismatch, maka selector tidak akan mengalihkan trafik pada link proteksi.

Jika restorasi pada kabel telah selesai, pengembalian trafik pada kanalnya masing-masing ditentukan oleh mode *revertive* dan *non-revertive*. Pada mode revertive, bila link working yang gagal telah kembali normal dan tidak ada lagi permintaan untuk meminta switching ke link proteksi, maka byte K1 akan

mengirimkan kondisi wait-to-restore. Pada keadaan wait-to-restore, trafik masih tetap berada pada link proteksi sampai timer pada wait-to-restore selesai atau timeout dan byte K1 akan mengirimkan status null (0) atau 15 jika terdapat extra traffic pada arsitektur 1:n. Untuk mempercepat kondisi wait-to-restore dapat dilakukan dengan menggunakan external command/request dengan mengirimkan status yang lebih tinggi dari kondisi wait-to-restore. Setelah itu trafik kembali pada working channelnya.

Pada mode *non-revertive* hanya berlaku pada arsitektur 1+1, ketika working link sudah kembali normal, trafik tetap berada pada proteksi, kondisi link pada saat ini berada pada status do not revert.

Kedua status wait-to-restore dan do not revert yang dikirim pada byte K1 pada umumnya akan diacknowledge dengan reverse-request pada byte K1 yang diterima. Tetapi reverse-request tidak perlu diacknowledge kembali.

Berdasarkan ITU-T G.602, availability jaringan yang mempunyai sistem proteksi dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$A_2 = \left[1 - \frac{(N + M)!}{(M + 1)! N!} X_0^{M+1} \right] \times 100\%$$

A_2 = availability dengan proteksi

X_0 = non-availability

N = jumlah sistem yang bekerja (working kanal)

M = jumlah sistem proteksi

Dengan menggunakan sistem MSP 1:n dimana jumlah kanal untuk proteksi sebanyak satu dan untuk 1 tahun rata-rata terjadi 4 kali kegagalan, dimana tiap kegagalan berlangsung selama 4 jam (4 kali kegagalan pertahun x 4 jam = 40 jam gagal per-tahun = 0,45662%), maka

availabilty tanpa proteksi = 99,54338%

non-availability $X_0 = 4,5662 \times 10^{-3}$

Dengan menggunakan persamaan diatas dihitung availability dari masing-masing sistem proteksi MSP yang hasil dapat dilihat pada tabel 2-4 berikut:

Tabel 2-4. Availability jaringan terproteksi

Jenis MSP 1+1 dan 1:n	Availability
1	99,99791%
2	99,99687%
3	99,99583%
4	99,99479%
5	99,99374%
6	99,99270%
7	99,99166%
8	99,99062%
9	99,98957%
10	99,98853%
11	99,98749%
12	99,98645%
13	99,98540%
14	99,98436%

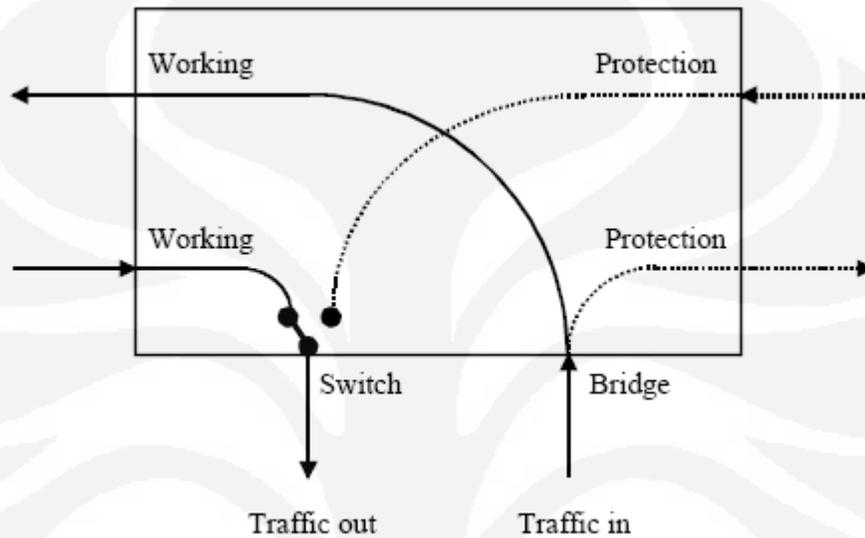
2.4.2 Subnetwork Connection Protection (SNCP)

Sistem proteksi SNCP biasa dikenal dengan sistem proteksi Path Proteksi (PPS) merupakan path proteksi yang dapat digunakan pada struktur jaringan yang berbeda-beda, seperti pada jaringan mesh, ring, point-to-point dan sebagainya. Sistem proteksi SNC ini dapat bekerja pada Low order dan High order path pada SDH. Karena yang sifatnya dedicated dalam memproteksi trafik, maka proteksi SNC 1+1 bersifat broadcast transmit dan selective received.

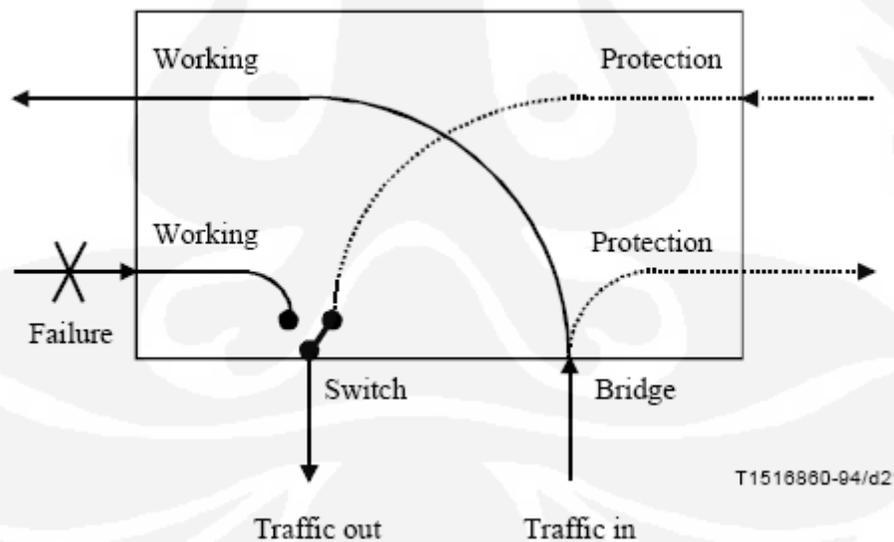
Pada sisi transmitter terdapat bridge dimana trafik akan ditransmisikan dalam 2 arah, yaitu working dan proteksi link melalui bridge tersebut, sedangkan pada sisi penerima sebuah switch digunakan untuk menentukan pilihan darimana trafik akan diambil. Pada proteksi SNC tidak diperlukan adanya protokol APS, proses seleksi pemilihan link berdasarkan pada informasi alarm path yang diterima oleh bagian penerima.

Sesuai dengan prinsip SNCP, maka link proteksi harus berbeda dengan working link secara routenya. **Gambar 2.8(a)** menunjukkan node dengan sistem proteksi dalam keadaan normal. Sebuah bridge berfungsi untuk mentransmisikan trafik kedalam working link dan proteksi link SNC secara simultan, sedangkan pada

penerima menggunakan switch untuk memilih trafik yang berasal dari working link pada kondisi normal. Sedangkan pada gambar 2.8(b) menunjukkan ketika working link mengalami gangguan dan pada sisi penerima akan mendeteksi loss of signal dan secara otomatis akan memilih trafik yang berasal dari link proteksi SNC.



(a) Kondisi normal, -Transmit broadcast
-receiver memilih trafik dari working



(b). Failure pada working link
-receiver memilih dari protection link

Gambar 2.8 Protection SNCP

Switching yang terjadi pada proteksi SNC dilakukan pada lokal terminal, request pada lokal dapat berupa:

- 1) perintah switching secara otomatis, ketika link working operational menerima SF atau SD (Signal Failure atau Signal Degrade) pada koneksi VC.
- 2) sebuah status (No request status, Traffic on Working Link or Traffic Traffic on Protection link, dan sebagainya)
- 3) perintah dari external, seperti Clear, Locked, Force Switch, Manual Switch Command.

Sedangkan prioritas dari lokal request ditunjukkan pada **Tabel 2-5**.

Tabel 2-5. Prioritas dari Request pada SNC Protection

Local Request	Priority
Clear	Highest
Lockout of Protection	
Force Switch	.
Signal Fail	.
Signal Degrade	.
Manual Switch	.
Wait-to-Restore	
No Request	Lowest

Switching SNCP berdasarkan dari alarm yang diterima pada level connection pathnya, jika SNCP di buat untuk level HO maka yang dapat menginisialisasi switching tersebut adalah alarm pada level VC4, sedangkan SNCP pada level LO maka switching terjadi ketika menerima alarm pada level LO. Proses switching harus dilakukan secepat mungkin, ITU-T telah merekomendasikan operasi switching terjadi kurang dari 50ms sebagai target waktu penyelesaian switching dari working link ke protection link pada penerima.

Disamping kelebihan karena proses switch pada SNCP yang cukup simple (tidak memerlukan protokol tertentu). SNCP mempunyai beberapa kelebihan lainnya jika dibandingkan dengan MSP, yaitu:

- Selain menggunakan medan transmisi yang sama, SNCP juga dapat dilewatkan pada media transmisi yang berbeda, misalkan working link melewati kabel optik dan proteksi linknya melewati microwave link. Sedangkan pada MSP, working dan protection link harus melewati media transmisi yang sama.

- Kedua buah link, working dan proteksi dapat menggunakan kapasitas yang berbeda. Misalnya workingnya melewati kabel optik dengan kapasitas transmisi STM-64, sedangkan proteksi link melewati microwave link dengan kapasitas STM-1. Sedangkan pada MSP, working dan protection linknya harus menggunakan link dengan kapasitas transmisi yang sama.

2.4.3 Multiplexer Section – Share Protection Ring (MSSPRing)

MS-SPRing digunakan pada jaringan bertopologi ring dan berfungsi memproteksi trafik pada sinyal line aggregate transmisi dari jaringan backbone SDH (proteksi ini digunakan minimum pada level STM-4), dan menjadi pilihan utama sebagai sistem proteksi untuk jaringan-jaringan utama transmisi SDH.

Secara umum kategori proteksi MS-SPRing dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu dua serat (*two-fiber*) dan empat serat optik (*four-fiber*). Keduanya masih menggunakan protokol Automatic Protection Switching (APS) yang menggunakan byte-byte K1 dan K2 untuk menjalankan mekanisme proteksinya. Keterangan dari byte-byte APS K1 dan K2 pada MSSPRing diberikan pada **tabel 2-6** dan 2-7 berikut.

Tabel 2-6 Fungsi byte K1 pada Proteksi MSSPRing.

Kode Permintaan Bridge (bit 1 - 4)				Indikasi Node Tujuan (bit 5 - 8)			
BIT 1	BIT 2	BIT 3	BIT 4	BIT 5	BIT 6	BIT 7	BIT 8
1111	lockout of protection (span) LP-S Signal Fail (protection) SF-P			Identitas node tujuan ditentukan berdasarkan nilai yang terdapat pada bit 5-8 byte K1			
1110	Force Switch (span) FS-S						
1101	Force Switch (ring) FS-R						
1100	Signal Fail (Span) SF-S						
1011	Signal Fail (Ring) SF-R						
1010	Signal Degrade Protection (SD-P)						
1001	Signal Degrade Span (SD-S)						
1000	Signal Degrade Ring (SD-R)						
0111	Manual Switch (Span) MS-S						
0110	Manual Switch (Ring) MS-R						
0101	Wait-to-Restore WTR						
0100	Exercise (Span) EXER-S						
0011	Exercise (Ring) EXER-R						
0010	Reverse Request (Span) RR-S						
0001	Reverse Request (Ring) RR-R						
0000	No Request						

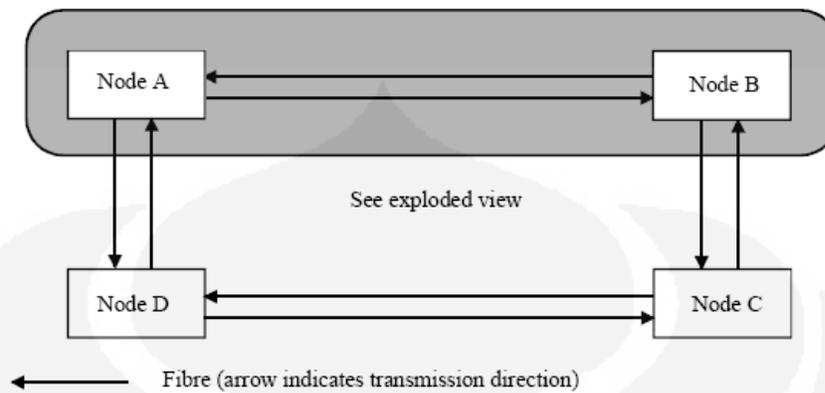
Tabel 2-7. Fungsi Byte K2 pada proteksi MSSPRing

Indikasi Node Asal (bit 1 - 4)				L/S	Status (bit 6 - 7)		
BIT 1	BIT 2	BIT 3	BIT 4	BIT 5	BIT 6	BIT 7	BIT 8
Indikasi Node asal ditentukan berdasarkan Identitas dari node yang menjadi sumber/asal				Status:	111 MS-AIS 110 MS-RDI 101 Reserve for future only 100 Reserve for future only 011 Reserve for future only 010 Bridge & Switch (Br & Sw) 001 Bridge 000 Idle		
L/S = Long / Short							
0 = Short - path code (S)							
1 = Long - path code (L)							

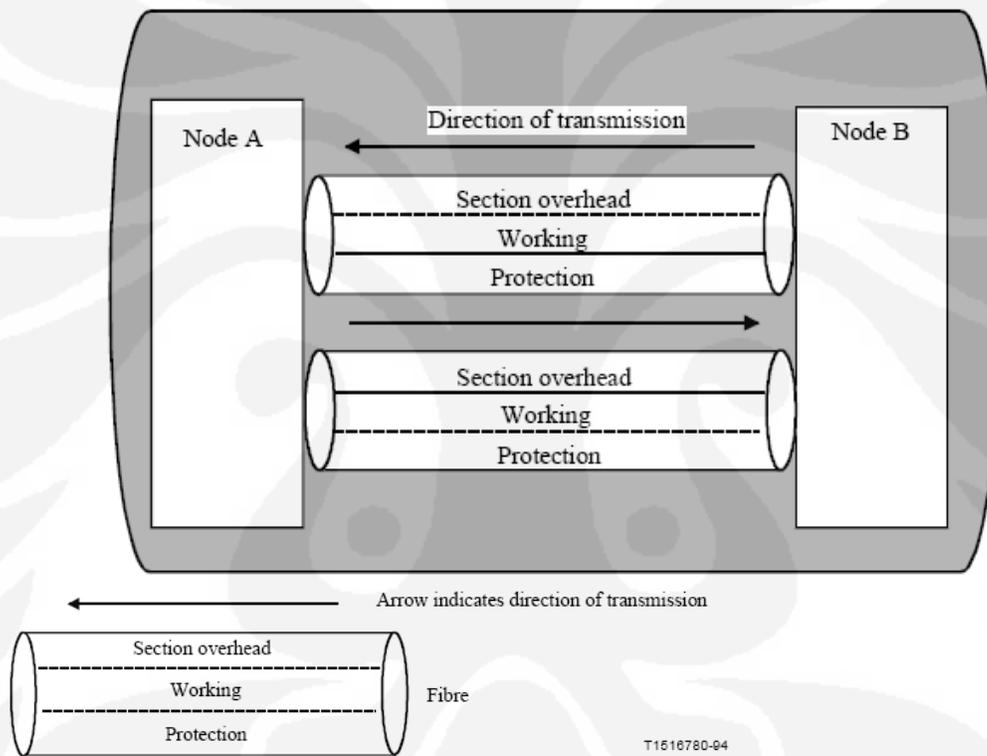
Setiap node pada arsitektur MS-SPRing memerlukan penamaan atau penomoran, dan sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.841 jumlah maksimal node pada konfigurasi MS-SPRing adalah 16. Tiap node diberi nomor yang berbeda antara 0 sampai 15 dan boleh tidak berurutan, antara node-node yang bersebelahan dapat saja secara acak.

2.4.3.1 MS-SPRing dengan dua serat

Pada MS-SPRing dua serat, tiap span pada ring SDH hanya memerlukan dua buah serat. Pada tiap serat atau span, setengah dari kapasitas kanal yang tersedia digunakan sebagai working channel, sedangkan setengah lagi dialokasikan sebagai protection channel. Misalnya suatu span mempunyai kapasitas STM-16, maka trafik yang dilaluinya hanya $8 \times AU-4$, sedangkan 8 kanal sisanya dipergunakan untuk proteksi. Setiap kanal working akan diproteksi oleh kanal protection dan mempunyai arah yang berlawanan dengan working channel tersebut. **Gambar 2.9** menjelaskan bagaimana arsitektur dan pembagian kanal pada sistem proteksi MS-SPRing dua serat.



(a). Jaringan Konfigurasi Ring



(b). Detail span MSSPRing pada bagian diarsir

Gambar 2.9 Konfigurasi MSSPRing
(a). Topologi. (b). Span pada MSSPRing

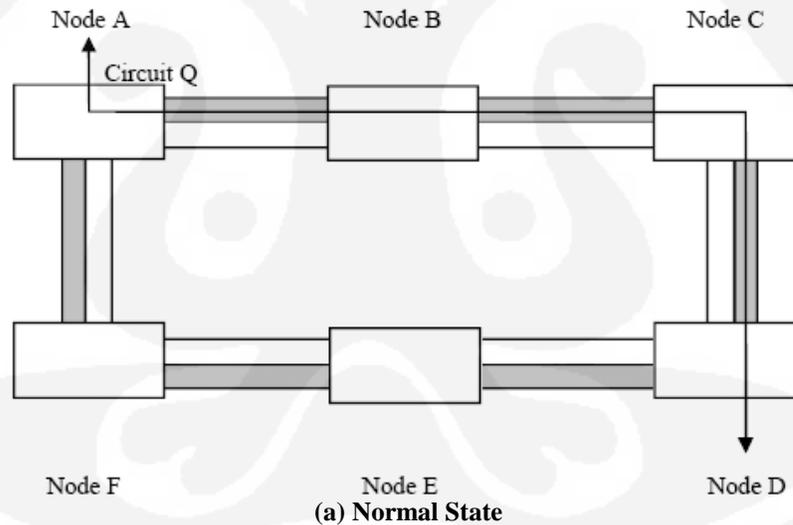
Pada gambar diatas tiap kabel membawa kanal working dan proteksi dimana untuk outgoing dan incoming tributari berada pada kabel yang berbeda dengan arah transmisi yang berbeda.

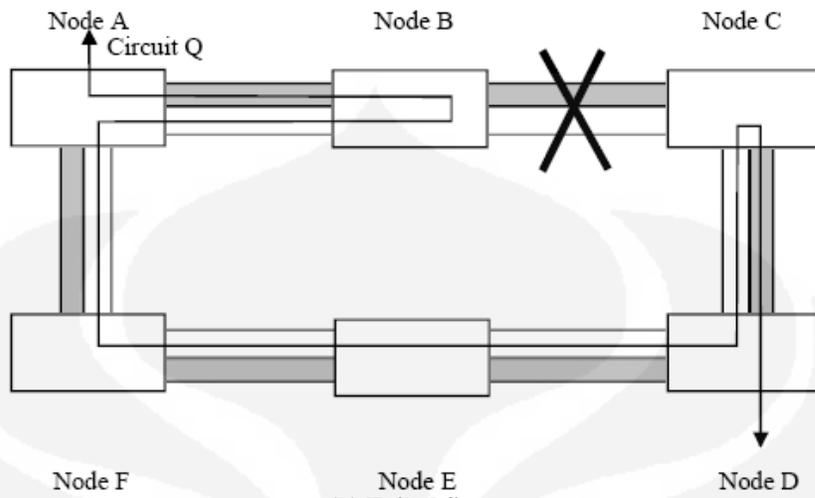
Apabila terjadi ring fail, maka trafik pada kanal yang membawa working channel akan dialihkan ke kanal pada protection channel, dimana arah rambat

transmisi yang berlawanan. Misalkan pada setiap span terdapat N buah AU-4, maka AU-4 dengan nomor 1 sampai dengan $N/2$ akan berperan sebagai working channel, sedangkan AU-4 dengan nomor $(N/2)+1$ sampai dengan N akan berperan sebagai protection channel. Selanjutnya untuk working channel nomor m akan diproteksi oleh kanal $(N/2) + m$ pada protection channel. Misalkan working channel 1 akan diproteksi oleh protection channel $(N/2)+1$, sedangkan working channel 2 akan diproteksi oleh protection channel $(N/2)+2$ dan seterusnya.

Selama ring switch, working channel yang arahnya menuju bagian dari jaringan yang gagal (*failed span*) akan dipindahkan ke protection channel pada node terdekat dengan failed span tersebut. Trafik yang dilewatkan pada protection channel, mempunyai arah yang berlawanan dengan trafik yang dilewatkan pada working channel semula, menjauhi *failed span* tersebut, trafik yang dipindahkan ke protection channel, akan mengelilingi jaringan ring menuju node yang menjadi tujuannya.

Gambar 2.10 menunjukkan proses secara lengkap MS-SPRing.





(b) Failed State

Gambar 2.10 MSSPRing Switching

Dimana:

-  Working
-  Protection
-  Circuit transporting service

BAB 3. Jaringan SDH Transmisi Optik Medan – Pekanbaru

3.1 Topologi dan Konfigurasi Jaringan Medan – Pekanbaru

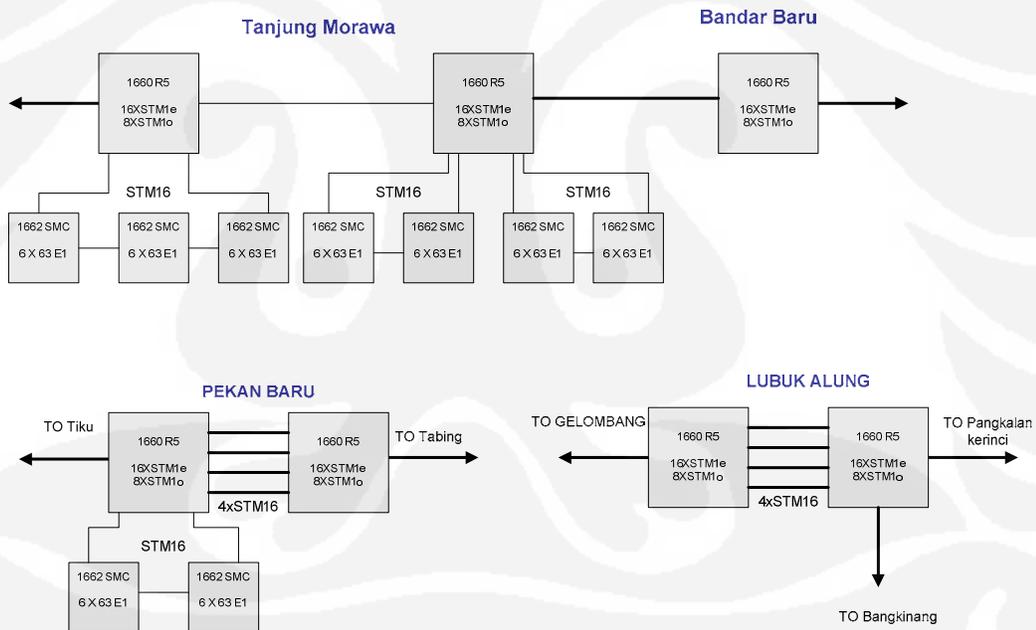
Jaringan tulang Punggung Medan – Pekanbaru merupakan jaringan transmisi berteknologi SDH yang membawa berbagai macam layanan atau multiservice backbone, seperti layanan GSM, UMTS, Leased Line dan MPLS. Secara konfigurasi media transmisi, lajur Medan – Pekanbaru memiliki 2 buah lajur transmisi STM-64 yang berbeda, lajur pertama melewati Padang (Medan–Padang–Pekanbaru) dan lajur yang kedua melewati Dumai (Medan–Dumai–Pekanbaru). Untuk lajur **Medan–Padang–Pekanbaru** menghubungkan 22 mux ADM, sedangkan untuk lajur **Medan–Dumai–Pekanbaru** menghubungkan 13 mux ADM. Walaupun secara topologi Medan–Pekanbaru membentuk konfigurasi ring, tetapi untuk menerapkan proteksi ring tidak memungkinkan karena total dari perangkat SDH melebihi 16 node ADM yang telah distandarkan oleh ITU-T. Karena itu proteksi yang diterapkan pada jaringan transmisi medan – pekanbaru saat ini menggunakan sistem proteksi MSP 1+1. **Gambar 3.1** menunjukkan konfigurasi jaringan sepanjang pulau Sumatra, mulai dari tanjung morawa (medan, Sumatra Utara) sampai ke kalianda (Lampung).



Gambar 3.1 Topologi jaringan transmisi Tulang Punggung Sumatra

Secara konfigurasi, jaringan transmisi dari gambar 3.1 diatas menunjukkan bahwa transmisi medan – pekanbaru merupakan jaringan yang berbentuk linier dengan garis biru merupakan media transmisi optik berbasis SDH STM-64 dan garis berwarna orange merupakan DWDM submarine link Jakarta – Batam – Singapore.

Kapasitas line transmisi dari sistem SDH pada jaringan Sumatra sebesar STM-64 dengan menggunakan perangkat Mux ADM Alcatel Lucent 1660SM, sedangkan untuk drop E1 menggunakan perangkat Alcatel 1662SMC. Beberapa lokasi dapat terdiri lebih dari satu perangkat Mux 1660SM yang digunakan untuk interkoneksi antara 2 atau 3 link dengan menggunakan sistem proteksi MSP 1+1, sedangkan untuk node yang membutuhkan drop lebih dari 4 x 63 E1 akan menggunakan lebih dari satu Mux ADM 1662SMC seperti Tanjung Morawa, Pekanbaru, Duri dan Padang. **Gambar 3.2** menunjukkan tipikal konfigurasi perangkat ADM pada Jaringan Sumatra.



Gambar 3.2 Tipikal Konfigurasi ADM pada Jaringan Sumatra

Secara keseluruhan jumlah perangkat Mux Alcatel Lucent yang digunakan sepanjang pulau Sumatra sebanyak 64 x 1660SM dan 32 x 1662SMC. Untuk meningkat reliabilitas transmisi STM-64 pada jaringan tulang punggung Sumatra, maka transmisi link STM-64 diproteksi dengan menggunakan sistem proteksi MSP 1+1 (*multiplex section protection 1+1*).

Pada sisi perangkat, untuk meningkatkan *availability* pada setiap Mux, beberapa module penting seperti *Power Supply*, *Cross-connect Matrix*, modul PDH tributari dan link transmisi tambahan antara perangkat Mux 1660SM dan Mux 1662SMC secara hardware akan diproteksi dengan sistem EPS 1+1 (*Equipment Protection Switch*) atau dengan EPS 1:n yang biasanya digunakan untuk proteksi modul E1. Berikut **tabel 3-1**, menunjukkan sistem proteksi, mode dan switch operasi yang digunakan sepanjang lajur Medan – Pekanbaru.

Tabel 3-1. Data detail sistem proteksi pada Medan – Pekanbaru.

NPAs : Subnetwork SUMATERA BACKBONE					
User Label	NPA Type	Protection Switch Mode	Mode of Operation	Traffic position	Operator Command
MSP_1+1_TJMW_Backbone-MedanDumai	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_TJMW_1660SM_01-BDBR_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_BDBR_1660SM_01-SBDL_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_SBDL_1660SM_01-SMJG_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_SMJG_1660SM_01-RTPR_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_RTPR_1660SM_01-BLGE_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_BLGE_1660SM_01-SMSM_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_SPRK_1660SM_01-SMSM_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_SBRG_1660SM_01-SPRK_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_KTNP_1660SM_01-SBRG_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_KTNP_1660SM_01-PNTI_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_SPET_1660SM_01-PNTI_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_SPET_1660SM_01-TIKU_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_TIKU_1660SM_01-LBAL_1_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_PDPJ_1660SM_01-LBAL_1_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	unknown	Unknown
MSP_1+1_PDLR60-1_PDPJ60-1	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Unknown
MSP1+1_STM64_PYKB60-1_PDLR60-1	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Unknown
MSP_PLKB_1660SM_01-PKBH_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Unknown
MSP_PLKB_1660SM_01-RBDR_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Unknown
MSP_BKNG_1660SM_01-RBDR_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Unknown
MSP_PKBR_2_1660SM_01-BKNG_1660SM_01	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_DURI_1660-GLBG_1660	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1660_DMAI-DURI	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_DMAI60-2_DMAI60-3	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present

NPAs : Subnetwork MEDAN DUMAI					
User Label	NPA Type	Protection Switch Mode	Mode of Operation	Traffic position	Operator Command
MSP_1+1_DMAI60-2_DMAI60-3	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Dumai-Banjar	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Banjar-Balam	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Balam-Asam_Jawa	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Asam_Jawa	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Asam_Jawa-Rantau_Prapat	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Rantau_Prapat-AEK_Loba	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Kisaran-AEK_Loba	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Tebing_Tinggi-Kisaran	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_Tanjung_Morawa-Tebing_Tinggi	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present
MSP_1+1_TJMW_Backbone-MedanDumai	Linear-plus	Bidirectional	nonRevertive	onWorking	Not Present

Dari tabel diatas, diketahui bahwa sistem proteksi yang digunakan adalah linier-plus atau MSP 1+1, dengan switch operation bidirectional switch dan mode operation bersifat non-revertive. Tabel diatas juga menunjukkan status trafik saat ini berada apakah ada di working link atau di protection link dan juga menunjukkan status operator command atau request dari luar. Dengan sistem proteksi tersebut diharapkan survivability jaringan dapat dijaga agar availability jaringan atau trafik yang diharapkan dapat dipenuhi. Dengan menggunakan sistem proteksi MSP 1+1 berarti diantara 2 node telah tersedia 2 buah media transmisi yang mempunyai kapasitas yang sama, yaitu STM-64 dan membawa trafik yang sama dimana salah satu link tersebut bersifat sebagai proteksi pada link yang operational membawa trafik. Sehingga ketika terjadi kegagalan transmisi pada link yang operational atau pada working link diharapkan proteksi link segera mengambil alih dalam mentransmisikan trafik ke node tujuan tanpa harus terjadinya downtime pada trafik tersebut.

3.2 Kapasitas Jaringan Medan – Pekanbaru

Transmisi medan – pekanbaru dengan 2 buah lajur transmisi dimana masing-masing lajur tersebut merupakan transmisi SDH STM-64, dimana setiap lajur tersebut membawa trafik dan jenis layanan berbeda. Sehingga dengan 2 buah lajur tersebut total kapasitas untuk jaringan Medan – Pekanbaru menjadi 2 x

STM-64 dengan proteksi disepanjang lajur tersebut menggunakan sistem proteksi MSP 1+1. Untuk alokasi kapasitas drop sepanjang transmisi Medan – Pekanbaru seperti yang ditunjukkan pada **tabel 3.2** dibawah.

Tabel 3-2 Data Kapasitas Drop Traffik pada Jaringan Transmisi STM-64 Medan - Pekanbaru

Lajur Transmisi	Node	Drop Capacity				
		E1	STM-1E	STM-1O	STM-4	STM-16
Medan - Padang - Pekanbaru	Tanjung Morawa	24 x 63	16	8	-	-
	Bandar Baru	1 x 63	-	-	-	-
	Saribu Dolok	1 x 63	-	-	-	-
	Simarjarunjung	2 x 63	-	8	-	-
	Prapat	1 x 63	-	-	-	-
	Balige	1 x 63	-	-	-	-
	Simasom	1 x 63	-	-	-	-
	Sipirok	2 x 63	-	8	-	-
	Sibornang	1 x 63	-	-	-	-
	Kota Nopan	1 x 63	-	-	-	-
	Panti	2 x 63	-	-	-	-
	Simpang Empat	2 x 63	-	8	-	-
	Tiku	2 x 63	-	8	-	-
	Lubuk Alung	2 x 63	-	8	-	-
	Padang	12 x 63	-	16	-	-
	Padang Panjang	1 x 63	8	-	-	-
	Bukit Tinggi	1 x 63	-	-	-	-
	Payakumbuh	1 x 63	-	-	-	-
Pangkalan Kutobaru	1 x 63	-	-	-	-	
Rimbo Datar	1 x 63	-	-	-	-	
Bangkinang	1 x 63	8	-	-	-	
Pekanbaru	12 x 63	8	16	-	-	
Medan - Dumai - Pekanbaru	Gelombang	1 x 63	-	-	-	-
	Duri	2 x 63	-	8	-	-
	Dumai	2 x 63	16	24	-	2
	Banjar XII	2 x 63	16	16	-	-
	Balam	2 x 63	16	16	-	-
	Asam Jawa	2 x 63	16	16	-	-
	Rantau Perapat Kota	2 x 63	16	16	-	-
	Aek Loba	2 x 63	16	16	-	-
	Kisaran	2 x 63	16	16	-	-
	Tebing Tinggi	2 x 63	16	16	-	-
	Tanjung Morawa	-	16	16	-	-
Total		5796	184	240	-	2

Traffik yang drop pada Mux tersebut dapat digunakan sebagai pembawa layanan GSM, UMTS, Leased Line ataupun MPLS. Semua layanan tersebut akan dimappingkan kedalam teknologi SDH sebagai media transport pada layer

pertama. Jika terjadinya kegagalan transmisi diantara link tersebut akan mengakibatkan terganggunya layanan atau service yang cukup besar.

3.3 Survivability Jaringan Medan – Pekanbaru

Dengan menggunakan sistem proteksi MSP 1+1 maka telah disediakan 2 buah link untuk menghubungkan 2 buah multipleks ADM, dimana kedua link tersebut berfungsi sebagai working link dan protection link. Dengan sistem ini diharapkan dapat membuat multipleks masih tetap terhubung ketika salah satu dari kedua link tersebut mengalami gangguan. Biasanya permasalahan pada link transmisi yang terjadi adalah module STM-64 yang *malfunction* atau bisa juga disebabkan oleh *fiber cut*. Kelemahan dari sistem proteksi MSP 1+1 adalah ketika fiber cut terjadi pada kedua link tersebut, tentunya hubungan antara 2 multipleks ADM tersebut akan terputus dan menyebabkan terganggunya traffik yang melewati link tersebut.

Jaringan tulang punggung Sumatra Medan – Pekanbaru memang memakai sistem proteksi MSP 1+1 akan tetapi jalur kabel optik dari working link dan proteksi link melewati rute yang sama. Sehingga kemungkinan terjadinya fiber cut pada kedua link MSP tersebut sangat besar dan ini merupakan point failure yang dapat mengakibatkan terhentinya layanan karena trafik tidak dapat ditransmisikan ketika 2 link transmisi MSP 1+1 mengalami gangguan.

Pada **tabel 3.3** merupakan kumpulan dari kejadian fiber cut yang terjadi pada jaringan Sumatra Medan – Pekanbaru selama bulan Juli sampai dengan September tahun 2008 yang menyebabkan kedua link MSP 1+1, baik yang working dan protection link terputus.

Untuk menghindari terhentinya layanan dan downtime yang lebih lama, segera dilakukan restorasi. Restorasi baik secara fisik dengan berupaya menyambung kabel optik ataupun secara software dengan mencari link proteksi untuk melakukan rerouting pada trafik. Tetapi perlu diperhatikan, bahwa rerouting disini adalah berupaya untuk menyelamatkan link transmisi dengan kapasitas STM-64 dan itu merupakan jumlah kapasitas transmisi yang sangat besar. Dan kemungkinan untuk mencari link proteksi sebesar STM-64 dengan menyewa pada operator penyedia jasa transmisi lain sangatlah kecil. Sehingga rerouting pada trafik akan dilakukan secara selektif sesuai dengan kebutuhan dan priotitas

layanan, seperti layanan GSM, MPLS dan Leased Line akan segera dilakukan rerouting misalnya melalui backbone microwave STM-1 atau melalui radio microwave access sebesar 16 E1.

Tabel 3-3. Historical data fiber cut pada Jaringan Transmisi Medan – Pekanbaru

Tanggal Kejadian	Durasi (h)	Service Affect			MTTR	Direction	Problem Caused	Problem Detail
		GSM	MPLS	LL				
02/07/08	4,58	-	-	X	N	Pekanbaru-Gelombang	Fiber	No Record
20/07/08	5,17	X	-	X	N	Panti-KotaNopan	External	PU Activity
23/07/08	23,25	X	-	X	N	Gelombang-Duri	Fiber	No Record
26/07/08	3,57	X	-	X	Y	Pekanbaru-Bangkinang	Fiber	No Record
31/07/08	4,8	-	-	X	N	PangkalanKutobaru-Payakumbuh	Fiber	No Record
11/08/08	2,8	-	-	X	Y	PangkalanKutobaru-Payakumbuh	Fiber	No Record
22/08/08	5,28	Y	-	X	Y	Simason-Simpirok	External	PU Activity
25/08/08	0,85	-	-	X	Y	Simpirok-Sibornang	External	Flooding
28/08/08	5,4	-	-	X	Y	KotaNopan-Panti	External	Landslide
31/08/08	2,78	X	-	X	Y	Sorek-PangkalanKerinci	Fiber	No Record
03/09/08	13,38	X	-	X	N	Sibornang-KotaNopan	External	Thief
07/09/08	3,68	X	-	X	Y	KotaNopan-Panti	External	No Record
07/09/08	0,55	X	-	X	Y	KotaNopan-Panti	Fiber	No Record
17/09/08	2,9	X	-	X	Y	KotaNopan-Panti	Fiber	No Record
18/09/08	5,83	-	-	X	N	Bangkinang-Rimbodatar	Fiber	No Record
22/09/08	1,32	-	-	X	Y	KotaNopan-Panti	Fiber	No Record
22/09/08	19,25	-	-	X	N	AekLoba-Rantau	External	PU Activity
23/09/08	5,33	Y	-	X	N	KotaNopan-Panti	Fiber	No Record
27/09/08	6,12	Y	-	X	N	Balige-Prapat	Fiber	No Record
29/09/08	3,28	Y	-	X	Y	Gelombang-Duri	Fiber	No Record

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penyebab terbesar terjadinya kegagalan transmisi banyak disebabkan karena fiber cut. Putusnya kabel tersebut jika dibreakdown lagi kedalam dikarenakan oleh beberapa faktor, yang berasal dari external (faktor alam dan human error) dan internal perangkat (modul rusak, kabel bending, dll). Dari sekian banyak faktor, major faktor yang sering membuat kabel optik terputus adalah faktor alam dan juga Human error. Faktor alam diantaranya karena banjir, tanah longsor, kebakaran dan lainnya, sedangkan faktor yang disebabkan karena Human error atau kesalahan manusia karena adanya pekerjaan pelebaran jalan, kabel optik yang putus karena terkena alat-alat berat seperti escavator, ataupun juga akibat pencurian.

Berdasarkan data diatas, maka dapat dilihat availability dari jaringan medan – pekanbaru selama 3 bulan tersebut sebesar 99,69074%. Availability jaringan untuk 3 bulan tersebut sangat jauh dari target yang diinginkan oleh PT.

Excelcomindo Pratama, dimana availability jaringan yang diinginkan pertahun sebesar 99,95062% yang artinya hanya 48 jam dalam setahun terjadinya outage atau kegagalan dalam transmisi.

Dalam waktu 3 bulan saja availability jaringan telah mencapai 99,69074% maka restorasi dengan menambahkan proteksi sudah menjadi keharusan agar downtime pada layanan tidak terlalu lama.

3.4 Restorasi Jaringan Medan - Pekanbaru

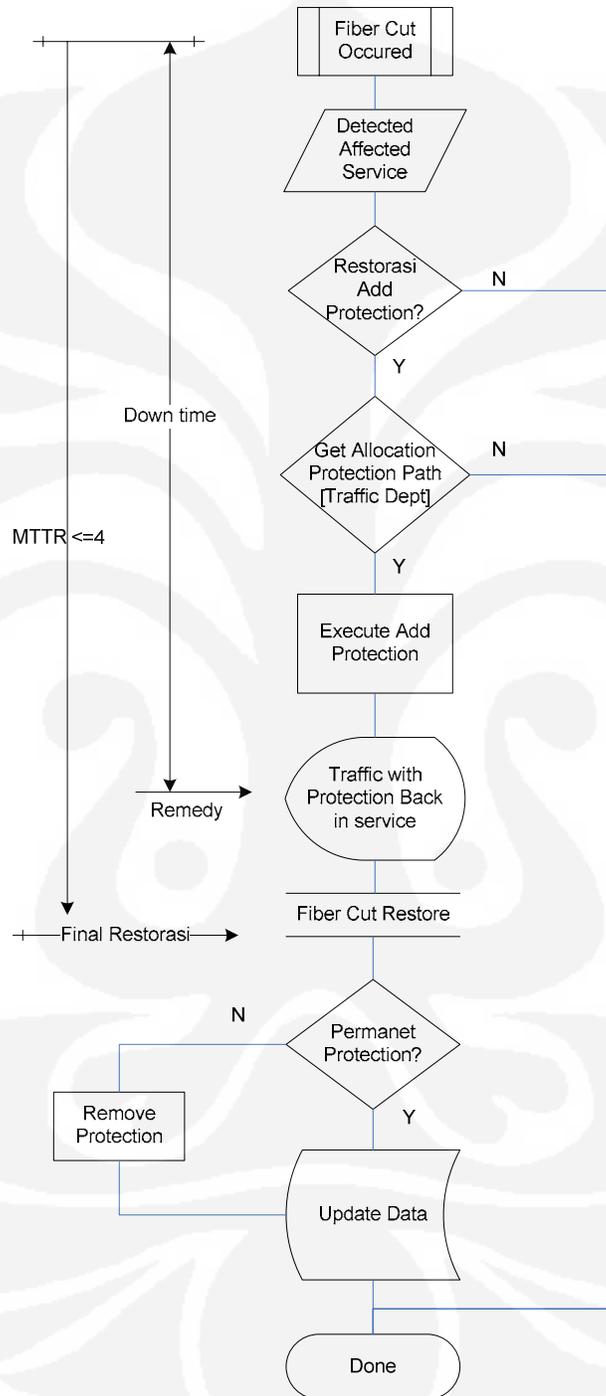
Ketika terjadinya fiber cut dan sistem proteksi MSP 1+1 tidak dapat berjalan, sudah tentu akan menyebabkan trafik yang melewati link tersebut akan perpu (terputus). Untuk mengurangi lamanya down time maka diperlukan adanya proses restorasi. PT. Excelcom Pratama cukup ketat dalam menyikapi lamanya downtime pada trafik yang terkena imbas ketika transmisi mengalami masalah. PT. Excelcom menetapkan *Mean Time To Repair* (MTTR) dalam menyelesaikan (solving problem) paling lama adalah 4 jam. Restorasi dilakukan baik secara hardware yaitu dengan melakukan penyambungan kabel pada cut point dan secara software melalui NMS (Network Management System) dengan cara mengubah konfigurasi link pada setiap trafik yang terkena imbasnya dengan menambahkan proteksi atau pun harus reroute link transmisi dari trafik tersebut.

Dari tabel 3.2 terlihat bahwa MTTR untuk menyelesaikan masalah fiber cut secara hardware mulai dari pencarian lokasi cut point sampai persiapan kabel dan splicing ulang memerlukan waktu yang cukup lama. Dari data observasi selama 3 bulan tersebut, waktu yang paling cepat dalam menyelesaikan fiber cut adalah 30 menit dan mencapai waktu paling lama sebesar 19,25 jam, sedangkan rata-ratanya MTTR adalah 6,01 jam. Dengan rata-rata MTTR sebesar 6,01 jam yang melebihi target MTTR sebesar 4 jam maka restorasi melalui NMS sangat diperlukan guna mengurangi lamanya downtime, sistematis dari restorasi secara software melalui NMS adalah mengubah lajur trafik dengan cara me-reroute link atau menambahkan link proteksi pada trafik-trafik tersebut.

Cara yang dipilih oleh para teknisi NOC PT. Excelcomindo Pratama adalah dengan membuat link proteksi pada trafik, dengan alasan tidak mengubah data trafik pada database dan hanya menambahkan data lajur proteksinya. Flow

Chart dari restorasi yang dilakukan secara software dilakukan seperti bagan dibawah ini.

Gambar 3.3 Flow chart restorasi trafik

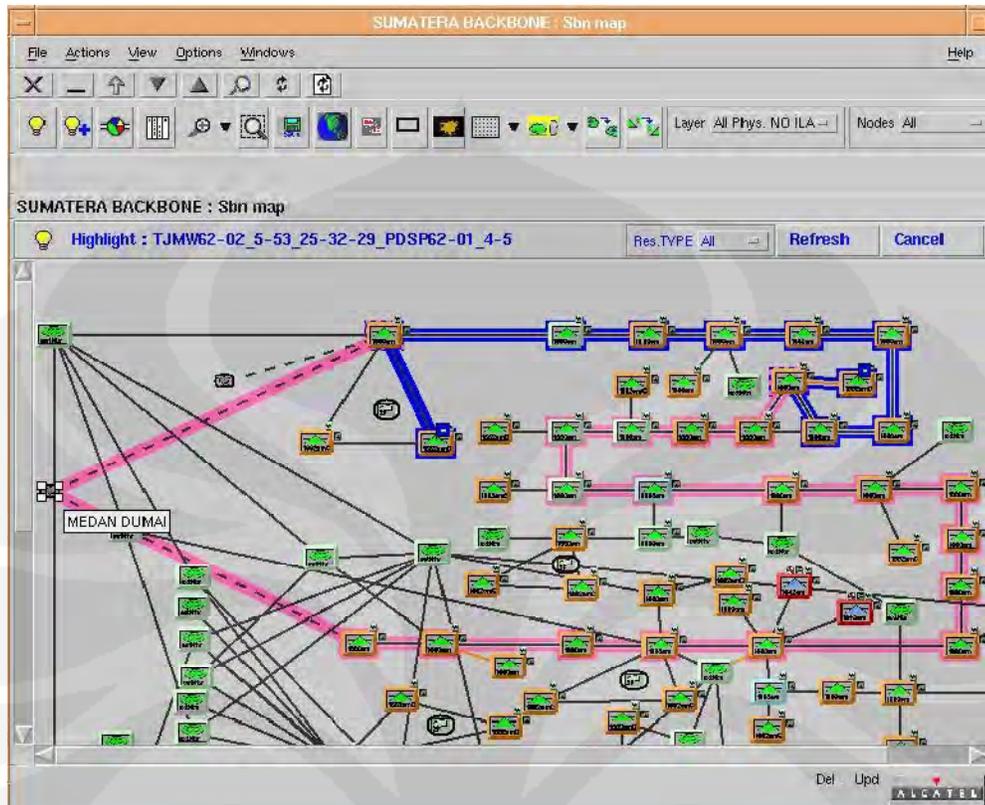


Pada alur bagan diatas menjelaskan, ketika terjadi fiber cut pada lajur Medan–Padang– Pekanbaru maka restorasi yang dilakukan melalui NMS adalah

dengan menambahkan proteksi trafik, alokasi proteksi diambil melalui lajur Medan–Dumai–Pekanbaru. Para trafik engineering akan memberikan alokasi trafik yang kosong pada lajur Medan–Dumai–Pekanbaru sehingga dapat dipakai sebagai proteksi dari trafik–trafik Medan–Padang–Pekanbaru yang outage karena fiber cut.

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan adalah pemilihan *resource* trafik proteksi diambil dari lajur STM-64 pada Medan–Dumai–Pekanbaru diterapkan sebagai permanen solusi atau hanya temporari selama restorasi hardware dilakukan. Jika ditetapkan sebagai permanen solusi maka para trafik engineering akan mengambil resource trafik secara permanen dari lajur Medan–Dumai–Pekanbaru sebagai link proteksi dari trafik Medan–Padang–Pekanbaru. Hal ini tentu saja mengurangi kapasitas *resource* trafik dari Medan–Dumai–Pekanbaru, yang seharusnya dapat digunakan untuk membawa trafik dengan layanan tertentu dan bukan dijadikan proteksi untuk trafik Medan–Padang–Pekanbaru. Dan begitu juga sebaliknya jika terjadi fiber cut pada lajur Medan – Dumai–Pekanbaru, maka restorasi dengan menambahkan link proteksi diambil dari lajur Medan–Padang–Pekanbaru, yang tentunya akan mengurangi kapasitas *resource* trafik pada lajur Medan–Padang–Pekanbaru yang seharusnya dapat digunakan untuk membawa trafik lain.

Sebagai contoh pada **gambar** 3.4 dibawah ini menunjukkan trafik interlink BSC Padang Sidempuan dengan MSS Medan, dimana link trafik tersebut memiliki jalur utama (*working path*) pada lajur Medan–Padang–Pekanbaru dan jalur proteksi (*proteksi path*) pada lajur Medan – Dumai – Pekanbaru. Dalam konfigurasi tersebut berarti trafik interlink BSC Padang Sidempuan dengan MSS Medan mempunyai double proteksi, pertama proteksi pada link dengan menggunakan MSP 1+1 dan pada level pathnya digunakan proteksi SNCP melalui lajur medan-dumai-pekanbaru.



Gambar 3.4 Konfigurasi proteksi interlink MSS Medan – BSC Padang Sidempuan

3.5 Kelemahan Jaringan Transmisi Medan – Pekanbaru

Dari pemaparan di atas dapat disimpulkan beberapa point penting akan kelemahan dari jaringan transmisi STM-64 medan–pekanbaru. Berikut kesimpulan dan penjelasan dari kelemahan tersebut yaitu:

- *Proteksi Traffic pada medan – pekanbaru tidak menyeluruh.*

Walaupun secara topologi jaringan transmisi medan – pekanbaru membentuk konfigurasi ring dengan 2 buah lajur transmisi STM-64 yaitu medan-padang-pekanbaru dan medan-dumai-pekanbaru, akan tetapi sistem proteksi MSP Ring tidak dapat dilakukan karena jumlah Mux ADM yang ada pada jaringan transmisi medan – pekanbaru sebanyak 33 Mux ADM melebihi batas maksimal Mux ADM dalam rekomendasi ITU-T untuk sistem proteksi MSP Ring. Oleh sebab itu sistem proteksi link pada tiap lajurnya menggunakan MSP1+1, dimana setiap lajur STM-64 tersebut membawa traffiknya masing – masing. Sehingga proteksi traffic pada lajur medan – padang – pekanbaru tidak dapat menyeluruh dibuat melalui lajur

medan – Dumai – pekanbaru, mengingat lajur medan – dumai – pekanbaru tersebut juga membawa traffiknya sendiri. Sampai saat ini pemilihan trafik yang akan diproteksi melalui kedua lajur STM-64 tersebut dilakukan secara selektif berdasarkan permintaan QoS dari pelanggan (GSM, MPLS ataupun Leased Line).

- *Sistem Proteksi MSP1+1 yang tidak optimal.*

Sistem Proteksi yang digunakan sepanjang Medan – Pekanbaru adalah sistem MSP 1+1, sehingga antar 2 Mux ADM akan memiliki 2 buah link transmisi, yaitu working link dan protection link. Akan tetapi sistem proteksi MSP1+1 akan tidak optimum jika lajur kabel optik antara working link dan protection link mempunyai rute yang sama, sehingga kemungkinan terjadinya fiber cut pada working dan protection link akan menjadi besar.

- *Availability jaringan yang rendah.*

Faktor alam seperti tanah longsor, banjir dan faktor Human Error seperti pencurian kabel dan penggunaan alat – alat besar yang dapat menyebabkan jaringan kabel optik medan – pekanbaru terputus secara bersamaan pada link working dan link protection menyebabkan availability jaringan medan – pekanbaru menjadi turun. Dan juga restorasi dilapangan dengan cara menyambung kabel optik yang terputus cukup memakan waktu lama. Dalam 3 bulan observasi, rata-rata untuk restorasi kabel optik selama 6 jam, sehingga downtime pada trafik medan – pekanbaru tidak mencapai target yang telah distandarkan oleh PT. Excelcomindo Pratama yaitu MTTR, *mean time to repair* selama 4 jam. Solusi yang dibuat dari kondisi ini adalah dengan rerouting dan penambahan proteksi trafik yang diambil dari lajur lain dan mengurangi kapasitas trafik dari lajur tersebut.

- *Keterbatasan memenuhi permintaan kapasitas baru dengan availability tinggi.*

Dengan banyak permintaan baru untuk trafik Leased line, GSM, UMTS dan MPLS dalam memenuhi target penambahan kapasitas disetiap tahunnya dengan operasional yang minim, menuntut para planning dan trafik engineering dalam mendesain ulang konfigurasi dan sistem proteksi

jaringan medan – pekanbaru. Hal tersebut dibatasi karena sistem proteksi pada transmisi medan – pekanbaru yang tidak menyeluruh dan penggunaan teknologi DWDM pada jaringan tulang punggung kabel darat Regional Sumatra.

3.6 Pertimbangan Optimasi jaringan Medan – Pekanbaru.

Dari penjelasan diatas maka optimasi pada jaringan medan – pekanbaru harus dilakukan guna meningkatkan availability dan juga kapasitas jaringan. Berikut beberapa hal yang mendukung alasan perlunya optimasi pada jaringan kabel optik medan – pekanbaru, yaitu:

a. Kapasitas dari jaringan transmisi medan – pekanbaru bertambah.

Melalui optimasi ini diharapkan kapasitas jaringan dapat bertambah sehingga dapat memenuhi permintaan baru akan kebutuhan trafik dari customer/pelanggan. Penambahan kapasitas akan meningkatkan pendapatan perusahaan.

- Proteksi trafik yang menyeluruh.

Optimasi ini diharapkan dapat meningkatkan reliability dan Quality of Service (QoS) jaringan, khususnya pada lajur medan – pekanbaru.

- Biaya Optimasi

Faktor biaya juga merupakan salah satu hal yang penting dalam mengambil keputusan dalam optimasi jaringan. Optimasi ini sebisa mungkin menekan biaya dalam pelaksanaannya.

- Konfigurasi jaringan yang dapat menyesuaikan untuk perubahan pada konfigurasi pada masa depan.

Optimasi jaringan medan – pekanbaru juga harus dapat menerima teknologi baru atau perubahan konfigurasi di masa depan, seperti teknologi DWDM, teknologi ASON dengan Mass topologinya, dan sebagainya.

BAB 4

Optimasi Proteksi Jaringan Transmisi Medan - Pekanbaru

4.1 Perencanaan Optimasi

Jaringan transmisi STM-64 pada Medan - Pekanbaru merupakan sistem transmisi berkapasitas besar mulai dari transmisi rate ratusan bit-per-seconds hingga puluhan gigabit-per-seconds, sehingga apapun kegagalan pada lajur transmisi ataupun perangkat ADM dapat mengakibatkan gangguan pada layanan yang sangat besar. Dengan optimasi ini bertujuan untuk dapat meningkatkan survivability jaringan, optimasi *resource* trafik pada restorasi dengan biaya seminim mungkin. Oleh sebab itu, sangatlah penting untuk mengatur konfigurasi jaringan sehingga layanan ataupun trafik dapat tetap terjaga meskipun telah terjadi interupsi pada jaringan transmisi. Sistem proteksi merupakan cara pengaturan dalam perpindahan (switch) working link kedalam proteksi link yang merupakan link cadangan ketika working link yang operasional mengalami masalah atau gangguan. Sedangkan restorasi merupakan pengaturan utilisasi dari kapasitas dari link cadangan (protection) untuk dapat mengakomodasikan perpindahan lajur (re-routing) ketika terjadi gangguan pada jaringan yang operasional. Pada bab ini akan menjelaskan optimasi dari survivability jaringan pada transmisi medan - pekanbaru.

Optimasi untuk meningkatkan survivability jaringan dilakukan dari dari beberapa pilihan yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Melakukan perubahan lajur kabel optik antar working link dan proteksi link agar tidak memiliki rute yang sama. Sehingga kemungkinan terjadinya putus kabel pada kedua link tersebut akan semakin kecil, tetapi untuk melakukan perubahan ini memerlukan biaya yang cukup besar, mengingat PT. Excelcom harus menyewa pada pemerintah daerah setempat atau pada pemilik tanah dimana lajur kabel optik ditanam, serta ditambah biaya operasional selama pengerjaan relokasi kabel tersebut.
2. Memasang tool OTDR untuk memonitoring *dark fiber*. Kabel fiber optik antara 2 buah node mux saat ini sebanyak 24 core fiber, dari 24 fiber core tersebut hanya 4 core saja yang terpakai dimana 2 core digunakan sebagai transmit dan receive pada working link dan 2 core lainnya digunakan sebagai

transmit dan receive pada protection link, sedangkan fiber core lainnya merupakan spare yang dapat digunakan sewaktu-waktu ketika terjadi masalah pada core yang operasional. Core-core fiber yang digunakan sebagai spare disebut dengan dark fiber. Dengan memonitoring dark fiber (kabel optik yang tidak membawa trafik), ketika terjadi fiber cut, maka OTDR akan secara otomatis menunjukkan jarak dari cut point kabel optik dari OTDR pada operator jaringan. Hal ini dapat menghemat waktu dari engineer lapangan untuk langsung menuju cut point tanpa harus melakukan pengukuran kabel dalam mencari cut point, dalam perhitungan penghematan waktu dengan adanya pemasangan alat sebanyak 1 sampai 2 jam, seperti ilustrasi dibawah ini.

Activity	Duration Tanpa Monitoring dark fiber	Duration dengan memonitor dark fiber
<i>NOC</i>		
Dispatch	15 Menit	15 Menit
<i>Field Engineering</i>		
Prepare Mobile	15 Menit	15 menit
Coordination Team Restoration	10 Menit	10 menit
Prepare Tool Splicer & Cable (from office or Warehouse)	45 Menit (termasuk perjalanan ke kantor dan ke warehouse)	45 menit
Performing OTDR from nearest Node	Minimal 60 Menit (termasuk perjalanan menuju Node Terdekat untuk melakukan test OTDR)	- (cut point sudah diketahui dari NMS Dark fiber)
FE. Pra-splicing time	Min. 130 Menit	75 Menit

Dengan menggunakan tool OTDR ini memang dapat menghemat waktu sebanyak 1 sampai 2 jam dalam melakukan pencarian cut point. Tetapi pembelian tool OTDR tersebut cukup mahal, sedangkan untuk pengukuran OTDR pada kabel inland saat ini maksimum mencapai 160 km, dengan total lajur medan-pekanbaru mencapai 1539 km maka diperlukan 10 OTDR yang harus dipasang.

- Melakukan perubahan sistem proteksi dengan SNCP Ring. Sistem proteksi SNCP membutuhkan 2 buah lajur yang berbeda dalam membawa trafik yang sama, jika diterapkan pada jaringan transmisi medan pekanbaru yang telah

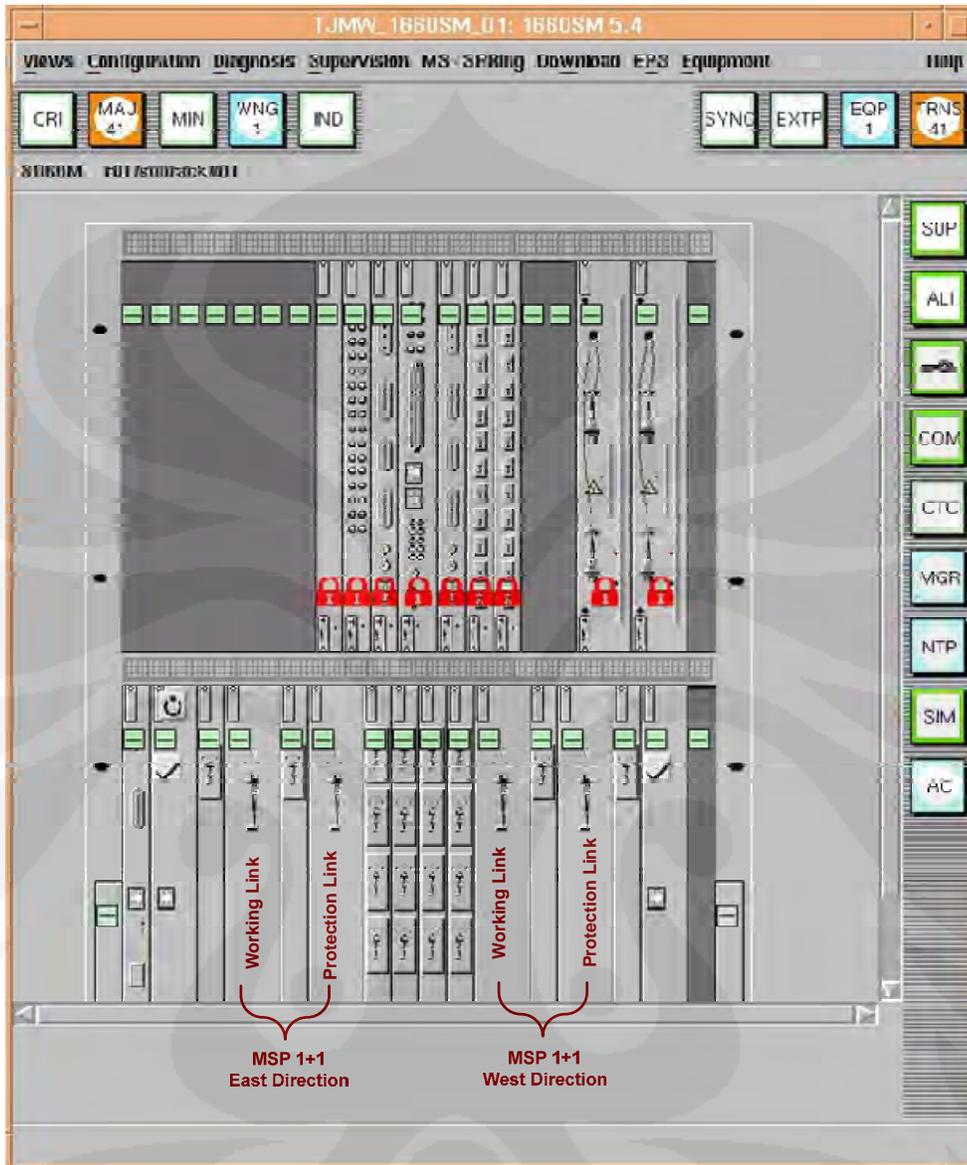
memiliki 2 buah lajur, yaitu yang melalui lajur dumai dan lajur padang. Untuk mempertahankan kapasitas dan meningkatkan utilisasi jaringan medan – pekanbaru, maka proteksi link MSP 1+1 harus diubah menjadi 1+0 (tanpa MSP). Perubahan sistem proteksi menjadi SNCP Ring merupakan cara yang terbaik dalam mengoptimalkan jaringan, mengingat konfigurasi module pada perangkat multiplexer mendukung juga tidak perlu dilakukan relokasi pada rute kabel optik yang terpasang saat ini. Sehingga biaya operasional dalam optimasi ini adalah paling minim atau tanpa biaya sama sekali karena semua dilakukan pada NMS tanpa harus ada intervensi dari perangkat ataupun lapangan.

4.2 Optimasi Konfigurasi jaringan Medan – Pekanbaru

4.2.1 Perubahan Konfigurasi jaringan

Konfigurasi eksisting medan – pekanbaru secara topologi telah membentuk Ring dengan 2 buah lajur, yaitu lajur yang melalui padang dan lajur yang melalui Dumai. Kedua lajur tersebut menggunakan sistem proteksi MSP 1+1, sehingga telah disediakan 2 pasang kabel optik sebagai media transmisinya yang menghubungkan 2 Mux ADM. Kedua pasang kabel optik tersebut membawa kapasitas STM-64 yang sama, dimana 1 pasang kabel digunakan untuk link operasional atau working link dan sepasang lainnya digunakan sebagai link cadangan atau disebut dengan protection link. Sehingga total saat ini kapasitas transmisi dari medan – pekanbaru dengan kedua lajur tersebut adalah 2 x STM-64.

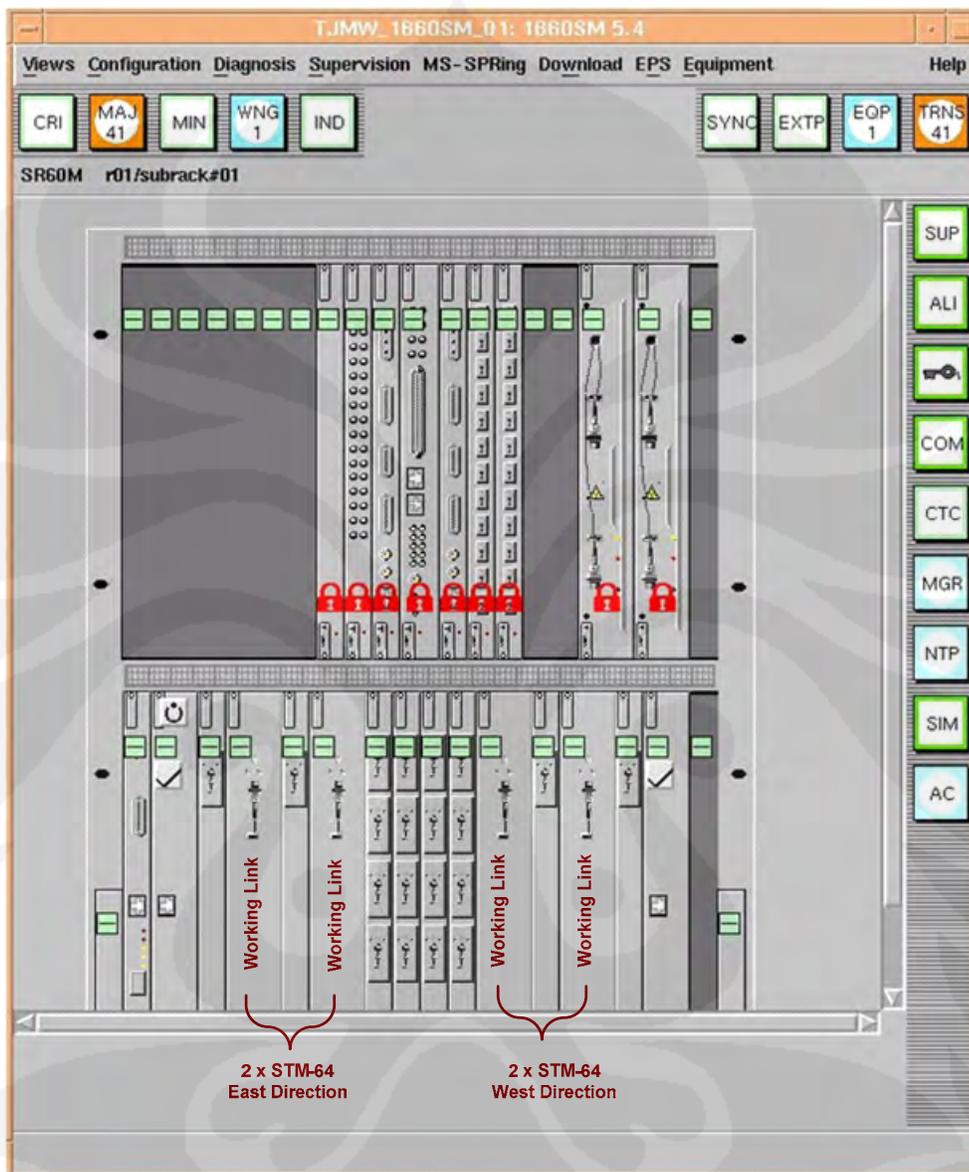
Agar dapat terjadi proteksi link MSP 1+1 dengan 2 media transmisi diantara 2 buah mux ADM, maka pada perangkat dipasang 2 buah modul interface STM-64. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari 2 hal kemungkinan terburuk yang terjadi, yaitu ketika salah satu link MSP tersebut mengalami kegagalan atau pun ketika modul STM-64 yang mengalami kerusakan, maka sistem proteksi MSP 1+1 tetap berjalan dan menyelamatkan traffic yang melewatinya. **Gambar 4.1** konfigurasi pada perangkat ADM 1660SM yang menunjukkan konfigurasi dari Modul dan link proteksi. Dengan konfigurasi ini, telah tersedia 2 buah media transmisi optik dan 2 buah modul processing STM-64 untuk kedua media transmisi tersebut dalam satu arah.



Gambar 4.1 Konfigurasi Perangkat Mux dan link Proteksi MSP 1+1

Jaringan transmisi medan – pekanbaru dapat dimaksimalkan menjadi 4 x STM-64 tanpa proteksi, dimana masing-masing lajur padang dan dumai, setiap module STM-64 dan media transmisinya akan membawa trafik STM-64 yang berbeda. Dengan demikian, sistem proteksi link MSP 1+1 yang saat ini dipakai akan menjadi MSP 1+0 (tanpa link proteksi), karena kedua link transmisi dan modul STM-64 saat ini telah membawa dan memproses trafik STM-64 yang berbeda. Dengan konfigurasi ini kapasitas transmisi dapat meningkat 2 kali dari

kapasitas transmisi sebelumnya. Gambar 4.2 menunjukkan perubahan sistem proteksi dalam perangkat Mux ADM 1660SM.



Gambar 4.2 Konfigurasi Perangkat Mux tanpa proteksi

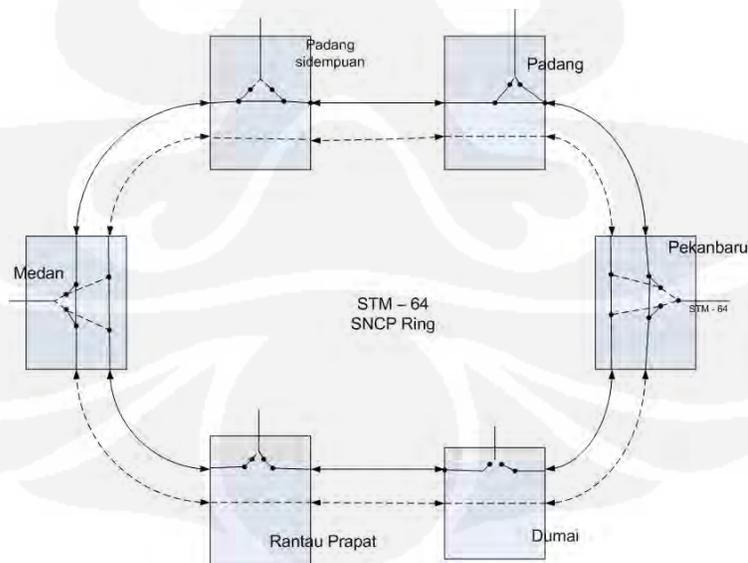
Dengan menggunakan sistem konfigurasi seperti ini, hal yang terpenting adalah mekanisme proteksi yang akan digunakan ketika terjadi gangguan pada link. Hal ini menjadi sangat penting karena berhubungan dengan restorasi trafik ketika gangguan terjadi, mengingat restorasi STM-64 membutuhkan *resource* trafik yang besar pada link cadangan. Topologi yang berbentuk ring pada jaringan medan – pekanbaru sebenarnya dapat memberikan solusi dengan menggunakan sistem proteksi MS-SPRING. Tetapi dengan jumlah node Mux ADM yang ada

pada transmisi medan – pekanbaru yang terlalu banyak, tidak memungkinkan untuk membentuk sistem proteksi MS-SPRing.

Sistem proteksi yang ideal untuk optimasi jaringan adalah menggunakan sistem proteksi SNCP (*Subnetwork Connection Protection*), dengan memilih salah satu dari 2 buah lajur transmisi medan – pekanbaru sebagai working link dan lajur lainnya sebagai proteksi link. Dengan menggunakan sistem proteksi SNCP tersebut, maka kapasitas transmisi pada medan – pekanbaru menjadi 2 x STM-64 tetapi dengan proteksi pada trafik yang menyeluruh.

4.2.2 Proteksion dan Restorasi

Proteksi SNCP Ring yang digunakan pada medan – pekanbaru ini menjadikan semua trafik secara menyeluruh terproteksi. Proteksi SNCP merupakan proteksi end-to-end trafik, dan untuk kapasitas 2 x STM-64 pada medan – pekanbaru akan terproteksi dengan lajur yang berbeda. Trafik 1 x STM-64 lajur yang melalui padang akan di proteksi melalui lajur yang melalui dumai dan begitu juga sebaliknya, trafik medan–dumai–pekanbaru kini akan terproteksi oleh lajur medan–padang–pekanbaru. Dengan menerapkan sistem proteksi ini maka restorasi dan survivability jaringan telah dapat diperkirakan, dimana tidak ada layanan yang terganggu ketika terjadi fiber cut pada salah satu lajur yang ada diantara medan - pekanbaru. Gambar 4.3 menunjukkan sistem proteksi SNCP pada jaringan transmisi medan – pekanbaru.



Gambar 4.3 Sistem Proteksi SNCP pada transmisi Medan – Pekanbaru

Dengan demikian, restorasi pada medan – pekanbaru dapat mencapai nilai yang optimal, dimana setiap trafik yang masuk kedalam transmisi medan – pekanbaru akan terproteksi dengan lajur yang berbeda antara working link dan protection linknya. Proteksi pada konfigurasi terdahulu hanya berada pada proteksi link antara kedua Mux ADM saja. Jika terjadi gangguan pada kedua link tersebut maka rerouting dilakukan dengan mengambil resource pada lajur lainnya, karena pengaturan untuk alokasi proteksi pada konfigurasi ini tidak ada. Pengambilan reource pada lajur lain untuk digunakan sebagai proteksi tentunya akan menurunkan kapasitas resource pada lajur tersebut.

Pada jaringan yang telah dioptimasi dengan mengubah menjadi MSP 1+0 dimana setiap 1 x STM-64 disetiap lajur telah disediakan proteksi secara SNC oleh lajur lain maka utilisasi kapasitas STM-64 pada setiap lajurnya dapat dimaksimalkan 100%.

PEKANBARU 1660_01		DUMAI	
Alcatel (12x63E1, 16xSTM-1e, 8xSTM-1o)		ALC DMAI 1660_02	
Agg.	original tributary	Used for	Ch
46		Reserved for Site 2231612 Balam Sempurna	BB ALC DMAI_03-BALM VC4n5_01
47		Protection link : BMDN6A to MMDN	
48		Protection link : BMDN6A to MMDN	
49		Protection link : BMDN6A to MMDN	
50		Protection link : Pb Link BMDN6A Pd Sidempuan to MFS Medan	
51		Protection link : BMDN6B to MMDN	
52		Protection link : BMDN6B to MMDN	
53		Protection link : BMDN6B to MMDN	
54		Protection link : BMDN6B to MMDN	
55		Protection link : Pb Link BMDN6B Pd Sidempuan to MFS Medan	
56		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #1	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_56
57		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #2	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_57
58		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #3	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_58
59		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #4	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_59
60		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #5	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_60
61		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #6	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_61
62		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #7	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_62
63		Prot Link :Add Trunk M GWD201 - BMDN6 (BSC Pd Sidempuan) (Yuyuk, 250108) #8	to BB ALC DMAI-RTPK VC4n6_63

Gambar 4.4 Alokasi proteksi untuk interlink

MSS Medan – BSC Padang Sidempuan pada lajur medan – dumai – pekanbaru

Sebagai contoh seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 diatas ini, pada gambar tersebut menunjukkan bahwa resource pada salah satu VC4 dari lajur medan – dumai – pekanbaru untuk digunakan sebagai proteksi dari interlink trunk antara MSS Medan – BSC6 Padang Sidempuan, proteksi interlink antara SGSN – BSC Padang Sidempuan dan proteksi A-ter interface antara MSC Medan – BSC Padang Sidempuan sebanyak 18 aggregate dimana working linknya menggunakan

lajur medan–padang–pekanbaru. Karena kapasitas 1 buah VC-4 dapat membawa 63 aggregate dengan struktur VC-12, maka penggunaan 18 aggregate sebagai proteksi telah menurunkan utilisasi pada VC-4 tersebut sebesar 28,57% pada lajur medan – Dumai – pekanbaru. Tetapi dengan jaringan yang telah dioptimasi, resource kapasitas 1 x STM-64 untuk lajur yang melalui Dumai tidak akan terganggu, karena terdapat 1 x STM-64 yang secara khusus dialokasikan sebagai proteksi untuk lajur padang secara SNCP sehingga survivability jaringan akan tetap terjaga sesuai dengan targetnya.

4.3 Prakiraan Biaya Optimasi

Hal lain yang sangat penting dipertimbangkan dalam melakukan optimasi adalah biaya. Optimasi dilakukan guna meningkatkan secara fungsional secara maksimal dengan sedikit perubahan pada konfigurasi. Dengan adanya perubahan konfigurasi tentunya akan memakan biaya dalam melakukan optimasi tersebut.

Optimasi pada jaringan transmisi medan – pekanbaru terdiri dari 2 tahap mendasar, yaitu:

- Perubahan sistem proteksi sepanjang jalur medan – pekanbaru dari MSP 1+1 menjadi MSP 1+0.
- Perubahan proteksi SNCP pada trafik yang telah ada dan alokasi proteksi.

Dari kedua tahap tersebut, dapat dilakukan melalui Network Management System (NMS) tanpa harus adanya perubahan pada hardware perangkat ataupun penambahan modul dalam perangkat Mux ADM. Dengan tidak adanya penambahan atau pembelian modul baru, maka optimasi ini dapat dilakukan tanpa harus mengeluarkan biaya. Perubahan sistem proteksi MSP 1+1 menjadi MSP 1+0 artinya melakukan perubahan kapasitas, dimana awalnya trafik 1 x STM-64 dibawa oleh 2 buah media transmisi kabel optik dan 2 buah module processing STM-64 menjadi trafik 2 x STM-64 dimana setiap link transmisi dan modul processing STM-64 kini membawa layanan yang terpisah. Sedangkan salah satu dari link STM-64 tersebut akan digunakan sebagai working dan proteksi link yang akan membackup setiap lajur yang ada, yaitu dimana trafik yang melewati padang akan diproteksi dengan lajur yang melewati Dumai. Dan trafik yang melewati Dumai akan diproteksi dengan lajur yang melewati Padang. Ini merupakan suatu

keuntungan tersendiri, dimana peningkatan kapasitas dan survivability jaringan tercapai dengan menekan biaya operasional.

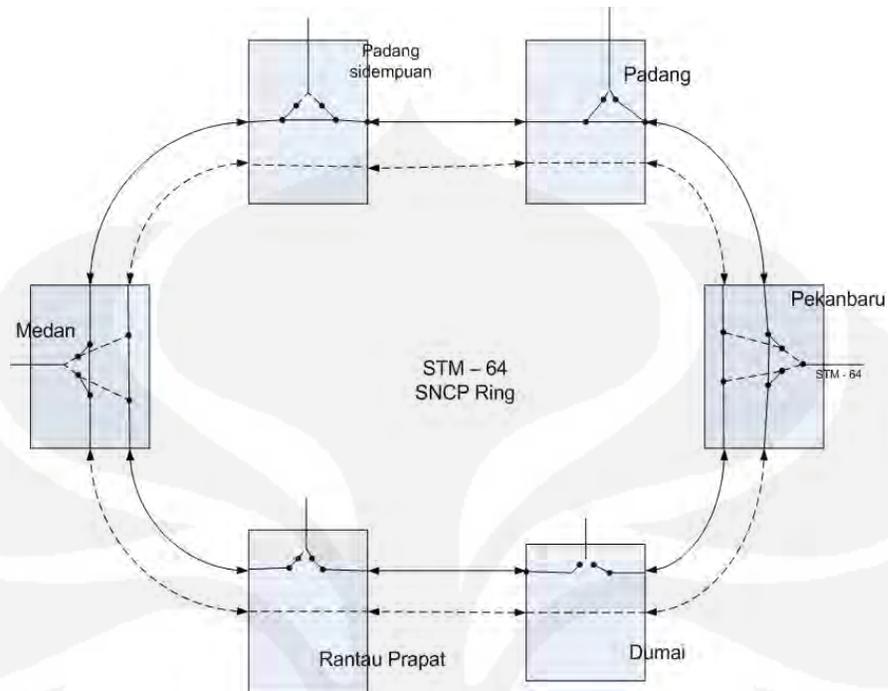
4.4 Konfigurasi yang sesuai dengan kebutuhan masa depan

Konfigurasi yang telah dioptimasi juga harus sesuai dengan permintaan kebutuhan pada masa depan. Permintaan atas kebutuhan trafik yang terus meningkat setiap tahun membutuhkan penambahan teknologi baru dalam jaringan transmisi. Saat ini kebutuhan trafik dengan zero tolerant terhadap gangguan banyak dituntut oleh para pelanggan, baik untuk kebutuhan GSM, UMTS, Leased Line ataupun MPLS. Teknologi DWDM telah banyak diterapkan pada jaringan transmisi SDH, dimana dengan 1 media transmisi dapat membawa sampai 96 kanal trafik 10 Gbps (STM-64). Penambahan teknologi DWDM dapat langsung diterapkan pada jaringan medan – pekanbaru mengingat ada 2 media transmisi kabel optik pada jaringan medan – pekanbaru maka sistem proteksi OSNCP (Optical Subnetwork Connection Protection) dapat juga diterapkan pada jaringan medan – pekanbaru ini.

Selain proteksi dengan OSNCP, teknologi sistem proteksi pada SDH yang lain adalah ASON (*Automatically Switched Optical Network*). Hal yang sangat mendasar dari ASON adalah topologi jaringan harus berbentuk Mesh. Dengan teknologi ASON, maka switching yang terjadi pada perangkat multiplexer terjadi pada layer 2, sehingga dilakukan secara otomatis dengan mencari route yang dapat mencapai tujuan dari trafik yang dibawanya. Karena jaringan medan – pekanbaru masih berbentuk ring, maka penerapan teknologi ASON kurang tepat dilakukan.

4.5 Final desain pada jaringan medan – pekanbaru

Gambar 4.5 menunjukkan desain akhir dari jaringan medan – pekanbaru dimana setiap lajunya memiliki kapasitas 2 x STM-64 yang saling memproteksi secara SNCP ring. Dan simpul proteksinya berada disetiap multiplexer yang melakukan proses add/drop trafik, sedangkan multiplexer yang dilewati oleh trafik proteksi akan dipasthrough sampai ke tujuannya.



Gambar 4.5 Desain akhir jaringan medan – pekanbaru dengan SNCP Ring

Keuntungan dari jaringan yang dioptimasi ini adalah;

- Peningkatan kapasitas pada jaringan medan – pekanbaru, dimana alokasi trafik pada proteksi tidak mengganggu alokasi trafik yang lain. Alokasi trafik proteksi lajur yang melewati dumai telah dedicated disediakan untuk membackup trafik working link yang melewati padang, begitu juga sebaliknya.
- Survivability jaringan meningkat. Selama kedua lajur medan – pekanbaru tidak ada yang terganggu, maka tidak ada service dari medan – pekanbaru yang terkena interupsi ketika salah satu link medan – pekanbaru mengalami gangguan.
- Dapat memberikan layanan baru dengan survivability tinggi sesuai dengan permintaan para pelanggan.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Alasan diperlukannya optimasi

Optimasi jaringan medan-pekanbaru perlu dilakukan mengingat beberapa alasan sebagai berikut:

1. Sistem proteksi MSP 1+1 merupakan proteksi pada link diantara 2 node multiplekser. Dimana terdapat 2 media transmisi yang berkapasitas sama dan membawa trafik yang sama. Salah satu dari media transmisi atau link tersebut bekerja sebagai proteksi (*protection link*) bagi link lainnya yang operasional membawa trafik (*working link*).
2. Pada jaringan transmisi Medan – Pekanbaru terdapat kelemahan dimana lajur dari kabel optik pada *working link* dan *protection link* melewati rute yang sama. Sehingga kemungkinan terputusnya kabel pada *working link* dan *protection link* secara bersamaan semakin besar.
3. Walaupun secara topologi medan – pekanbaru membentuk ring dengan memiliki 2 buah lajur yaitu melalui Padang dan melalui Dumai, tetapi menerapkan sistem proteksi MSSPRing tidak memungkinkan karena jumlah node yang berada pada kedua lajur tersebut melebihi 16 node.
4. Restorasi yang dilakukan secara hardware ketika terjadi fiber cut memerlukan waktu yang cukup lama dimana dalam 3 bulan terakhir (Juli sampai dengan September), rata-rata untuk melakukan restorasi dengan menyambung kabel optik adalah 6,01 jam. Hal ini melebihi dari target dalam *Mean Time To Repair* (MTTR) yang sebesar 4 jam.
5. Restorasi lain dengan menambahkan proteksi pada trafik yang outage ketika terjadi kegagalan transmisi pada kedua link MSP, dilakukan dengan mengambil resource pada lajur lain dari medan – pekanbaru, sehingga mengurangi kapasitas trafik pada lajur tersebut. Restorasi ini dilakukan secara selektif dan berdasarkan prioritas mengingat kapasitas transmisi pada medan-pekanbaru cukup besar yaitu STM-64. Akibatnya proteksi trafik pada jaringan medan – pekanbaru ketika

terjadi fiber cut dimana link MSP 1+1 tidak bekerja menjadi tidak menyeluruh hanya beberapa trafik yang terpilih saja yang akan terselamatkan.

6. Mengingat kegagalan transmisi pada level STM-64 dapat mengakibatkan layanan yang terganggu cukup besar maka harus dilakukan beberapa modifikasi sehingga dapat mengoptimalkan jaringan transmisi medan – pekanbaru.

5.2 Keuntungan dari jaringan yang dioptimasi

Optimalisasi jaringan medan-pekanbaru dilakukan dengan mengubah sistem proteksi menjadi SNCP Ring, dimana memiliki keuntungan sebagai berikut:

1. Sistem proteksi trafik yang menyeluruh karena trafik pada setiap lajur akan diproteksi dengan lajur lainnya.
2. Pada sistem SNCP merupakan proteksi pada level path connection. Proteksi SNC memiliki 2 lajur koneksi path yang berbeda dimana tiap lajurnya tidak harus mempunyai kapasitas transmisi yang sama.
3. Peningkatan utilisasi dari kapasitas pada jaringan medan – pekanbaru, dimana alokasi trafik pada proteksi tidak mengganggu alokasi alokasi trafik yang lain. Alokasi trafik proteksi lajur yang melewati dumai telah secara khusus disediakan untuk membackup trafik working link yang melewati padang, begitu juga sebaliknya.
4. Survivability jaringan meningkat. Selama kedua lajur medan – pekanbaru tidak ada yang terganggu, maka tidak ada service dari medan – pekanbaru yang terkena interupsi ketika salah satu link medan – pekanbaru mengalami gangguan.
5. Peningkatan kapasitas dan survivability jaringan dengan menekan biaya operasional (tanpa mengeluarkan biaya dalam melakukan optimasi) karena optimasi dilakukan tanpa adanya penambahan module atau relokasi dari kabel optik.

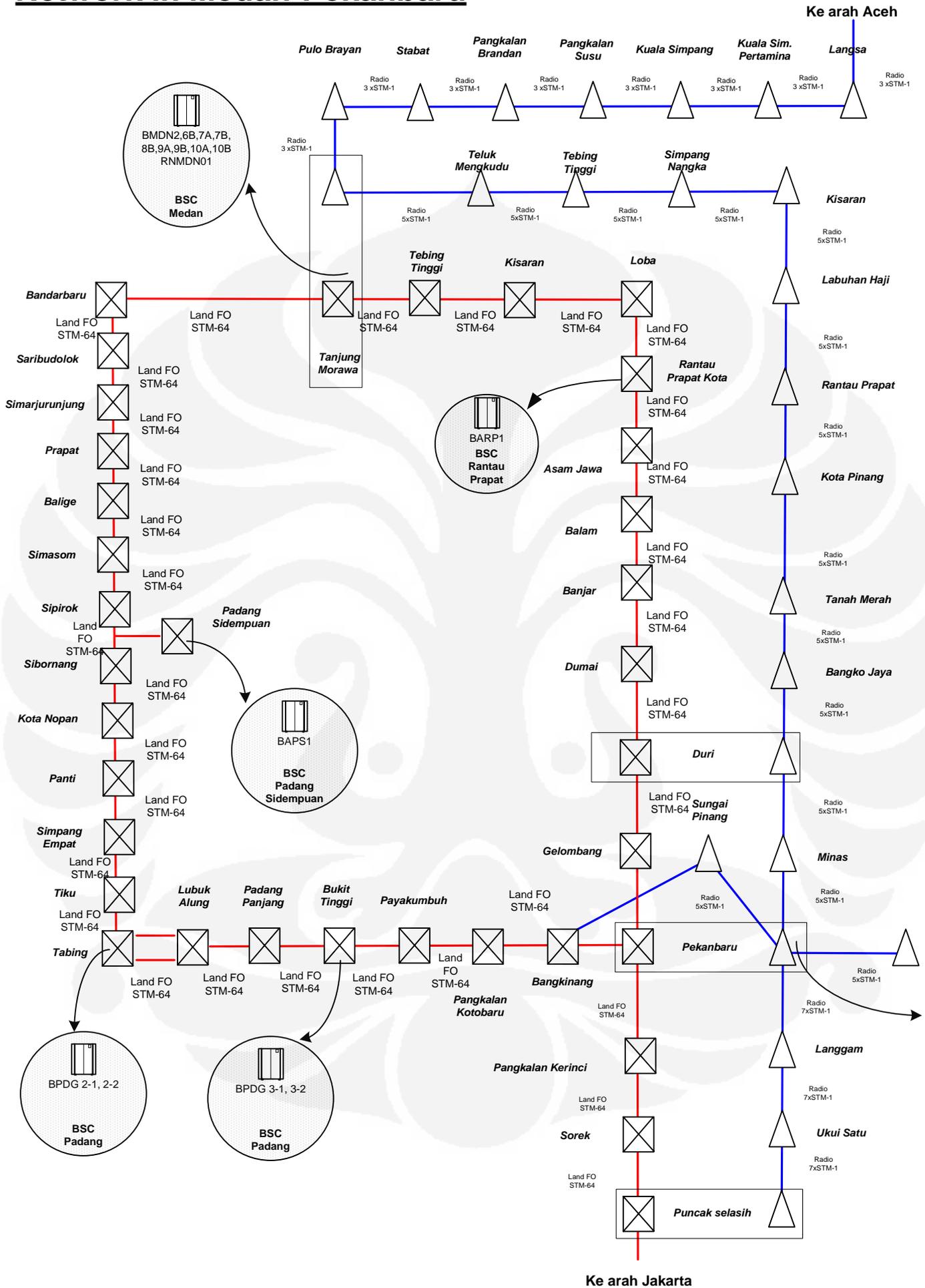
DAFTAR PUSAKA

1. Adhitya Wibawa, Laporan Simulasi Proteksi SDH di PT. Excelcomindo Pratama, Jakarta, 2003
2. Alcatel Lucent, 1354RM Technical Description, China, 2001
3. ITU-T Recommendation G.707, Network node interface for the synchronous digital hierarchy, 1993
4. ITU-T Recommendation G.841, Types and characteristics of SDH network protection architectures, 2000
5. ITU-T Recommendation G.831, Management capabilities of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH), 2000
6. ITU-T Recommendation G.828, Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate synchronous digital paths, 2000
7. ITU-T Recommendation G.829, Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections, 2002
8. ITU-Recommendation G.911, Parameters and calculation methodologies for reliability and availability of fiber optic systems
9. ITU Recommendation G.873, Optical transport Network (OTN): Linear protection, 2006
10. Traffic Engineering, Data Allocation Backbone Sumatra, 2008
11. Alcatel Lucent University, 1660SM and 1660SMC Manual Description, Shanghai, China, 2005
12. Byeong Gi Lee and Woojune Kim, Integrated Broadband Network, TCP/IP, ATM, SONET/SDH and DWDM/Optic, 2002



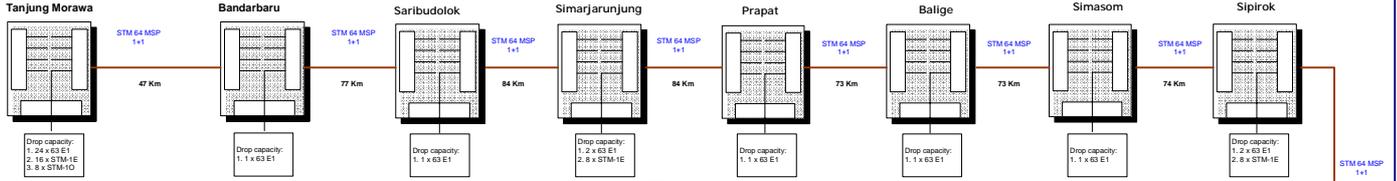
LAMPIRAN

Network in Medan-Pekanbaru

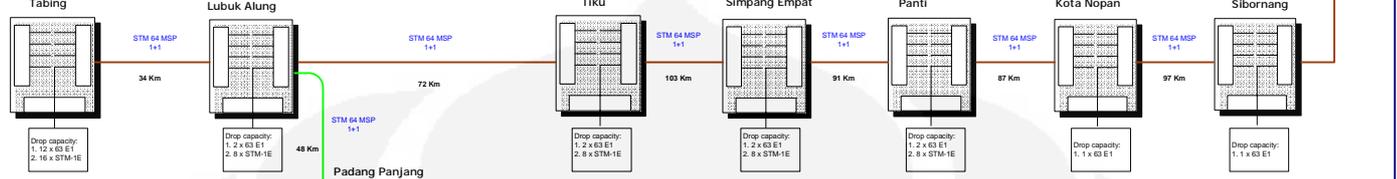


STM-64 Sumatra FO BB Configuration

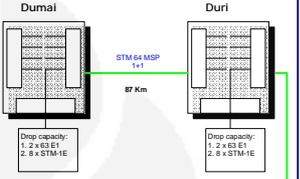
MEDAN



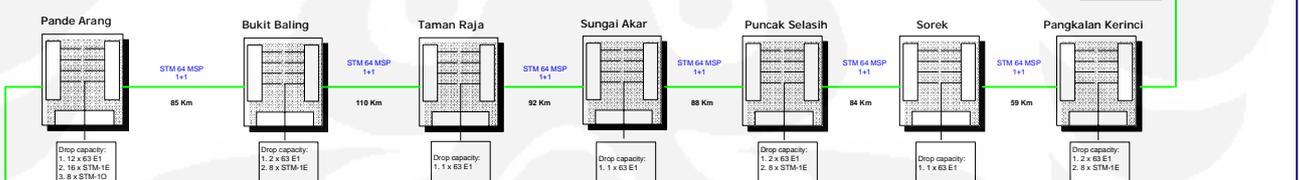
PADANG



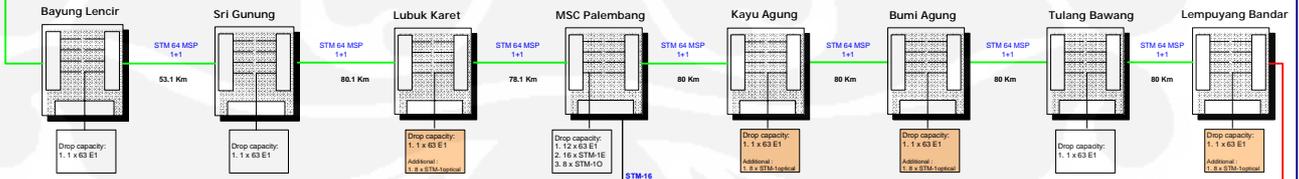
DUMAI



JAMBI



PALEMBANG

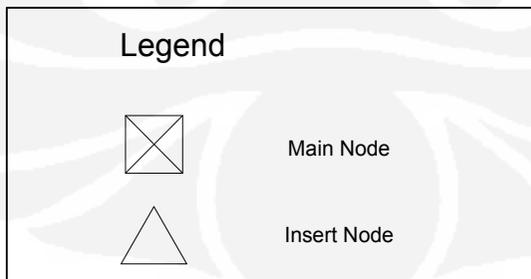
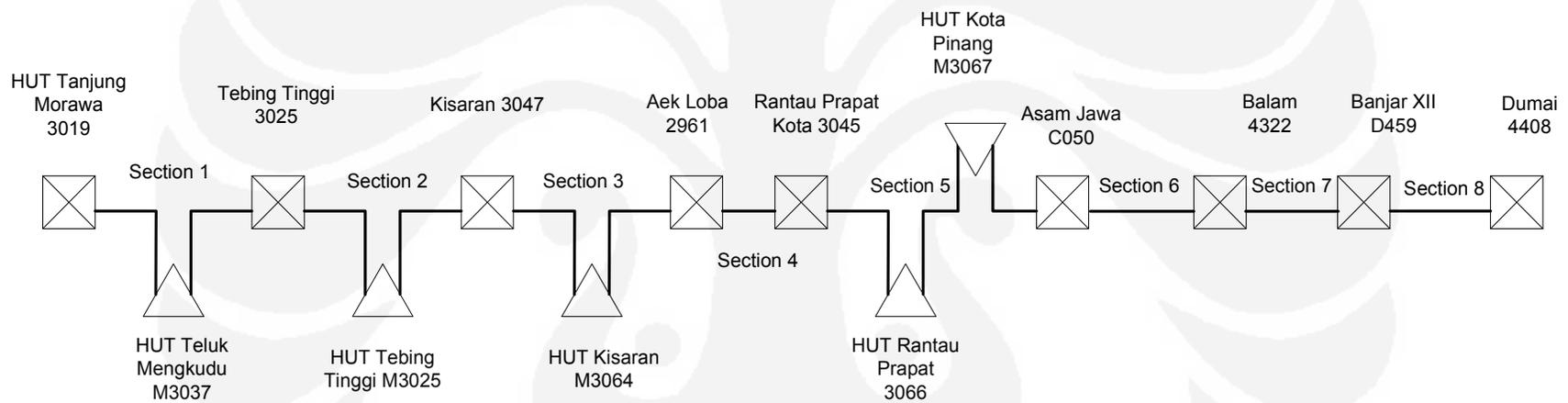


LAMPUNG



Legend :

- CCSI Duct cable with 72F Single Mode Loose Tube
- Fujikura Duct cable with 72F Single Mode 4 Fiber Ribbon
- Sumitomo Duct cable with 72F Single Mode 4 Fiber Ribbon



Schematic Diagram of Medan – Dumai FO Backbone					
DRAWN	Ilham	CHKD		APRVD	
DATE :	October 5, 2007			REV :	01
PT. EXCELCOMINDO PRATAMA					
JL. Mega Kuningan Lot E4-7 No.1, Kawasan Mega Kuningan, Jakarta 12950, Indonesia					