



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA SISTEM PROTEKSI JARINGAN DWDM
JAKARTA – PEKANBARU MENGGUNAKAN SERAT OPTIK**

SKRIPSI

**ELI LAMA SABACHTANI SINAGA
0806365721**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA SISTEM PROTEKSI JARINGAN DWDM
JAKARTA – PEKANBARU MENGGUNAKAN SERAT OPTIK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ELI LAMA SABACHTANI SINAGA
0806365721**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : ELI LAMA SABACHTANI S

NPM : 0806368721

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

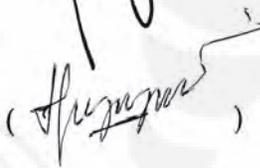
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Eli Lama Sabachtani Sinaga
NPM : 0806365721
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Sistem Proteksi Jaringan DWDM Jakarta-Pekanbaru Menggunakan Serat Optik

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Arifin Djauhari M.T. ()

Penguji : Dr. Ir. Retno Wigajatri P. M.T. ()

Penguji : Filbert Hilman Juwono S.T., M.T. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Desember 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu 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 skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir Arifin Djauhari MT, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini
2. pihak Excelcomindo Axiata, selaku perusahaan yang telah memberikan saya ide dan usaha dalam memperoleh data yang diperlukan
3. orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral
4. sahabat dan kekasih saya yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 22 Desember 2010

Eli Lama Sabachtani S

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Eli Lama Sabachtani Sinaga
NPM : 0806365721
Program Studi : Ekstensi
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

ANALISA SISTEM PROTEKSI JARINGAN DWDM JAKARTA – PEKANBARU MENGGUNAKAN SERAT OPTIK

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : Depok

Pada tanggal : 22 Desember 2010.

Yang menyatakan

(Eli Lama Sabachtani Sinaga)

ABSTRAK

Nama : ELI LAMA SABACHTANI SINAGA
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Judul : ANALISA SISTEM PROTEKSI JARINGAN DWDM
JAKARTA-PEKANBARU MENGGUNAKAN SERAT OPTIK

Skripsi ini membahas penggunaan proteksi untuk lajur Jakarta-Pekanbaru untuk menghindari kemungkinan terburuk akan kegagalan sistem dibutuhkan kehandalan dari sistem proteksi tersebut untuk merestore trafik pada jaringan Jakarta-Pekanbaru. Pemilihan proteksi yang tepat pada jaringan Jakarta-Pekanbaru didasarkan pada distribusi trafik, topologi jaringan dan pertimbangan ekonomis. Ada beberapa macam tipe sistem proteksi pada SDH yang bisa diterapkan pada jaringan DWDM yaitu MSP 1+1 , MSP 1:n, SNCP, dan MS-SPRing. Pada prinsipnya, sistem proteksi ini bekerja dengan cara menyediakan atau mengambil beberapa kapasitas di jaringan yang akan dialokasikan sebagai kapasitas di kanal cadangan.

Kata kunci:

Proteksi, SDH,DWDM, MSP 1+1,MSP1:n,SNCP,MS-SPRing

ABSTRACT

Name : ELI LAMA SABACHTANI SINAGA
Study Program: TECHNIC ELECTRO
Title : DWDM JAKARTA-PEKANBARU NETWORK PROTECTION
SYSTEM ANALYZE USING FIBER OPTIC

This study discuss the protection of Jakarta-Pekanbaru network that can prevent from the system failure, this study also explain about the use of the protection system to restore traffic in Jakarta- Pekanbaru network. The process to find the right system protection is based on the traffic distribution, network topology, and also economic consideration. There are many kind of system protection in SDH that can be implemented in DWDM network, which are MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP, and MS-Spring. Thus In principal, this protection system works by providing or getting network capacity which will be allocated as the capacity of substitute channel.

Key words:

Proteksi, SDH,DWDM, MSP 1+1,MSP1:n,SNCP,MS-SPRing

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Teknologi Transmisi	4
2.2 Konsep Transmisi Digital SDH.....	4
2.2.1 Struktur Multiplexing.....	7
2.2.2 Struktur Frame.....	7
2.3 Komponen Dasar Frame SDH.....	8
2.3.1 Container	9
2.3.2 Virtual Container (VCn).....	9
2.3.2.1 Lower Order Virtual Container	9
2.3.2.2 High Order Virtual Container.....	9
2.3.3 Tributary Unit (TU-n).....	10

2.3.4 Tributary Unit Group (TUG-n)	10
2.3.5 Administrative Unit (AU-n)	10
2.3.6 Administrative Unit Group (AUG-n)	10
2.3.7 Synchronous Transport Module (STM-N)	10
2.4 Arsitektur Jaringan Transmisi SDH	11
2.4.1 Topologi Bus	11
2.4.2 Topologi Ring	12
2.4.3 Topologi Star	12
2.4.4 Topologi Mesh	12
2.5 Sistem Proteksi pada SDH	13
2.5.1 MSP	14
2.5.1.1 MSP 1+1	14
2.5.1.2 MSP 1:N	14
2.5.2 MSP Protokol	15
2.5.3 SNCP	20
2.5.4 MS-SPRing	21
2.5.4.1 MS-SPRing dengan dua serat	24
2.6 Wavelength Division Multiplexing	27
2.6.1 Struktur Multiplexing WDM	28
2.6.2 Struktur Frame WDM	30
2.7 Topologi Jaringan Transmisi WDM	31
2.7.1 Jaringan antar simpul	31
2.7.2 Jaringan linier sisip multiplex	32
2.7.3 Jaringan Ring	33
BAB III. JARINGAN DWDM TRANSMISI OPTIK JAKARTA-PEKANBARU	34
3.1 Topologi dan Konfigurasi Jaringan Jakarta-Pekanbaru	34
3.2 Kapasitas Jaringan Jakarta-Pekanbaru	41
3.3 Survivability Jaringan Jakarta-Pekanbaru	42
3.4 Restorasi Jaringan Jakarta-Pekanbaru	48
3.5 Kelemahan Jaringan Jakarta-Pekanbaru	51

3.6	Pertimbangan Optimasi Jaringan Jakarta-Pekanbaru	52
-----	--	----

BAB IV. ANALISA KONFIGURASI TRANSMISI DWDM		
JAKARTA-PEKANBARU.....		54
4.1	Perencanaan Optimasi	56
4.2	Optimasi Konfigurasi Jaringan Jakarta-Pekanbaru.....	56
4.2.1	Perubahan Konfigurasi Jaringan.....	56
4.2.2	Skema Proteksi dan Restorasi.....	58
4.3	Perkiraan Biaya Optimasi.....	61
4.4	Desain Akhir Konfigurasi Jaringan Jakarta-Pekanbaru.....	63
BAB V. KESIMPULAN.....		64
DAFTAR REFERENSI.....		65
LAMPIRAN.....		66

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Arsitektur Layer SDH	5
Gambar 2.2	Struktur Multiplexing SDH	7
Gambar 2.3	Struktur Frame STM-1	8
Gambar 2.4	Topologi Jaringan SDH	11
Gambar 2.5	Proteksi MSP 1+1	14
Gambar 2.6	Proteksi MSP 1:N	15
Gambar 2.7	Jenis-jenis protection switch saat failure	18
Gambar 2.7a	Kondisi failure pada salah satu kabel	18
Gambar 2.7b	Unidirectional switching	10
Gambar 2.7c	Bidirectional switching	11
Gambar 2.8	Proteksi SNCP	11
Gambar 2.8a	Kondisi normal, transmit broadcast, receiver memilih traffic dari working	21
Gambar 2.8b	Failure pada working link, receiver memilih dari proteksi link	21
Gambar 2.9	Konfigurasi MS-SPRing	25
Gambar 2.10	MS-SPRing switching proses	27
Gambar 2.11	Struktur Multiplexing	29
Gambar 2.12	Struktur Frame OTN pada WDM	30
Gambar 2.13	Struktur Layer pada WDM	31
Gambar 2.14	Topologi antar simpul ADM	32
Gambar 2.15	Topologi linier sisip multiplex	33
Gambar 2.16	Topologi jaringan ring ADM	33
Gambar 3.1	Konfigurasi jaringan tulang punggung Sumatra	35
Gambar 3.2	Total waktu restorasi lajur inland	48
Gambar 3.3	Total waktu restorasi lajur submarine	49
Gambar 3.4	Flowchart restorasi trafik	50
Gambar 4.1	Konfigurasi perangkat muxproteksi MSP 1+1	51
Gambar 4.2	Konfigurasi perangkat mux tanpa proteksi	51
Gambar 4.3	Subnet Submarine Marconi DWDM Jakarta-Mentigi	59
Gambar 4.4	Mux Alcatel over DWDM inland Marconi Kalianda-Dumai	60
Gambar 4.5	Mux Alcatel over DWDM inland Marconi	60
Gambar 4.6	Subnet 7 Ring DWDM Anyer-Jakarta	61
Gambar 4.7	Desain akhir Jaringan Jakarta-Pekanbaru	63

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Jenis Container.....	9
Tabel 2.2	Fungsi byte K1 bit 1-4í í í í í í í í í í í í í .	16
Tabel 2.3	Fungsi byte K1 bit 5-8.....	17
Tabel 2.4	Fungsi byte K2 bit 1-4.....	17
Tabel 2.5	Prioritas dari request pada SNCPí í í í í í í í í í	22
Tabel 3.1	Data detail sistem proteksi alcatel Sumatra.....	37
Tabel 3.2	Data detail sistem proteksi maconi Sumatra.....	39
Tabel 3.3	Kapasitas jaringan Jakarta-Pekanbaruí í í í í í í í í .	41
Tabel 3.4	Historical data fiber failure inland SDH dan DWDM Jakarta-Pekanbaru.....	43
Tabel 3.5	Historical fiber failure pada lajur DWDM submarine Jakarta-Pekanbaru.....	47

DAFTAR SINGKATAN

DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
OADM	Optical Add Drop Multiplexing
ADM	Add Drop Multiplexing
SNCP	Subnetwork Connection Protection
OSNCP	Optical Subnetwork Connection Protection
MSP	Multiplex Section Protection
WDM	Wavelength Division Multiplexing
PDH	Plesichronous Digital Hierarchy

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi data yang sangat pesat menuntut diperlukannya suatu sarana komunikasi yang memiliki tingkat kehandalan serta reabilitas yang tinggi. Sarana komunikasi yang dibutuhkan tersebut tidak hanya harus dapat memenuhi kebutuhan layanan yang berlaku saat ini, namun juga dapat diorientasikan untuk memenuhi kebutuhan layanan di masa mendatang. Untuk itu diperlukan suatu jaringan yang memiliki kapasitas untuk menampung bandwidth yang besar serta didukung oleh faktor performansi dan fleksibilitas yang baik.

Jaringan Fiber Optik merupakan jaringan yang dipercaya mampu menangani masalah tersebut. Kedua teknologi yang berkembang dewasa ini yang memiliki kapasitas besar serta standardisasi yang baik ialah *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) dan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Kemampuan *delivery bandwidth* kedua teknologi ini mampu menampung kapasitas transmisi yang besar, SDH mencapai STM-64 (10 Gbps) dan DWDM $n \times 2,5$ Gbps atau $n \times 10$ Gbps (dimana n adalah jumlah panjang gelombang).

Namun kemampuan transmisi yang besar ini diikuti pula dengan resiko hilangnya informasi yang cukup besar ketika terjadi kegagalan pada proses transmisi. Hal ini tentu tidak dikehendaki mengingat terjadinya kegagalan berarti menyebabkan hilangnya pendapatan dan kesempatan. Oleh karena itu, diperlukan jaringan transmisi yang memiliki kehandalan tinggi dengan menerapkan fault management sistem yang baik.

Dalam perancangan jaringan transmisi SDH dan DWDM haruslah memperhitungkan kemungkinan terburuk akan kegagalan sistem tersebut sehingga dibutuhkan kehandalan dalam sistem proteksi pada kedua jaringan ini untuk menghindari kemungkinan terburuk tersebut. Jaringan SDH dan DWDM memiliki sistem proteksi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan trafik, topologi jaringan dan faktor pertimbangan ekonomis.

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

Ada beberapa macam tipe sistem proteksi pada SDH dan DWDM yang digunakan yaitu seperti MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP, MS-SPRing dan OSNCP. Pada prinsipnya sistem proteksi ini menyediakan atau mengambil beberapa kapasitas jaringan yang akan dialokasikan sebagai kapasitas di kanal cadangan.

1.2 Pokok Masalah

Pokok permasalahan yang timbul adalah survivability jaringan inland pada MSP 1+1 ketika terjadi gangguan pada link transmisi tidak memenuhi target yang diinginkan karena gelar kabel optik sebagai media transmisi dari kedua link MSP tersebut melewati rute yang sama. Pada jaringan *submarine* memang cukup jarang mengalami gangguan fiber optik (yang umumnya karena fiber cut), walaupun lajur ini diproteksi secara *path* dengan SNCP dan *section* dengan O-SNCP (Jakarta-Pademangan dan Kuala tungkal-Pematang lumut) namun survivability jaringan ini dapat terganggu juga karena lajur main dan proteksi melewati rute kabel optik yang sama.

1.3 Tujuan Penelitian

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisa sistem proteksi yang dipakai oleh operator telekomunikasi Excelcomindo Axiata pada jaringan transmisi optik lajur Jakarta-Pekanbaru.

1.4 Batasan Masalah

Ada berbagai macam sistem proteksi yang digunakan dalam jaringan SDH, seperti MSP 1+1, MSP 1:n, SNCP, dan MS-SPRing. Pada skripsi ini akan dibahas mengenai sistem proteksi MSP 1+1 yang telah dipakai oleh jaringan SDH pada lajur Jakarta-Pekanbaru dan sistem proteksi SNCP Ring yang telah

digunakan pada jaringan DWDM pada lajur Jakarta-Mentigi-Pekanbaru (*submarine*).

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan ini akan dibagi dalam 5 Bab, di mana masing-masing bab akan menjelaskan sebagai berikut :

- BAB I Pendahuluan
Menjelaskan tentang Latar Belakang, Pokok Masalah, Batasan Masalah, Metodologi Penulisan, dan Sistematika Penulisan.
- BAB II Landasan Teori
Menjelaskan landasan teori mengenai teknologi SDH sebagai client dan teori WDM yang mendukung sistem DWDM.
- BAB III Konfigurasi Jaringan Jakarta - Pekanbaru
Menjelaskan secara detail tentang konfigurasi jaringan dan sistem proteksi pada jaringan SDH yang sudah dipakai di Excelcomindo Axiata
- BAB IV Analisa Konfigurasi Sistem Proteksi DWDM Jakarta - Pekanbaru
Menjelaskan mengenai proteksi jaringan DWDM secara detail yang telah dipakai pada lajur Jakarta ó Pekanbaru (*inland* dan *submarine*), dan menjelaskan pemakaian proteksi yang tepat sesuai dengan kebutuhan sekarang.
- BAB V Penutup
Berisi kesimpulan berdasarkan dari hasil analisis dan penulisan tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teknologi Transmisi

Kebutuhan akan layanan informasi semakin meningkat dan beragam sesuai dengan keinginan pelanggan. Untuk melayani bermacam layanan dengan bandwidth yang bervariasi, dibutuhkan suatu system transmisi yang memiliki kapasitas dan kualitas yang tinggi. Media fisik yang mampu menampung bandwidth yang tinggi adalah serat optik.

Sistem transmisi yang sekarang masih mendominasi adalah sistem SDH mulai dari STM-1 (155 Mbps) sampai STM 64 (10Gbps). Kebutuhan bandwidth untuk system transmisi yang akan datang akan sangat tinggi, sedangkan pengembangan teknologi TDM masih terbatas. Teknologi TDM yang ada sekarang belum mampu memenuhi kebutuhan hingga diatas 10 Gbps. Dibutuhkan suatu teknik multiplexing yang memungkinkan untuk mentransmisikan beberapa sinyal optik SDH kedalam sebuah serat optik. Teknologi inilah yang dikenal dengan Wavelength Division Multiplexing (WDM).

Teknologi WDM ini berkembang lagi, sinyal optik di multiplexing, diperbanyak jumlahnya yang kemudian dikenal dengan sebutan Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM). Sinyal-sinyal yang dimultiplex ini memiliki panjang gelombang pada jendela sekitar 1550 nm. Dengan spasi kanal yang sempit maka akan mampu memultiplex sinyal pada 80 sampai 160 panjang gelombang.

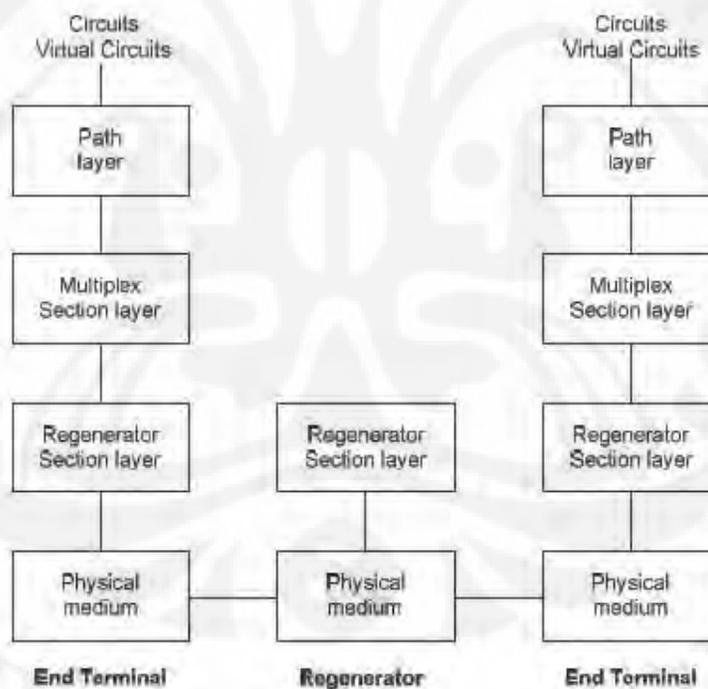
2.2 Konsep Transmisi Digital SDH

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 *ölayer networkö* pada dunia telekomunikasi.

Dengan adanya konsep *layering* pada transmisi digital, maka keseluruhan fungsi transmisi akan dibagi-bagi menjadi beberapa fungsi disetiap *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 disetiap *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** menunjukan secara berurutan *layer* arsitektur dari SDH.



Gambar 2.1 Arsitektur Layer SDH

Pada umumnya sistem multiplexing yang dipergunakan pada sistem transmisi digital adalah sistem TDM (*Time Division Multiplexing*). Dimana bagian terminal pengirim, beberapa sinyal informasi dalam bentuk sinyal digital yang

datang pada waktu yang tidak bersamaan akan dikirimkan melalui satu saluran transmisi. Sedangkan pada bagian penerima, sinyal digital multiplexing dalam kawasan kurun waktu tersebut akan dilakukan proses demultiplexing. Sinyal digital multiplexing dibagi-bagi menjadi sinyal digital yang asli dalam kawasan waktu semula kembali.

Kesulitan multiplexing dengan menggunakan sistem multiplexing TDM dan sistem transmisi digital PDH pada kecepatan bit (*bit rate*) transmisi mencapai orde Gbps adalah dalam hal waktu yang diperlukan untuk melakukan proses multiplexing ó demultiplexing. Dimana waktu proses multiplexing ó demultiplexing yang dibutuhkan relatif lebih lama. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya penyumbatan (*bottleneck*) pada ujung saluran input peralatan multiplexer dan saluran keluaran peralatan demultiplexer.

Secara historis SDH merupakan standar untuk transmisi digital serat optik. Pada tahun 1987 SONET (*Synchronous Optikal Network*) mengajukan sistem SDH untuk standarisasi ke CCITT sebagai usulan standar internasional, dengan pertimbangan masalah yang ada saat ini yaitu perbedaan standar *bit rate* gaya Amerika, Jepang dan Eropa. SDH ini mempunyai standar bit rate 155, 520 Mbps atau biasa disebut STM-1. STM 1 *frame* adalah merupakan *basic frame* dari SDH, yang kemudian berturut-turut bisa dijadikan STM-4, STM-16 atau STM-64. Empat dasar kecepatan transmisi (*bit rate*) di dalam SDH adalah sebagai berikut :

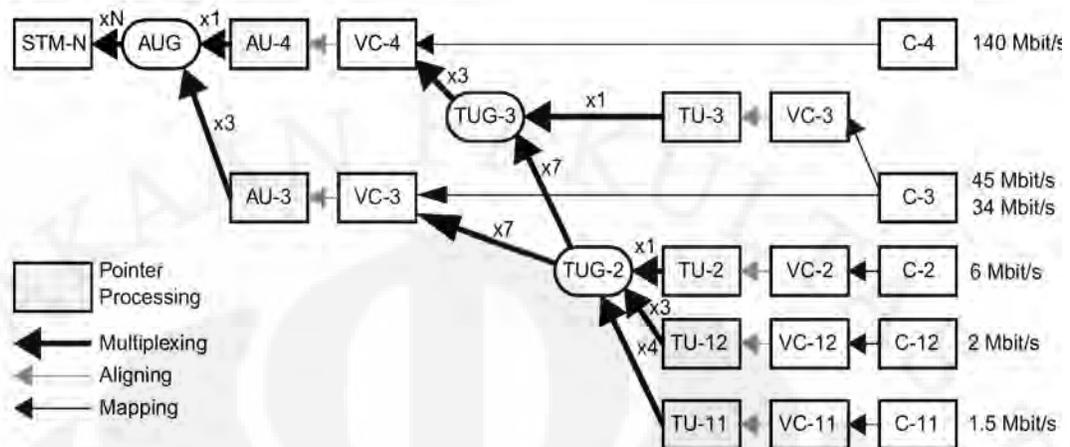
STM 1 : 155 Mbps
STM 4 : 622 Mbps
STM 16 : 2,5 Gbps .
STM 64 : 10 Gbps

Dalam perencanaan sistem jaringan transmisi SDH perlu sekali memahami struktur sinyal SDH, sehingga suatu sistem yang direncanakan dapat bekerja secara optimal dan efisien.

2.2.1 Struktur multiplexing

Konsep bagaimana sinyal PDH dipetakan kedalam frame STM direkomendasi oleh ITU-T. **Gambar 2.2** menggambarkan konsep pemetaan

sinyal PDH kedalam STM-N, yaitu proses pembentukan sinyal SDH.

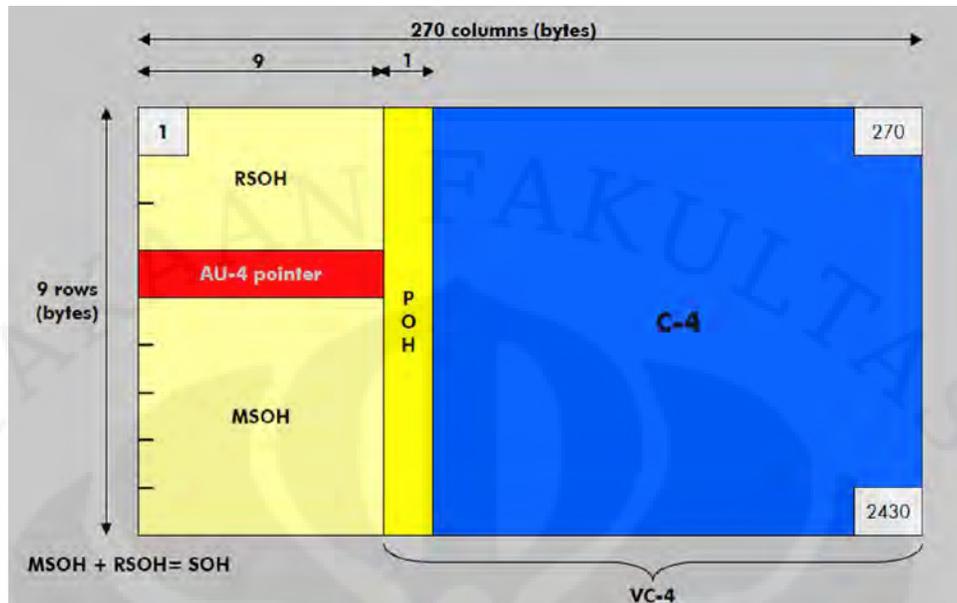


Gambar 2.2 Struktur multiplexing SDH

STM-N payload berisi N-buah AUG, dimana setiap AUG berisikan satu buah C-4 atau tiga buah AU-3. Sedangkan AU-4 berisi VC-4 dimana VC-4 berisikan sebuah C-4.

2.2.2 Struktur Frame

Struktur frame dasar SDH adalah tingkat STM-1 (*Synchronous Transport Module tingkat 1*) dengan bit rate 155.52 Mbps. Struktur frame ini terdiri dari tiga bagian yaitu *overhead*, *pointer* dan *payload*. Frame STM-1 ini ditunjukkan pada Gambar 2.2, yang terdiri dari sinyal informasi sebanyak 9 baris dengan 270 kolom. Masing-masing kolom terdiri dari 1 *byte* (8bit) dimana 9 kolom pertama pada baris 1 terdiri dari FAS (*Frame Alignment Sinyal*) yang berfungsi sebagai sinyal sinkronisasi dan sinyal petunjuk awal daripada sinyal *frame* STM-1. Pada 261 kolom berikutnya pada baris 1 dipergunakan sebagai *payload* atau *customer information*



Gambar 2.3 Struktur Frame STM-1

Dan pada 9 kolom pertama pada baris ke-2 dan 3 terdiri dari RSOH (*Regenerator Section Overhead*) yang berfungsi sebagai sinyal komunikasi dengan beberapa perangkat pengulang atau regerator line yang letaknya diantara terminal multiplekser. Untuk 261 kolom berikutnya di baris 2 dan 3 dipergunakan sebagai *payload*.

Pada 9 kolom pertama dari baris ke-4 terdiri dari AU (*Administrative Unit*) Pointer yang berfungsi untuk mengidentifikasi letak *byte* pertama daripada *payload*. Dan 261 kolom berikutnya pada baris ke-4 dipergunakan sebagai *payload*.

Pada 9 kolom pertama pada baris 5 sampai 9 terdiri dari MSOH (*Multiplexer Section Overhead*) yang berfungsi sebagai sinyal komunikasi antar peralatan multiplekser di terminal. Dan kolom berikutnya pada baris 5 sampai 9 dipergunakan sebagai *payload*.

2.3 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.

2.3.1 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 ini 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

2.3.2 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 :

2.3.2.1 Lower Order Virtual Container: LO VC-n (n=1,2,3)

Komponen ini terdiri atas sebuah container-n (n=1,2,3) dengan lower Order 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).

2.3.2.2 High Order Virtual 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 sesuai dengan level High Order ini.

2.3.3 Tributary Unit (TU-n)

TU merupakan struktur informasi yang menyediakan adaptasi antara LO-VC dengan HO-VC. Untuk menggabungkan LO-VC kedalam HO-VC di perlukan 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).

2.3.4 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.

2.3.5 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 x AU ó 4 atau 3 x AU ó 3. Penempatan VC - 3 bisa langsung kedalam payload STM-1 dengan melalui AU ó 3 atau secara tidak langsung melalui AU ó 4, dimana 3 buah VC ó 3 dimapping kedalam VC-4.

2.3.6 Administrative Unit Group (AUG-n)

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 x AU ó 4 ataupun 3 x AU ó 3.

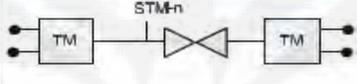
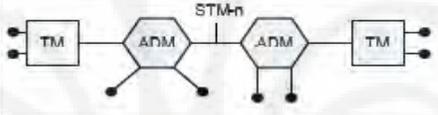
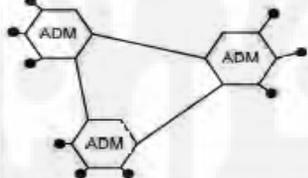
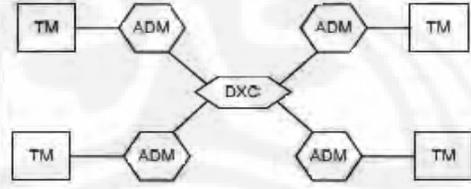
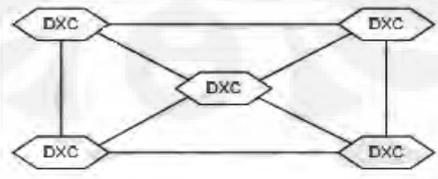
2.3.7 Synchronous Transport Module (STM – N)

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.

2.4 Arsitektur Jaringan Transmisi SDH

Ada beberapa topologi jaringan yang biasa digunakan dalam SDH, disini akan dijelaskan beberapa tipe topologi yang biasa di pakai (dan banyak digunakan pada PT. Excelcomindo Axiata) dalam sistem SDH dan penjelasan singkat mengenai topologi jaringan tersebut. Berikut topologi jaringan yang umumnya dipakai dapat dilihat pada gambar

TOPOLOGI JARINGAN		Network Element
BUS		Terminal Multiplexer (TM) dan Regenerator (REG)
		
Ring		Add/Drop Multiplexer (ADM)
Star		Digital Cross Connection (DXC)
Mesh		

Gambar 2.4 Topologi Jaringan SDH

2.4.1 Topologi Bus

Topologi Bus umumnya digunakan bila demand yang ada pada suatu

daerah merata, sifat ó sifatnya:

- Pusat dapat diletakan pada salah satu tempat
- Biaya jaringan minimum
- Tidak memiliki back up atau route alternatif
- Serta, pemasangan (installasi) yang relatif cepat.

2.4.2 Topologi Ring

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

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

2.4.3 Topologi Star

Pada topologi star terdapat suatu sentral yang bersifat sebagai sentral utama, semua sentral lainnya akan terhubung ke sentral utama, sifat ó 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 efesiensi saluran yang tinggi.

2.4.4 Topologi Mesh

Topologi mesh melibatkan banyak network element atau sentral yang saling terhubung, sifat ó 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 efesiensi saluran lebih rendah dibandingkan topologi star.

Penggunaan dari berbagai macam topologi jaringan itu dipilih sesuai dengan keadaan dan faktor ó 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 trafik pada topologi ini dapat disesuaikan atau diatur secara terus menerus. Selain dari segi fleksibilitasnya secara konfigurasi topologi ring juga mempunyai keuntungan lain, yaitu kehandalan atau *survivability* jaringan dan efisiensi biaya.

2.5 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 0 bit yang diterima, maupun kerusakan pada module 0 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 yang nantinya akan memaksimalkan pendapat yang akan diterima oleh penyedia jasa jaringan.

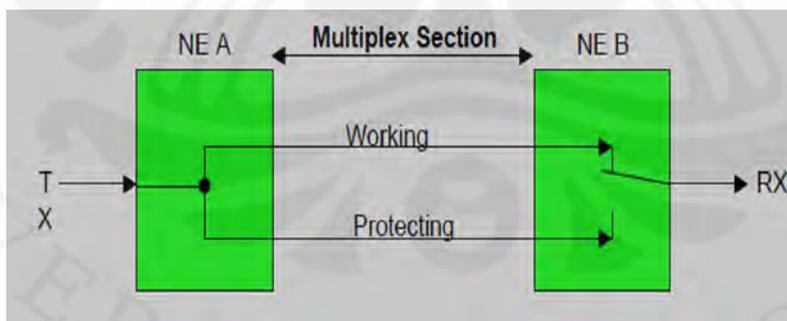
Skema proteksi pada sistem SDH ada bermacam 0 macam, yang umum dipakai pada PT. Excelcomindo Pratama selaku penyedia jasa jaringan berbasis media transmisi serat optik adalah MSP 1+1, MSP 1:n, MS-SPRing dan SNCP sebagai sistem proteksi transmisi pada jaringan tulang punggung. Selain itu, terdapat juga proteksi pada module processing dari perangkat SDH. Setiap macam proteksi link tersebut mempunyai karakteristik, mekanisme, kelebihan dan penggunaan yang berbeda 0 beda sesuai dengan topologi jaringan yang digunakan.

2.5.1 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.

2.5.1.1 MSP 1+1

Pada MSP 1+1 berarti satu kanal digunakan sebagai operational (*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*). 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. Perhatikan gambar 2.5 dibawah ini.

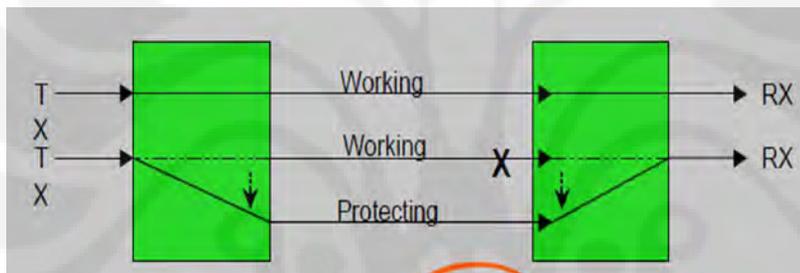


Gambar 2.5 Proteksi MSP 1+1

2.5.1.2 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 channelnya. Berikut gambar 2.5 dibawah ini menunjukkan skema MSP 1:n.



Gambar 2.6 Proteksi MSP 1:n

2.5.2 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 ó 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 ó byte MSP akan dianggap valid bila bagian penerima menerima indikasi APS pada byte ó 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 ó 4 pada byte K1 merupakan indikasi dari jenis permintaan dalam proses switching, jenis permintaan atau request ini dapat berupa:

Penyataan 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.

Pernyataan status dari MSP, misalkan wait-to-restore, do not revert, no request.

Permintaan dari luar (external request), misalkan lockout protection, force atau manual switch dan exercise.

Sedangkan pada bit 5 ó 8 pada byte K1 menunjukkan nomor kanal dari trafik yang meminta untuk melakukan proses switching.

Tabel 2.2 Fungsi byte K1 bit 1-4

Bit 1234	Kondisi,status atau external request	Order (note1)
1111	Locked out protection (note 2)	Highest
1110	Force switch	.
1101	Signal fail high priority	.
1100	Signal fail low priority	.
1011	Signal faildegrade high priority	.
1010	Signal faildegrade low priority	.
1001	Unused (note 3)	.
1000	Manual switch	.
0111	Unused (note 3)	.
0110	Wait-to-restore	.
0101	Unused (note 3)	.
0100	Exercise	.
0011	Unused (note 3)	.
0010	Revert request	.
0001	Do not revert	.
0000	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 proeksi.

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 2.3 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 ó 4 pada byte K2 digunakan untuk nomor kanal trafik.

Tabel 2.4 Fungsi byte K2 bit 1-4

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.

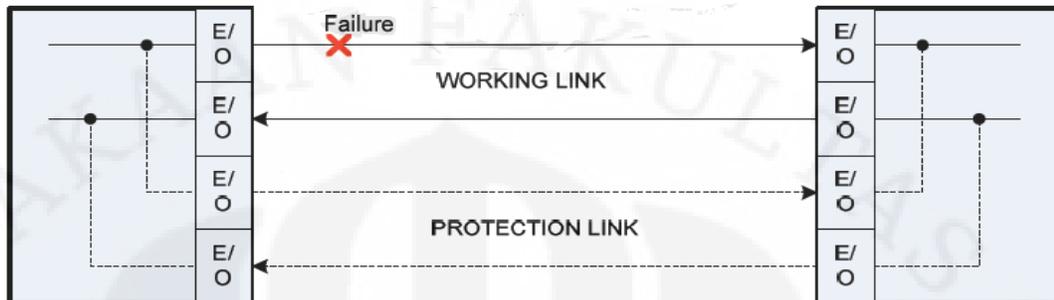
Bit ke-5 pada byte K2 digunakan sebagai indikasi dari arsitektur MSP yang digunakan, jika bit ke-5 pada K2 bernilai:

0 berarti arsitektur yang digunakan adalah MSP 1+1

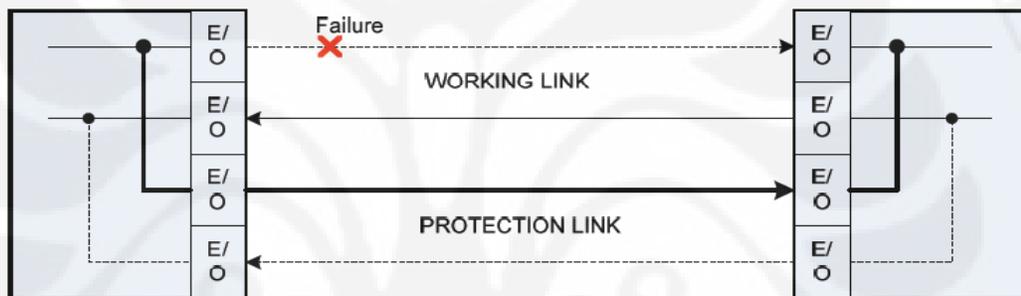
1 berarti arsitektur yang digunakan adalah MSP 1:n

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

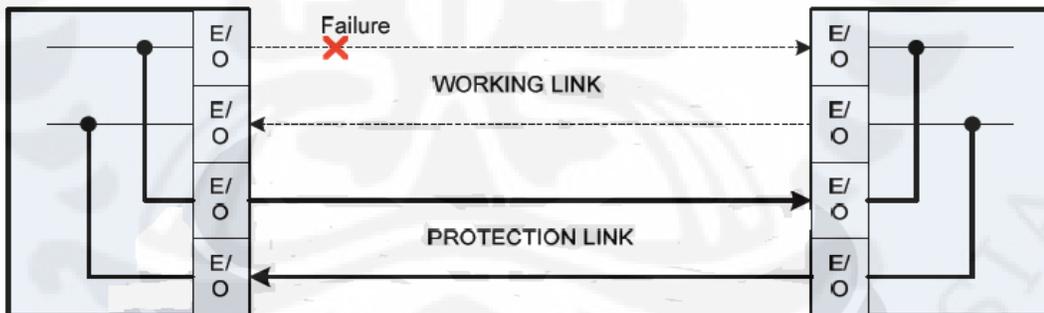
ke kanal proteksi, sedangkan pada unidirectional, hanya kabel yang putus itu saja yang akan pindah ke kanal proteksi, sedangkan kabel satunya lagi yang tidak mengalami gangguan tidak akan pindah ke kanal proteksi.



Kondisi Failure pada salah satu kabel



Unidirectional Switching



Bidirectional Switching

Gambar 2.7 Jenis-jenis protection switching saat failure

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 teindikasi 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:

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

Dengan menggunakan sistem MSP 1:n dimana jumlah kanal untuk

proteksi sebanyak satu dan untuk 1 tahun rata-rata 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 :

Availability tanpa proteksi = 99,54338%

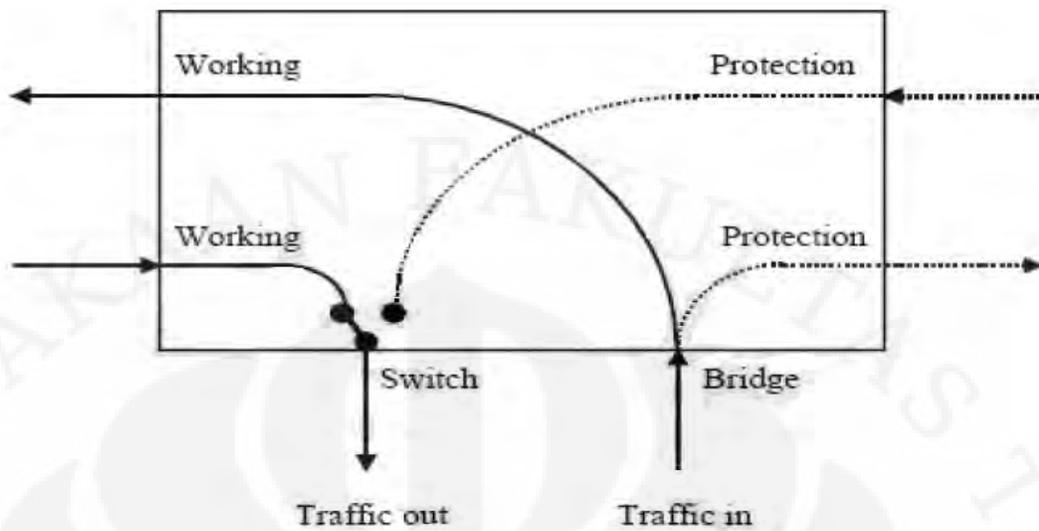
Non availability $X_o = 4,5662 \times 10^{-3}$

2.5.3 Subnetwork Connection Protection (SNCP)

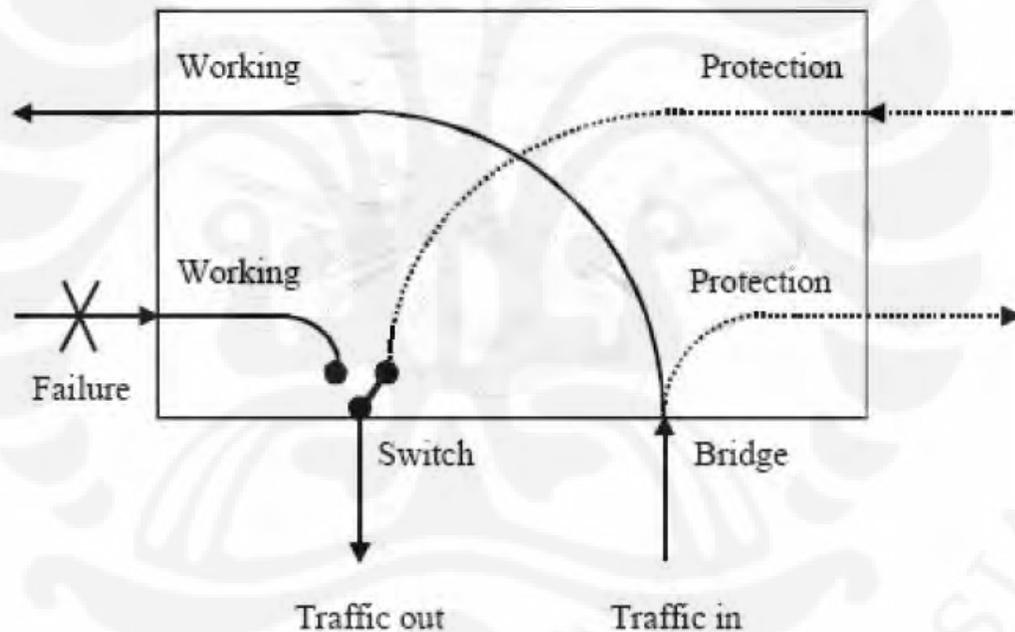
Sistem proteksi SNCP biasa dikenal dengan system proteksi Path Proteksi (PPS) merupakan path proteksi yang dapat digunakan pada struktur jaringan yang berbeda-beda, seperti pada jaringan mesh, ring, point-to-point dan sebagainya. Sistem proteksi SNC ini dapat bekerja pada *Low order* dan *High order 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 dari mana trafik akan diambil. Pada proteksi SNC tidak diperlukan adanya protocol 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 mode 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 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.



Kondisi normal, transmit broadcast, receiver memilih traffic dari working



Failure pada working link, receiver memilih dari protection link

Gambar 2.8 Proteksi SNCP

Multiplexer Section ó Share Protection Ring (MSSPRing)

MS-Spring digunakan pada jaringan bertopologi ring dan berfungsi memproduksi trafik pada sinyal line aggregate transmisi dari jaringan backbone SDH (Proteksi ini digunakan minimum pada level STM-4), dan menjadi pilihan utama sebagai system 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 optic (*four-fiber*). Keduanya masih menggunakan protocol Automatic Protection Switching (APS) yang menggunakan byte-byte K1 dan K2 untuk menjalankan mekanisme proteksinya. Keterangan dri byte-byte APS K1 dan K2 pada MSSPRing diberikan pada tabel 2-6 dan 2-7 berikut.

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

Perintah switching secara otomatis, ketika link working operational menerima SF atau SD (Signal Failure atau Signal Degrade) pada koneksi VC.

Sebuah status (No request status, Traffic on Working Link or Traffic Traffic on Protection link, dan sebagainya)

Perintah dari external, seperti Clear, Locked, Force Switch, Manual Switch Comand.

Sedangkan prioritas dari lokal request ditunjukkan pada tabel 2-5 berikut:

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 merkomendasikan operasi switching terjadi kurang dari 50ms sebagai target

waktu penyelesaian switching dari working link ke protection link pada penerima.

Disamping kelebihanannya 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, misalnya working link 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 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 yang sama.

Tabel 2-6. Fungsi byte K1 pada proteksi MS-SPRing

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						

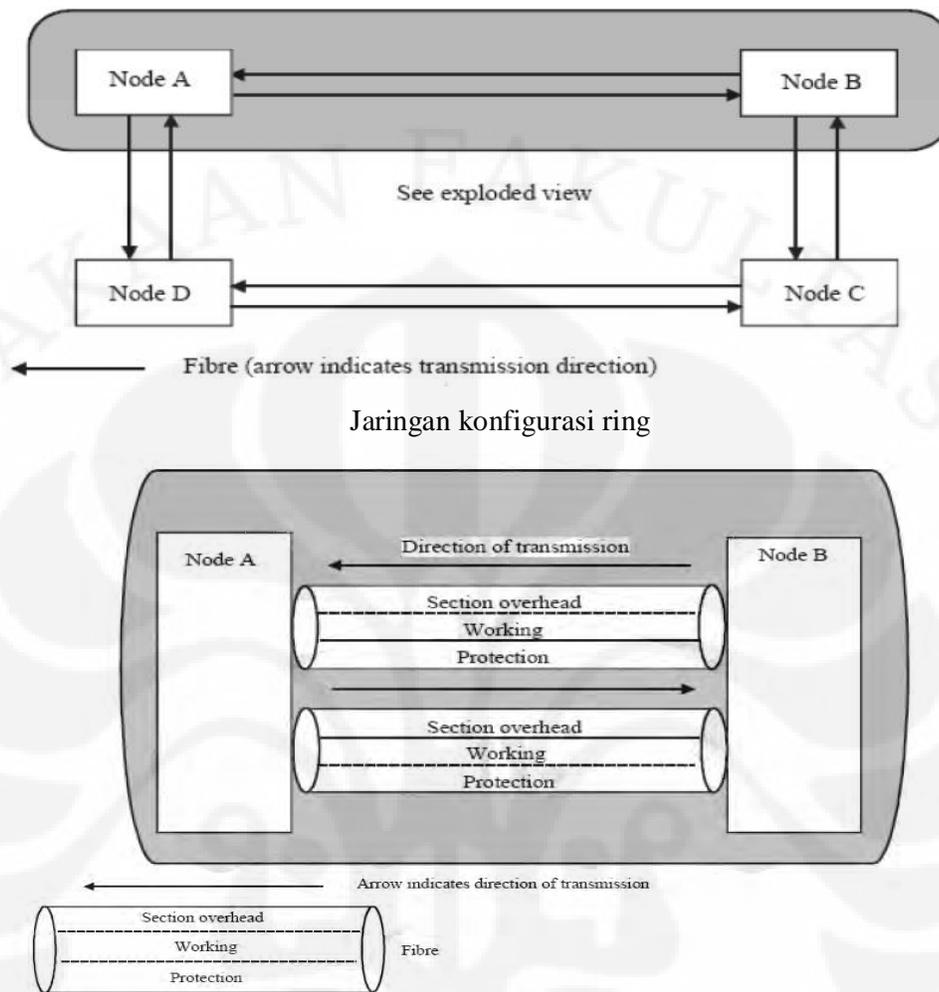
Tabel 2-7. Fungsi byte K2 pada proteksi MS-SPRing

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.

2.5.5.1 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 8xAU-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.



Detail span MS-SPRing pada bagian diarsir

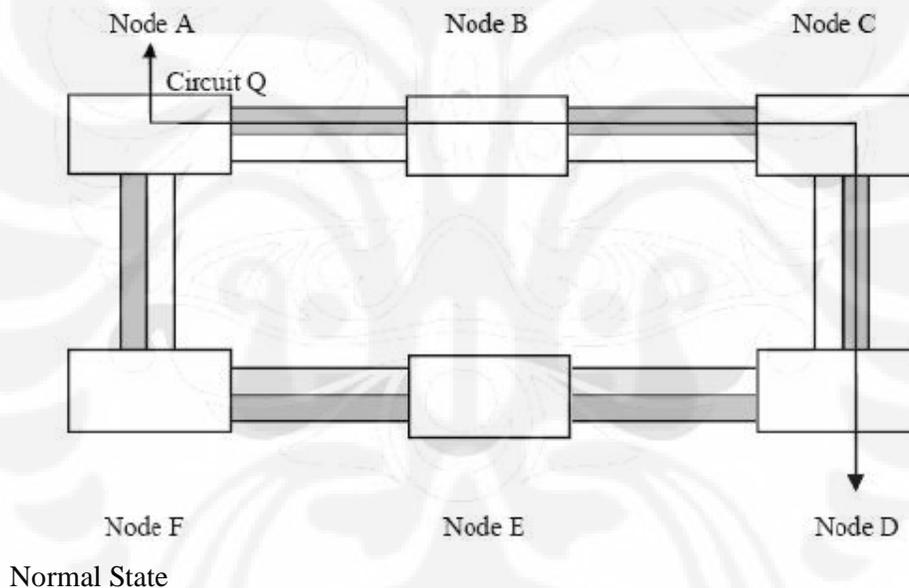
Gambar 2.9 Konfigurasi MS-SPRing

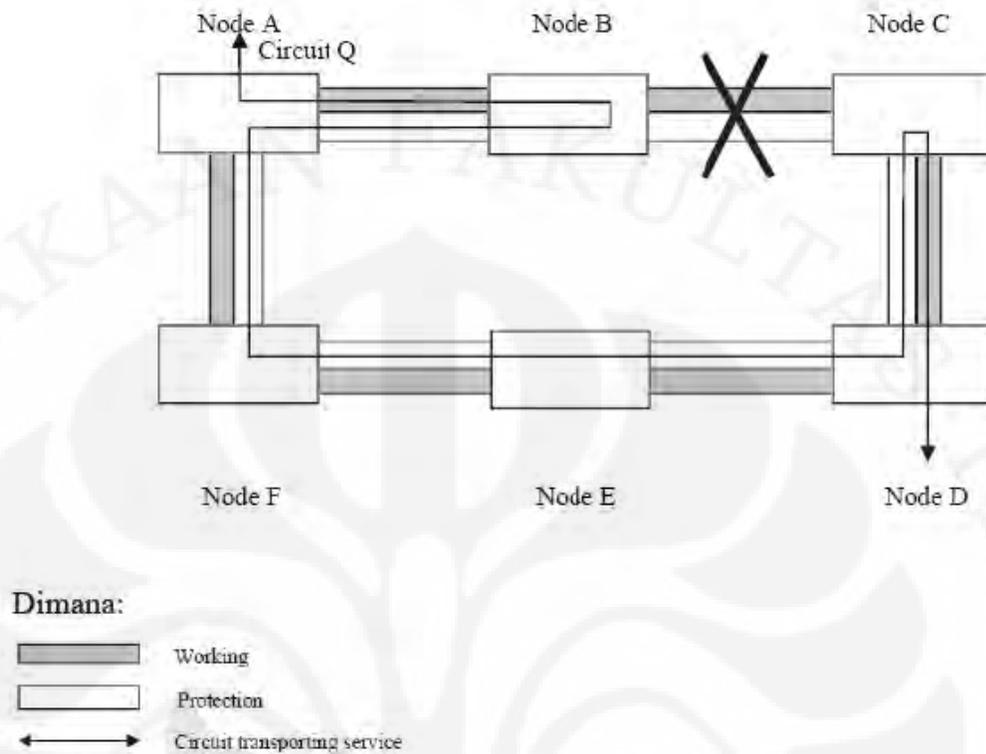
Pada gambar diatas tiap kabel membawa janal working dan proteksi dimana untuk outgoing dan incoming tributari berada pada kabel yang berbeda dengan arah transmisi yang berbeda.

Apabila terjadi ring fail, maka trafik pada kanal yang membawa working channel akan dialihkan ke kanal pada protection channel, dimana arah rambut transmisi yang berlawanan. Misalkan pada setiap span terdapat N buat AU-4, maka AU-4 dengan nomor 1 sampai dengan N/2 akan berperan sebagai workinga 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.





(a) Failed state

Gambar 2.10 MS-SPRing switching proses

2.5 Wavelength Division Multiplexing

Konsep WDM sama dengan pada *frequency Division Multiplexing* (FDM). Prinsip WDM adalah pemultipleksingan beberapa sinyal optik melalui serat yang sama, dimana sinyal tersebut berasal dari sumber optik yang berbeda dengan panjang gelombang yang berbeda.

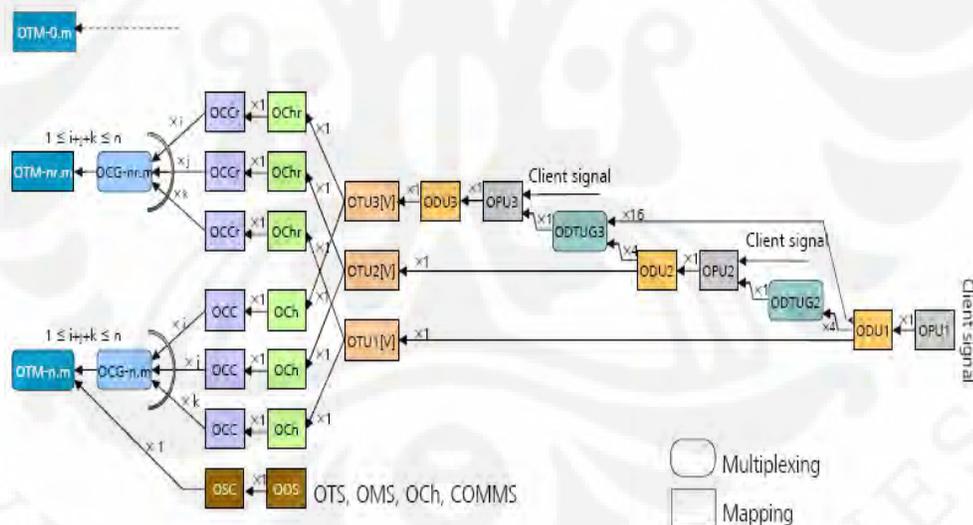
Berkas-berkas optik dengan panjang gelombang berbeda-beda akan merambat tanpa saling mengganggu (*interferensi*) satu dengan yang lainnya. Sehingga dengan mempergunakan pembawa-pembawa yang mempunyai panjang gelombang berbeda-beda, beberapa kanal informasi dapat ditransmisikan secara simultan melalui suatu serat tunggal. Metode ini dinamakan Penjamakan Pembagian Panjang Gelombang *Wavelength Division Multiplexing* (WDM), yang mampu memperbesar kapasitas penyaluran informasi suatu serat optik.

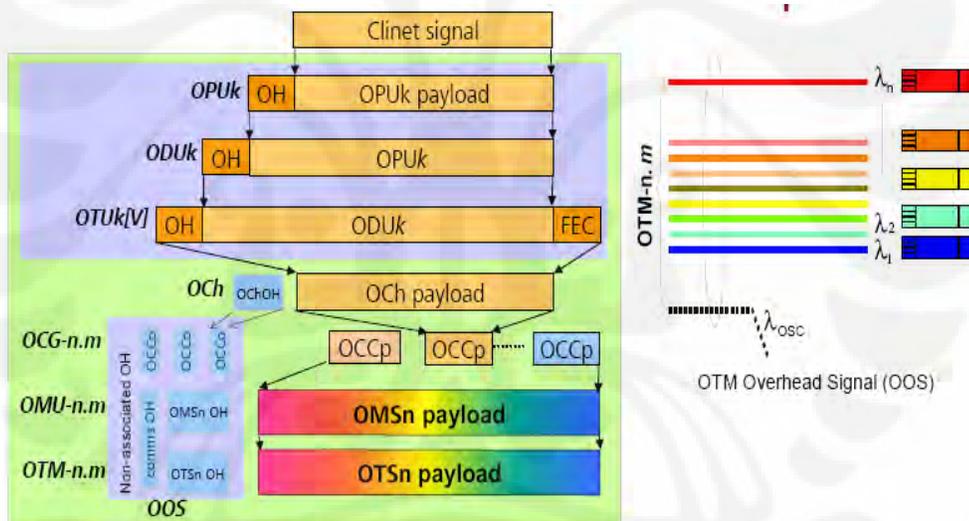
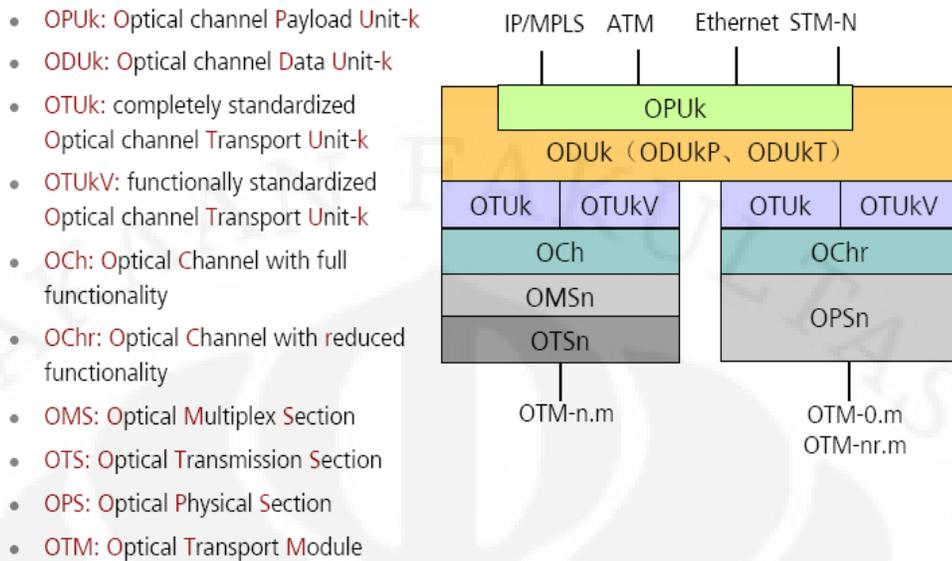
Suatu penjamak optik (*Optical Multiplexer*) menggabungkan cahaya-

cahaya dari sumber-sumber dengan panjang gelombang masing-masing yang berbeda, ke dalam serat optik transmisi. Pada stasiun penerima, *demultiplexer* optik memisahkan pembawa-pembawa yang berbeda-beda panjang gelombangnya sebelum pendeteksian cahaya dari masing-masing isyarat. Umumnya multiplexer/demultiplexer mempunyai serat-serat pada terminal masukan dan terminal keluarannya. Dimungkinkan juga untuk mengganti serat-serat masukan dalam suatu multiplexer dengan sumber-sumber optik secara langsung terpadu dalam piranti. Demikian juga, fotodetektor dapat mengganti serat-serat keluaran dalam suatu demultiplexer. Seringkali WDM dapat berlaku sebagai multiplexer atau *demultiplexer*.

2.6.1 Struktur Multiplexing WDM

Konsep bagaimana sinyal SDH (STM-N) dan service lain dipetakan kedalam frame OTN (Optical Transport Network) yang direkomendasikan oleh ITU-T Rec G.872 dapat dilihat dari gambar dibawah :





- n represents the maximum number of wavelengths that can be supported at the lowest bit rate supported on the wavelength, m=1,2,3,12,23,123;
- OTS_OH, OMS_OH, OCh_OH and COMMS OH information fields are contained within the OOS

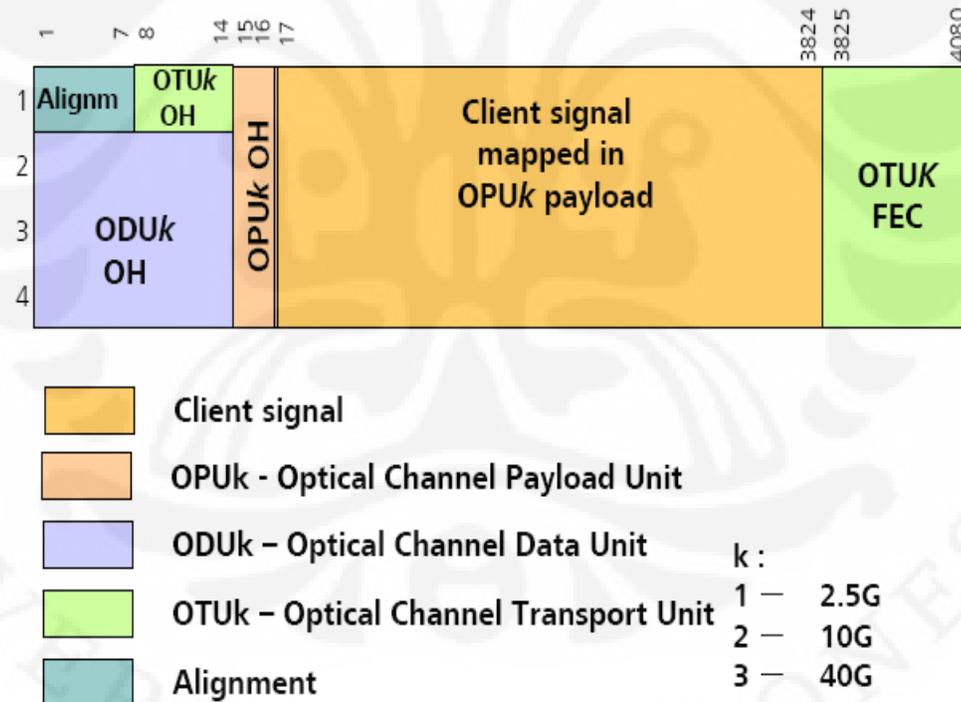
Gambar 2.11 Struktur multiplexing dan mapping ke OTM

Gambar diatas menggambarkan konsep pemetaan sinyal SDH (STM-N) dan format service lainnya (seperti MPLS dan ATM) yang dapat dipetakan kedalam format OTN. Proses multiplexing diatas akan menghasilkan format baru yang disebut OTM (Optical Transport Module). Struktur multiplexing ini berlaku

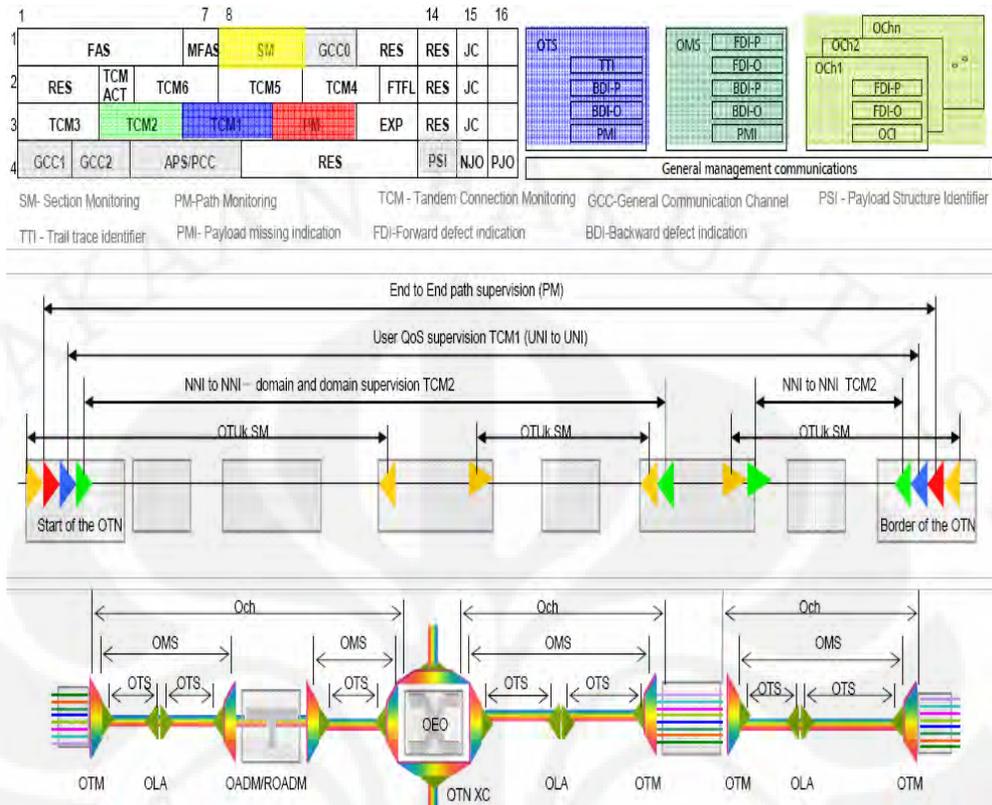
untuk semua perangkat provider DWDM yang ada di dunia, sehingga apabila suatu operator hendak melakukan penggabungan dari perangkat-perangkat DWDM yang berbeda dan *service* yang berbeda dapat dengan mudah dilakukan

2.6.2 Struktur Frame WDM

Struktur frame dari format OTM (Optical Transport Module) dapat dilihat dari gambar dibawah. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa OTM dapat mensupport bermacam kapasitas layanan yang berbeda dalam jumlah besar(2.5 G, 10 G, 40G), hal ini tentu saja sangat menguntungkan dari sisi bandwidth karena bermacam macam layanan akan mampu dibawa dalam satu media transmisi. Satu frame OTN terdiri dari 4080 x 4 bytes yang mana disusun oleh 42 bytes overhead ODU, 7 bytes overhead OTU, 8 bytes overhead OPU, 3808 x 4 bytes overhead OPU Payload dan 256 x 4 bytes OTU FEC.



Gambar 2.12 Struktur frame OTN pada WDM



Gambar 2.13 Struktur layer yang digunakan pada WDM

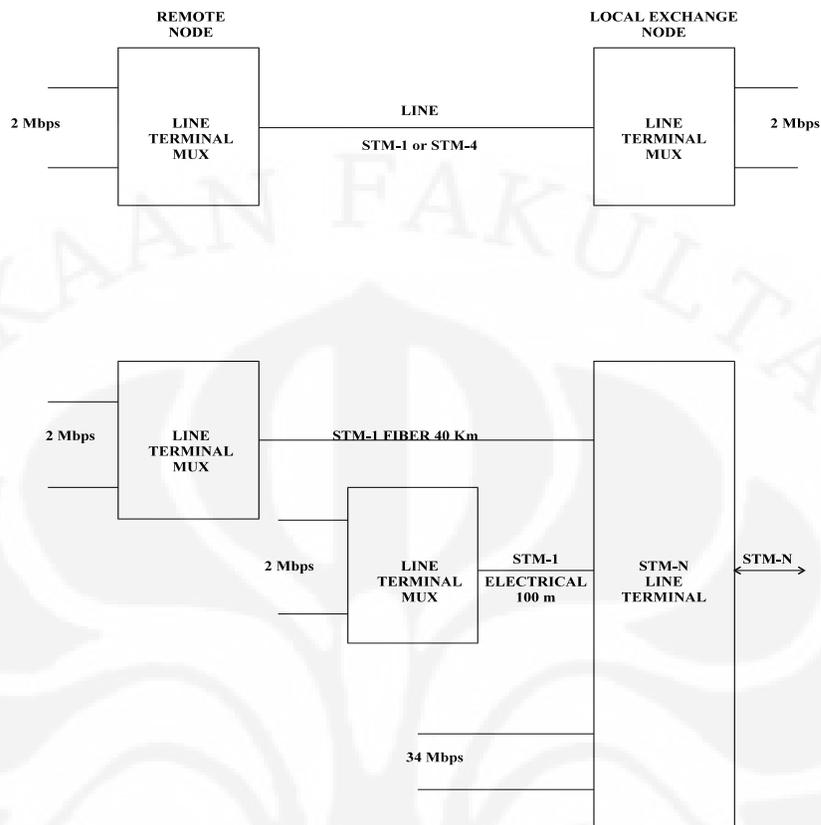
2.7 Topologi Jaringan pada Sistem Transmisi WDM

Topologi jaringan WDM dapat dibagi menjadi beberapa jenis, sesuai dengan struktur dan kepadatan trafiknya. Jenis ó jenis arsitektur jaringan tersebut adalah :

- Jaringan antar simpul (point to point)
- Jaringan linier sisip multiplex (add drop multiplex)
- Jaringan ring

2.7.1 Jaringan antar simpul

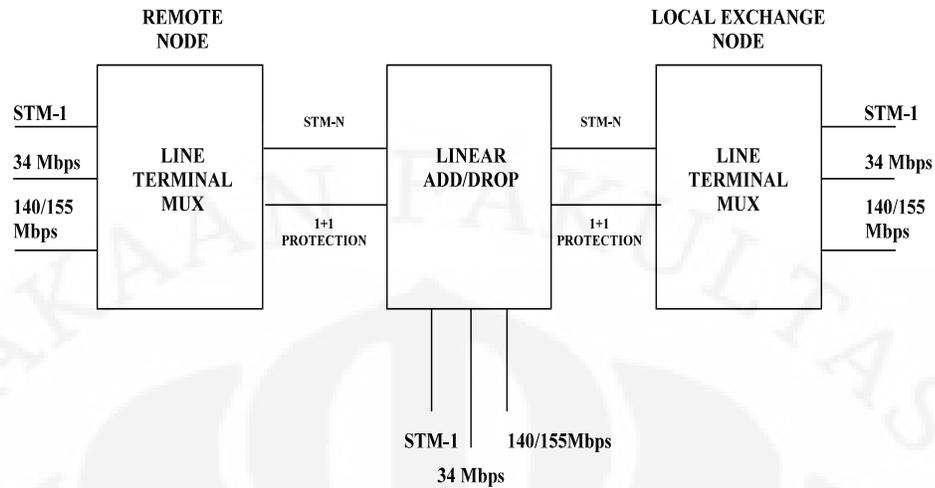
Jaringan antar simpul terutama digunakan untuk kebutuhan ó kebutuhan yang besar dan kebutuhan ó kebutuhan terisolasi. Jaringan tersebut dapat berupa konfigurasi 1+0 atau 1+1. Gambar arsitektur jaringan tersebut diperlihatkan pada gambar 2.11 dibawah :



Gambar 2.14 Topologi antar simpul ADM

2.7.2 Jaringan linier sisip multiplex

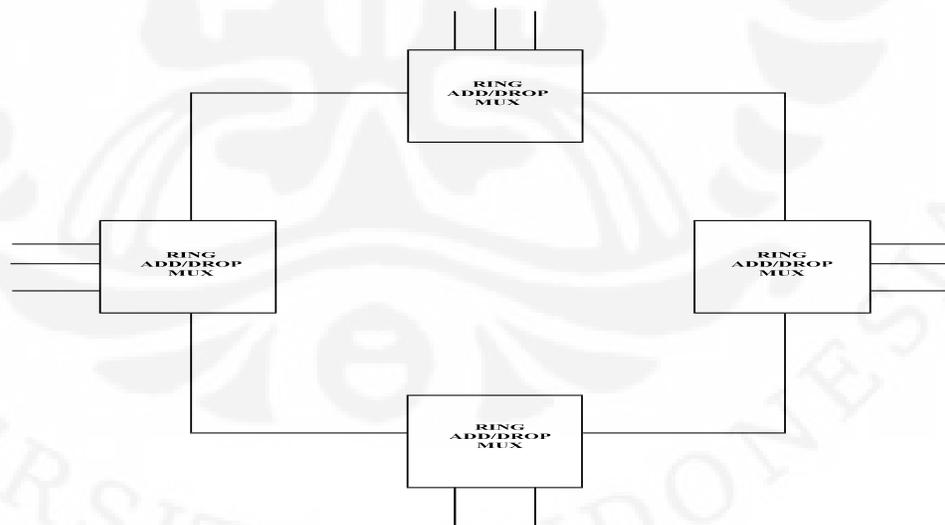
Jaringan linier sisip multiplex ini digunakan pada aplikasi dimana beberapa trafik diturunkan/disisipkan dan sisanya diteruskan ke lokasi lain. Jaringan ini sesuai untuk area trafik rendah. Jaringan dapat berupa konfigurasi 1+0 atau 1+1. Topologi jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.15 Topologi linier dengan sisip multiplex (ADM)

2.7.3 Jaringan Ring

Fungsi sisip dapat direalisasikan melalui jaringan dengan struktur ring. Trafik dapat secara otomatis dipindahkan apabila terjadi gangguan pada jaringan serat optik atau gangguan perangkat dalam topologi tersebut. Gambar 2.10 berikut merupakan arsitektur dari topologi jaringan ring.



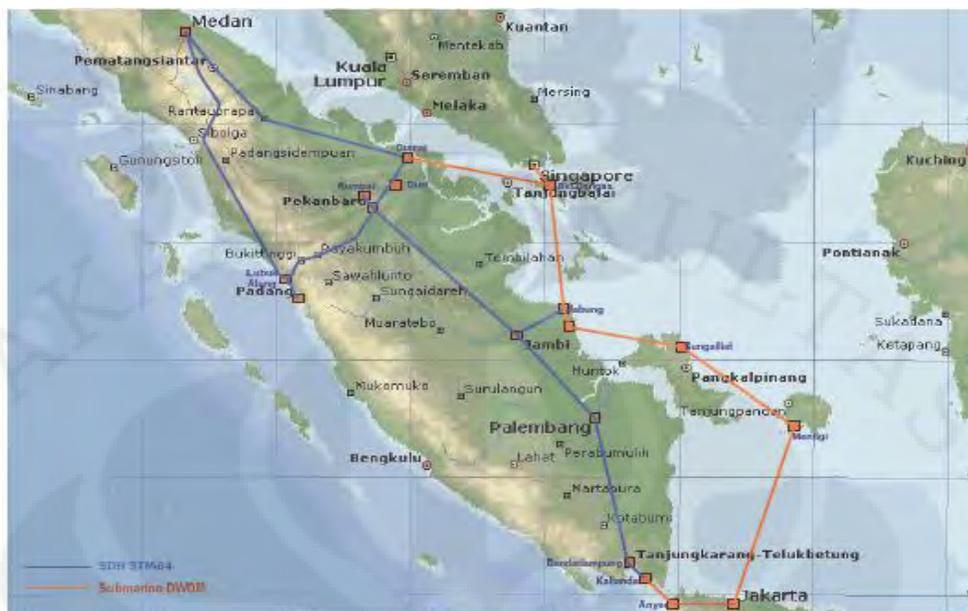
Gambar 2.16 Topologi jaringan ring ADM

BAB III

Jaringan WDM Transmisi Optik Jakarta - Pekanbaru

3.1 Topologi dan Konfigurasi Jakarta - Pekanbaru

Jaringan tulang Punggung Jakarta ó Pekanbaru merupakan jaringan transmisi berteknologi SDH yang ditumpangkan dalam WDM yang membawa berbagai macam layanan atau multiservice backbone, seperti layanan GSM, UMTS, Leased Line dan MPLS. Pada awalnya jaringan transmisi Jakarta ó Pekanbaru dibentuk oleh SDH 2 x STM-64 yang membentang dari Kalianda ó Pekanbaru, seiring semakin meningkatnya trafik yang akan dibawa melalui lajur ini maka diterapkanlah teknologi WDM pada lajur ini untuk menghemat jumlah core pada fiber optik yang ada. Secara konfigurasi media transmisi, lajur Jakarta ó Pekanbaru memiliki 2 buah lajur transmisi WDM N x STM-64 (N x) yang berbeda, lajur pertama melewati Anyer (Jakarta-Anyer-Palembang-Pekanbaru) dan lajur yang kedua melewati Pademangan (Jakarta-Pademangan-Batam-Dumai-Pekanbaru). Sedangkan lajur awal media transmisi untuk SDH 2 x STM-64 tetap dipertahankan dengan menggunakan core berbeda pada fiber optik yang sama dengan lajur WDM. Untuk lajur **Jakarta-Kalianda-Pekanbaru** menghubungkan 36 mux ADM SDH dan 18 mux OADM WDM, sedangkan untuk lajur **Jakarta-Mentigi-Dumai** menghubungkan 13 mux ADM SDH dan 7 mux OADM WDM. Topologi Jakarta-Pekanbaru membentuk konfigurasi ring, dan untuk menerapkan proteksi ring adalah memungkinkan walaupun total dari perangkat WDM dan SDH melebihi 16 node yang telah distandarkan oleh ITU-T, konfigurasi ring dapat dilakukan karena dengan WDM setiap lambda yang ditumpangkan dapat di *passthrough* or *drop/add* melalui OADM yang diinginkan dan dengan begitu jumlah node yang dibutuhkan dapat kita tentukan sesuai kebutuhan. Proteksi yang diterapkan pada jaringan transmisi SDH Jakarta-Kalianda-Pekanbaru saat ini masih menggunakan sistem proteksi SDH MSP 1+1 dan untuk traffic yang melaluinya menggunakan SNCP ring sebagai proteksi *path*-nya. Pada lajur transmisi yang sama, OADM mampu mensupport sistem proteksi pada SDH sehingga sangat *reliable* bila suatu saat hendak melakukan perubahan sistem proteksi mulai dari Jakarta sampai ke Pekanbaru.



Gambar 3.1 Konfigurasi jaringan tulang punggung Sumatra

Secara konfigurasi, jaringan transmisi dari gambar 3.1 diatas menunjukkan bahwa transmisi Jakarta ó Pekanbaru merupakan jaringan yang berbentuk linier yang terbagi atas 2 lajur utama yaitu jalur Jakarta-Mentigi-Dumai dan Jakarta-Kalianda-Pekanbaru. Lajur Jakarta-Mentigi-Dumai hingga ke Pekanbaru mayoritas melewati laut (mulai dari mentigi - sungai liat - kuala tungkal ó batam - dumai) sedangkan jalur Jakarta-Kalianda-Pekanbaru mayoritas melewati daratan (mulai dari kalianda ó palembang ó pande arang ó pekanbaru). Bila dilihat dari jenis perangkat dan software yang telah digunakan, lajur Jakarta-Pekanbaru dapat dibagi menjadi 3 (tiga) subnetwork yaitu subnetwork Kalianda-Pekanbaru-Dumai, Jakarta-Anyer, dan Jakarta-Mentigi-Dumai. Subnetwork Kalianda-Pekanbaru-Dumai menggunakan perangkat Alcatel Lucent dan Marconi, Jakarta-Anyer menggunakan Huawei dan Jakarta-Mentigi-Dumai menggunakan Marconi.

Kapasitas line transmisi dari sistem SDH pada jaringan Sumatra Kalianda-Pekanbaru sebesar NxSTM-64 menggunakan perangkat Mux ADM Alcatel Lucent 1660SM, 1678MCC dan Mux ADM Marconi OMS 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. Untuk OADM WDM yang berkapasitas multiplex 40xSTM-64 (40) di Sumatra menggunakan

perangkat Marconi MHL3000 dan Alcatel 1626LM, sedangkan lajur transmisi link Jakarta-pademangan-batam-dumai dan kalianda-dumai menggunakan perangkat Marconi MHL3000 yang yang berkapasitas 40xSTM-64 juga. Jumlah kapasitas transmisi untuk lajur Jakarta-Pekanbaru dapat dilihat pada tabel 3-3.

Secara keseluruhan jumlah perangkat Mux SDH Alcatel Lucent yang digunakan sepanjang pulau Sumatra sebanyak 96 NE (64 x 1660SM, 2 x 1626LM dan 32 x 1662SMC), perangkat OADM Marconi yang digunakan sebanyak 40 NE (29 x MHL3000, 8 x OMS1600 dan 3 x OMS3255) dan perangkat Huawei yang digunakan sebanyak 14 NE (7 x BWS1600G dan 7 x OSN 7500). Untuk meningkatkan 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*) sepanjang jalur Anyer ó Pekanbaru - Dumai dan lajur Sumatra inland untuk N x STM-64 belum diproteksi secara menyeluruh dengan MSP 1+1 (kecuali Jakarta-Pademangan dan PematangLumut-KualaTugkal).

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. Sedangkan pada WDM dilakukan proteksi O-SNCP/MSP 1+1 pada perangkat OADM MHL3000 untuk section jakarta-pademangan dan kuala tungkal-pematang lumut. Berikut tabel 3-1, menunjukan sistem proteksi, mode dan switch operasi yang digunakan sepanjang lajur Jakarta ó Pekanbaru.

Tabel 3-1 . Data detail sistem proteksi pada Alcatel Sumatra Backbone

Subnetwork Sumatera Backbone					
User Label	NPA Type	Working State	Operator Command	Traffic position	Protection Switch Mode
MSP 1 + 1 BUMI_AGUNG	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP 1+1 GLBG-PKBR	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP _1+1_Palembang 3 New	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP1+1_Lempuyang	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional

MSP1+1_STM64_PYKB60-1_PDLR60-1	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1+Anyer-Kalianda	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Bumi_Agung	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Bumi_Kayu_Agung	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Dumai-Banjar	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Duri_Kota	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Gunung_Megang-Prabumulih	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Indralaya	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Indralaya-Palembang_02	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_KAYUAGUNG	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_KYU60-1_KAYU62-2	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_1+1_Kalianda-Kedaton	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Kayu_Agung	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Kedaton	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Kedaton-Lempuyang_Bandar	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_LEMPU-TULB	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_1+1_Lempuyang	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Lorok	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_1+1_LubukKaret	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_LubukKaret-Palembang	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Lubuk_Karet	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_MSC_Palembang	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_PALEMBANG	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_PALEMBANG-KAYU AGUNG	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_1+1_PDAR-BLKT	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_PNSL	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_PNSL_SGAR	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Palembang	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Pande Arang	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Pande Arang-Bukit Baling	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_1+1_Puncak Selasih	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_Sorek-Puncak Selasih	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_1+1_SriGunung-	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional

LubukKaret					
MSP_1+1_TULANG-BUMI	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_BDBR_1660SM_01-SBDL_1660SM_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_BKBL_1660_01-BKBL_1662_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_BLKT_1660-SRGN_1660	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_BLKT_1660SM_01-BLKT1662SMC_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PDAR_1660_02-JBNG_1660SM_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PKBR_2_1660SM_01-BKNG_1660SM_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PLKB_1660SM_01-PKBH_1660SM_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PLKB_1660SM_01-RBDR_1660SM_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PLRC_1660_01-PLRC_1662_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PLRC_1660_01-SORK_1660_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
MSP_PNSL_1660_01-PNSL_1662_01	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional
MSP_TMRJ_1660SM_01-SGAR_1660SM_01	Linear-plus	normal	Not Present	onWorking	Bidirectional
PKBR_1_1660_01-NGPB_1660_01	Linear-plus	normal	Not Present	onProtecting	Bidirectional

Tabel 3-2 . Data detail sistem proteksi pada Marconi Sumatra Backbone

Name	Type	Path State	Operational State	Service State	Protection
KLT_MHL/1-SNL_MHL/1 OCH CH4	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
DMAI_MHL/1-PDAR_MHL/2 OCH 10	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
KALI_MHL/1-PKBR_MHL/1 OCH 11	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
PDAR_MHL/2-PLBG_MHL/1 OCH 9	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
JMB_MHL/1-PMT_MHL/1 OCH CH4	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
KLT_MHL/1-SNL_MHL/1 OCH CH6	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection

KEDA_MHL/1-PLBG_MHL/1 OCH 9	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
JMB_MHL/1-PMT_MHL/1 OCH CH3	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
KLT_MHL/1-PMT_MHL/1 OCH CH3	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
KLT_MHL/1-PMT_MHL/1 OCH CH4	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
PDAR_MHL/2-PLBG_MHL/1 OCH 13	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
MTG_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH3	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
MTG_MHL/1-SNL_MHL/1 OCH CH3	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
JKT_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH8	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
DMAI_MHL/1-KALI_MHL/1 OCH CH14	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
KLT_MHL/1-PMT_MHL/1 OCH CH6	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
KEDA_MHL/1-PDAR_MHL/2 OCH 10	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
MTG_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH4	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
MTG_MHL/1-SNL_MHL/1 OCH CH4	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
JKT_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH7	OCh	Activated	Disabled	In Service	SNCP
JKT_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH6	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
PDAR_MHL/2-PKBR_MHL/1 OCH 9	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
KEDA_MHL/1-PLBG_MHL/1 OCH 13	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
JKT_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH5	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
KALI_MHL/1-PDAR_MHL/2 OCH CH23	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
MTG_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH6	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
MTG_MHL/1-SNL_MHL/1 OCH CH6	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
JKT_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH4	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
JKT_MHL/1-PDM_MHL/1 OCH CH3	OCh	Activated	Enabled	In Service	SNCP
KALI_MHL/1-KEDA_MHL/1 OCH 9	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
DMAI_MHL/1-PKBR_MHL/1 OCH 11	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
DMAI_MHL/1-KEDA_MHL/1 OCH 12	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection

KALI_MHL/1-KEDA_MHL/1 OCH 12	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
DMAI_MHL/1-PKBR_MHL/1 OCH 9	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
PDAR_MHL/2-PKBR_MHL/1 OCH 13	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection
KLT_MHL/1-SNL_MHL/1 OCH CH3	OCh	Activated	Enabled	In Service	No Protection

Dari tabel 3-1 diatas, diketahui bahwa sistem proteksi yang digunakan pada lajur kalianda-pekanbaru-dumai adalah liniar-plus atau MSP 1+1 untuk SDH STM-64, 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 diprotection link dan juga menunjukan 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.

Pada tabel 3.2 diketahui bahwa jenis proteksi yang digunakan pada perangkat Marconi hanya terproteksi secara O-SNCP pada dua section saja yaitu Jakarta-Pademangan dan Pematang Lumut-Kuala Tungkal sedangkan untuk services yang lain belum terproteksi secara path. Jadi prioritas pengalokasian rute baru saat terjadi link failure pada path yang dilewatkan melalui perangkat Marconi ini didasarkan atas isi dari traffic tersebut. Traffic yang berisi layanan voice lebih diutamakan untuk di *reroute* daripada data apabila resource proteksi yang ada pada saat itu terbatas.

3.2 Kapasitas Jaringan Jakarta – Pekanbaru

Transmisi SDH Jakarta ó Pekanbaru dengan 2 buah lajur transmisi dimana

pada lajur jakarta-kalianda-dumai memiliki transmisi SDH STM-64 dan WDM N x STM-64, dimana setiap lajur tersebut membawa trafik dan jenis layanan berbeda. Sehingga dengan 2 buah lajur tersebut total kapasitas untuk jaringan Jakarta ó Pekanbaru menjadi 2 x STM-64 dengan proteksi disepanjang lajur tersebut menggunakan sistem proteksi MSP 1+1 dan 8 x STM-64 yang hanya terproteksi secara SNCP untuk sebahagian traffic dan 3 x STM-64 yang dilewatkan melalui submarine. Untuk lebih detailnya alokasi kapasitas drop sepanjang transmisi Jakarta ó Pekanbaru seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3-3. Kapasitas Jaringan Jakarta ó Pekanbaru

Lajur	Teknologi	Subnet work	Media		Fiber Type	Total kapasitas yang dipakai		Total kapasitas yang dipakai(Gigabits/second)
			fiber yang dipakai (core)	fiber spare (core)		satuan (STM)	satuan (E1)	
Kalianda - Pekanbaru	Alcatel SDH dan Marconi DWDM	Sumatra Inland	4 + 2 = 6	66	Fujikura 72F dan Sumitomo 72 F	2 STM-64 + 8 STM-64 = 10 STM-64	4032 * 10 = 40.320 E1	9.953.280 bits/second*10 = 99.532.800 bits/second = 100 Gbps
Jakarta - Anyer dan Jakarta - Pademangan	Huawei SDH dan DWDM	Java Backbone3	2 + 2 = 4	68	Fujikura 72F dan Sumitomo 72 F	1 STM-64 + 8 STM-64 = 9 STM-64	4032*9 = 36.288 E1	= 90 Gbps
Pademangan - Batam	Marconi dan Siemens DWDM	Sumatra Submarine	2 + 2 = 4	4	Minisub 8F	2 STM-64 + 1 STM-64 = 3 STM-64	4032*3 = 12.096 E1	= 30 Gbps
Batam - Dumai	Marconi DWDM	Sumatra Submarine	2 (Leased core to 3rd party)	None (leased core to 3rd party)	Minisub 8F	1 STM-64	4032*1 = 4032 E1	= 10 Gbps

Trafik 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 Jakarta – 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. Kelamahan 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 trafik yang melewati link tersebut.

Jaringan tulang punggung SDH Sumatra Jakarta ó 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. Sedangkan untuk jaringan tulang punggung DWDM Jakarta-Pekanbaru akan mengalami gangguan apabila terjadi fiber cut pada salah satu section di kedua lajur inland dan submarine (karena lajur DWDM inland dan Submarine tidak terproteksi menyeluruh secara path dan section), namun kemungkinan terjadinya kejadian itu haruslah dihindari karena XL Axiata memiliki standard MTTR untuk merestore kembali traffik yang mengalami gangguan.

Pada tabel 3.4 merupakan kumpulan dari kejadian fiber failure yang terjadi pada jaringan SDH dan DWDM inland Sumatra Jakarta ó Pekanbaru selama bulan Januari sampai dengan September tahun 2010 yang menyebabkan kedua link MSP 1+1, baik yang working dan protection link terputus.

Untuk menghindari terhentinya layanan dan downtime yang lebih lama, haruslah segera dilakukan restorasi. Restorasi dapat dilakukan baik secara fisik atau dengan berupaya menyambung kabel optik maupun secara software dengan

mencari link proteksi untuk melakukan rerouting pada trafik. Tetapi perlu diperhatikan, bahwa rerouting disini adalah berupaya 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 prioritas layanan, seperti layanan GSM, MPLS dan Leased Line akan segera dilakukan rerouting misalnya melalui backbone microwave STM-1 atau melalui lajur Submarine DWDM.

Tabel 3-4 Historical data fiber failure pada lajur inland SDH dan DWDM Jakarta-Pekanbaru

Section	Product	Maret	April	Juni	Agustus	September
Lempuyang - Bawang	Alcatel and Marconi	Date: 020310 Overall downtime: 14:56 - 21:00 (6 hours) Due to : PU activity Permanent solved after : Fiber Splicing cable jumper Impacted: No GSM impacted				
Kedaton-Kalianda	Alcatel	Date: 130310 overall downtime: 10:33 - 11:28 (1 hours) Due to : MCB tripped at HUT Kalianda Permanent solved after : Turn on tripped MCB Impacted: 4 sites under BLMP-9, 2 STM-1 MPLS Link Jambi<>Jakarta, 2 STM-1 Palembang<>Jakarta, 2 STM-1 Palembang<>Anyer & 2 STM-1 Kedaton<>Jakarta				
Selasih-Sorek	Alcatel and Marconi		Date: 190410 overall downtime: 10:21 - 14:45 (4h24m) Due to : PT Musimas activity			

			Solved after : adding protection via radio Fujitsu for 2G GPRS under BPKB3 and 97 BTS under BPKB4			
			Permanent solved after : Fiber splicing			
			Impacted: BPKB4 (97 BTS), 2G GPRS under BPKB3, 3 STM1 Pekanbaru <> Jambi, 4 STM1 Pekanbaru <> Jakarta, 1 STM1 Jambi <> Jakarta			
Palembang- Indralaya	Alcatel			Date: 280610		
				Overall downtime: 09:35 - 10:10 (35m)		
				Due to : PU activity		
				Permanent solved after : Fiber Splicing for protection cable		
				Impacted: MPLS 2 STM-1 Prabumulih <> Palembang & 1 STM-1 Prabumulih <> Padang harapan		
				Date: 040810- 060810		
Duri-Dumai	Alcatel and Marconi			Overall downtime: 16:55 - 11:25 (2 days 19 hours)		
				Due to : flooding (45,8 KM from Duri and 30.4 KM from Dumai)		
				Permanent solved after : Fiber Splicing		

					cable jumper	
					Impacted: No GSM impacted	
Sungai Akar- Puncak Selasih	Alcatel				Date: 180810- 190810	
					Overall downtime: 22:08 - 18:39 (20 hours)	
					Due to : signal degraded	
					Permanent solved after : Replace patch-cord PreAmp to DCM at HUT_Sunga i_Akar	
					Impacted: No GSM impacted	
Sungai Akar- Taman Raja	Alcatel and Marconi				Date: 200810	
					Overall downtime: 17:22 - 18:39 (1 hours 17 minutes)	
					Due to : signal degraded	
					Permanent solved after : Replace patch-cord PreAmp to DCM at HUT_Sunga i_Akar	
					Impacted: No GSM impacted	
Srigunung- Lb Karet	Marconi				Date: 010910	
					Overall downtime: 17:44 - 20:05 (2 hours 20 minutes)	
					Due to : PU activity	
					Permanent solved after: moving traffic to spare core	
					Impacted: No GSM	

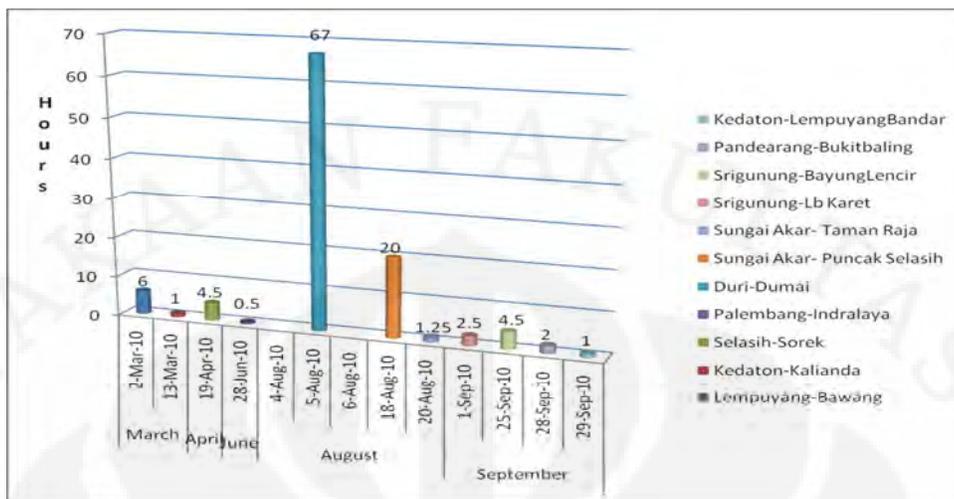
						impacted
Srigunung-Bayung Lencir	Alcatel					Date: 250910
						Overall downtime: 09:10 - 13:30(4hours 20 minutes)
						Due to : signal degraded for protection link caused patchcord bending
						Permanent solved after: cleaning patchcord at bayunglencir kota
						Impacted: No GSM impacted
Pandearang - Bukitbaling	Alcatel					Date: 280910
						Overall downtime: 16:40 - 18:40(2 hours)
						Due to : fiber cut for protection link due thieves
						Permanent solved after: moving traffic to spare core
						Impacted: No GSM impacted
Kedaton-Lempuyang Bandar	Alcatel					Date: 290910
						Overall downtime: 16:40 - 17:35(55 minutes)
						Due to : fiber cut for protection link due to PU activity
						Permanent solved after: moving traffic to spare core
						Impacted: No GSM

eksternal (sambaran petir, power problem, kabel putus dan aktifitas maintenance). Bila dilihat dari historical data *submarine* diatas peluang terjadinya problem fiber failure yang disebabkan human error sangat jarang terjadi pada lajur ini, namun fiber failure yang disebabkan fiber cut di bawah laut membutuhkan waktu restorasi yang sangat lama (bisa berbulan-bulan). Hal ini tentu saja sangat menurunkan availability dari jaringan *submarine* Jakarta- Pekanbaru sehingga lajur ini sangatlah perlu untuk diproteksi agar waktu *downtime* tidak terlalu lama. Lajur proteksi yang bisa dipilih adalah melalui lajur DWDM *inland* karena pada lajur ini kapasitas 8 STM-64 tidaklah terpakai seluruhnya sehingga bisa digunakan sebagai alokasi cadangan apabila sewaktu-waktu diperlukan.

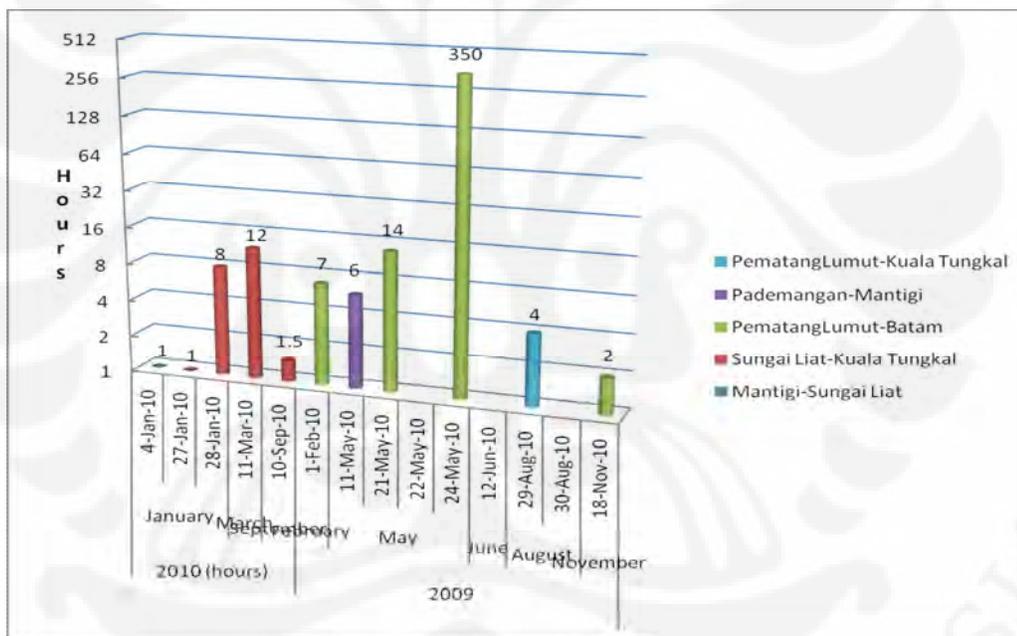
3.4 Restorasi Jaringan Jakarta` – Pekanbaru

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 Axiata cukup ketat dalam menyikapi lamanya down time 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 harwarde 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.

Gambar 3.2 Total waktu restorasi di lajur *inland*



Gambar 3.3 Total waktu restorasi di lajur *submarine*

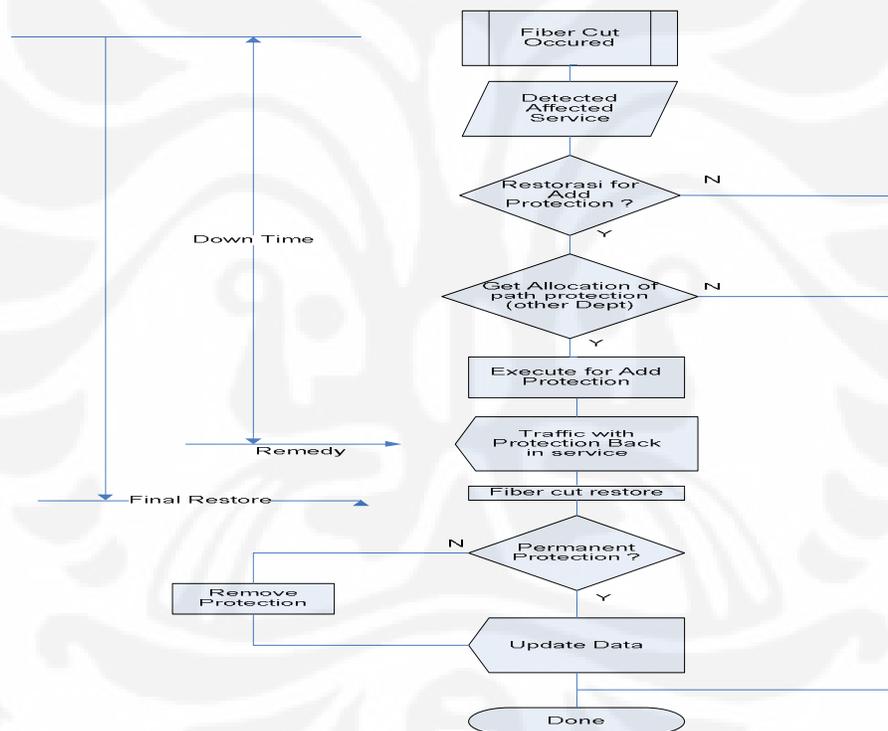


Dari gambar 3.2 dan 3.3 terlihat bahwa MTTR untuk menyelesaikan masalah fiber cut secara hardware mulai dari pencarian lokasi cut point sampai persiapan kabel dan splicing ulang memerlukan waktu yang cukup lama (terlihat pada section Duri-Dumai yang disebabkan banjir dan section Pematanglumut-Batam yang disebabkan kabel putus dibawah laut). Dari data observasi selama 5 bulan untuk lajur *inland* dan 8 bulan untuk lajur *submarine* tersebut, waktu yang paling cepat dalam menyelesaikan fiber cut adalah 30 menit (*inland*) dan 1 jam (*submarine*) serta mencapai waktu paling lama sebesar 67 jam (*inland*) dan 350

jam (*submarine*), sedangkan rata-ratanya MTTR adalah 8,48 jam (*inland*) dan 12,31 jam (*submarine*). Dengan rata-rata MTTR sebesar 8,48 jam dan 12,31 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. Excelomindo Axiata adalah dengan membuat link proteksi pada traffik, dengan alasan tidak mengubah data traffik pada database dan hanya menambahkan data lajur proteksinya. Flow chart dari restorasi yang dilakukan secara software dilakukan seperti bagan dibawah ini.

Gambar 3.4 Flowchart restorasi trafik



Pada alur bagan diatas menjelaskan, ketika terjadi fiber cut pada lajur Jakarta-Mentigi-Dumai maka restorasi yang dilakukan melalui NMS adalah dengan menambahkan proteksi trafik, alokasi proteksi diambil melalui lajur Jakarta-Kalianda-Pekanbaru. Para trafik engineering akan memberikan alokasi traffik yang kosong pada lajur Jakarta-Kalianda-Pekanbaru sehingga dapat dipakai sebagai proteksi dari trafik-trafik Jakarta-Mentigi-Pekanbaru yang outage karena fiber cut.

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan adalah pemilihan resource traffik proteksi diambil dari lajur STM-64 pada Jakarta-Pekanbaru-Dumai 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 Jakarta-Pekanbaru-Dumai sebagai link proteksi dari trafik Jakarta-Mentigi-Dumai. Hal ini tentu saja mengurangi kapasitas resource trafik dari Jakarta-Pekanbaru-Dumai, yang seharusnya dapat digunakan untuk membawa trafik dengan layanan tertentu dan bukan dijadikan proteksi untuk trafik Jakarta-Mentigi-Dumai. Dan begitu juga sebaliknya jika terjadi fiber cut pada lajur Jakarta-Pekanbaru-Dumai, maka restorasi dengan menambahkan link proteksi diambil dari lajur Jakarta-Mentigi-Pekanbaru, yang tentunya akan mengurangi kapasitas resource trafik pada lajur ini yang seharusnya dapat digunakan untuk membawa trafik lain.

3.5 Kelemahan Jaringan Transmisi Jakarta – Pekanbaru

Dari pemaparan diatas dapat disimpulkan beberapa point penting akan kelemahan dari jaringan transmisi STM-64 Jakarta ó Pekanbaru. Berikut kesimpulan dan penjelasan dari kelemahan tersebut yaitu:

- Proteksi Traffik pada jakarta ó pekanbaru tidak menyeluruh

Walaupun secara topologi jaringan transmisi Jakarta ó Pekanbaru membentuk konfigurasi ring dengan 2 buah lajur transmisi STM-64 yaitu Jakarta-Kalianda-Pekanbaru dan Jakarta-Mentigi-Pekanbaru, akan tetapi sistem proteksi MSP Ring awalnya tidak dapat dilakukan karena jumlah Mux ADM SDH yang ada pada jaringan transmisi Jakarta-Pekanbaru adalah sebanyak 96 Mux ADM, dan ini sudah melebihi batas maksimal Mux ADM dalam rekomendasi ITU-T untuk sistem proteksi MS-SPRing. Oleh sebab itu sistem proteksi link pada tiap lajurnya menggunakan MSP 1+1, dimana setiap lajur STM-64 tersebut membawa traffiknya masing-masing. Namun penggunaan proteksi MSSPRing dapat dilakukan sekarang pada lajur Jakarta-Pekanbaru jika perangkat SDH tersebut ditumpangkan dan dibangun diatas *network* OADM yang dipilih di sepanjang lajur Jakarta-Pekanbaru yaitu dengan *add*, *drop* atau mem-*passthrough* tiap NE

yang kemudian disesuaikan agar tidak melebihi 16 NE. Proteksi trafik pada lajur Jakarta-Mentigi-Pekanbaru tidak dapat menyeluruh dibuat melalui lajur Jakarta-Kalianda-Pekanbaru, mengingat lajur Jakarta-Kalianda-Pekanbaru tersebut juga membawa traffiknya sendiri. Untuk mewujudkan sistem proteksi MSSPRing pada lajur Jakarta-Pekanbaru maka pemilihan trafik yang akan diproteksi melalui kedua lajur *inland* dan *submarine* 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 Jakarta ó 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 ó alat besar yang dapat menyebabkan jaringan kabel optik medan ó pekanbaru terputus secara bersamaan pada link working dan link protection menyebabkan availability jaringan medan ó pekanbaru menjadi turun. Dan juga restorasi dilapangan dengan cara menyambung kabel optik yang terputus cukup memakan waktu lama. Dalam 5 bulan dan 8 bulan observasi untuk lajur *inland* dan *submarine*, rata-rata untuk restorasi kabel optik selama 8,4 jam dan 12.3 jam, sehingga downtime pada trafik Jakarta ó Pekanbaru tidak mencapai target yang telah distandarkan oleh PT. Excelcomindo Axiata 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.

3.6 Pertimbangan Optimasi Proteksi pada Jaringan Jakarta – Pekanbaru

Dari penjelasan diatas maka optimasi proteksi pada jaringan Jakarta-

Pekanbaru harus dilakukan guna meningkatkan availability dan juga kapasitas jaringan. Berikut beberapa hal yang mendukung alasan perlunya optimasi pada jaringan kabel optik Jakarta-Pekanbaru, yaitu :

- Kapasitas dari jaringan transmisi Jakarta ó 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 Jakarta ó 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.

BAB IV

Optimisasi Proteksi Jaringan Transmisi SDH dan DWDM

Jakarta - Pekanbaru

4.1 Perencanaan Optimasi

Jaringan transmisi SDH dan DWDM *inland* pada Jakarta ó Pekanbaru merupakan sistem transmisi berkapasitas besar mulai dari transmisi rate ratusan bit-per-seconds hingga ratusan gigabit-per-seconds, sehingga apapun kegagalan pada lajur transmisi ataupun perangkat ADM dan OADM dapat mengakibatkan gangguan pada layanan yang sangat besar. Dengan optimasi ini bertujuan untuk dapat meningkatkan survivability jaringan, optimasi *resource* trafik pada restorasi trafik 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 (rerouting) 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 beberapa pilihan yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Untuk transmisi SDH dilakukan perubahan lajur kabel optik antara working link dan proteksi link agar tidak memiliki rute yang sama agar proteksi MSP 1+1 dapat memproteksi secara optimal. Sehingga kemungkinan terjadinya putus kabel pada kedua link tersebut akan semakin kecil, untuk lajur DWDM *inland* dan *submarine* bisa dioptimisasikan dengan melakukan proteksi section OSNCP yang menyeluruh di sepanjang jalur tetapi untuk melakukan perubahan ini memerlukan biaya yang cukup besar. Untuk membuat rute kabel optik yang berbeda, PT Exelcom harus menyewa pada pemerintah daerah

2. setempat atau pada pemilik tanah dimana lajur kabel optik ditanam, ditambah biaya operasional selama pengerjaan relokasi kabel tersebut dan untuk membentuk proteksi OSNCP diperlukan juga tambahan biaya untuk pembelian card transponder.
3. 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 SDH dan DWDM Jakarta-Pekanbaru yang telah memiliki 2 buah lajur, yaitu yang melalui lajur inland dan submarine. Untuk mempertahankan kapasitas dan meningkatkan utilisasi jaringan SDH *inland* Jakarta-Pekanbaru, maka proteksi link MSP 1+1 harus diubah menjadi 1+0 (tanpa MSP). Sedangkan pada DWDM inland dan OADM dilakukan dengan menumpangkan perangkat SDH (melalui transponder STM-64) ke dalam Mux OADM pada network DWDM. Hal ini berguna agar trafik dapat ditambah dan diturunkan sesuai dengan yang diinginkan. Jadi nantinya trafik akan dilewatkan melalui lajur *submarine* (main) dan lajur *inland* (proteksi). Perubahan sistem proteksi menjadi SNCP Ring merupakan cara yang terbaik dalam mengoptimalkan jaringan, mengingat konfigurasi module pada perangkat multiplexer juga mendukung dan 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. Dengan proteksi SNCP, gabungan antara DWDM *inland* Marconi dan SDH *inland* Alcatel di sepanjang lajur Kalianda-Pekanbaru-Dumai juga dapat dikombinasikan sebagai lajur main dan proteksi sebagai alternative jika kapasitas cadangan di submarine tidak mencukupi.
4. Perubahan sistem proteksi jaringan DWDM *inland* dan *submarine* menjadi MS-SPRing juga dapat diterapkan pada jaringan DWDM *inland* dan *submarine* yaitu dengan mengalokasikan 1 STM-64 SDH (client) untuk ditumpangkan ke dalam network DWDM melalui Mux OADM *inland* dan *submarine* sehingga jumlah NE yang akan membentuk proteksi MS-

SPRing dapat diatur agar tidak melebihi 16 NE dalam satu ring (dengan *add*, *drop* dan *passthrough*). Tidak perlu dilakukan perubahan lajur kabel optik untuk proteksi ini, karena lajur DWDM *inland* dan *submarine* sudah membentuk ring, hanya saja untuk setiap section yang akan dibentuk ring itu harus memiliki kapasitas yang sama (misal: STM-64 semua). Semua perubahan dilakukan di sisi NMS tanpa harus ada intervensi dari perangkat ataupun lapangan.

4.2 Optimasi Konfigurasi jaringan Jakarta – Pekanbaru

4.2.1 Perubahan Konfigurasi Jaringan

Konfigurasi eksisting jaringan SDH Jakarta-Pekanbaru secara topologi membentuk jaringan linier mulai dari Kalianda sampai Dumai, 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 Jakarta ó Pekanbaru dengan kedua lajur tersebut adalah 2xSTM-64.

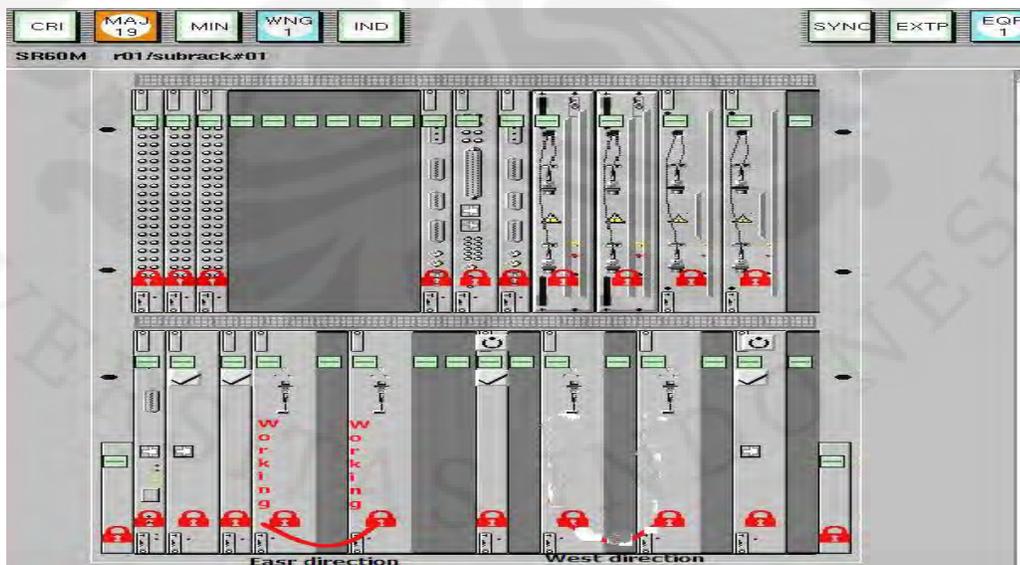
Agar dapat terjadi proteksi link MSP 1+1 dengan 2 media transmisi diantara 2 buah mux ADM, maka pada perangkat dipasang 2 buah modul interface STM-64. Hal ini untuk menghindari kemungkinan buruk yang terjadi saat salah satu link MSP mengalami kegagalan ataupun ketika modul STM-64 yang mengalami kerusakan, maka sistem proteksi MSP 1+1 tetap berjalan dan menyelamatkan trafik yang melewatinya. Gambar 4.1 merupakan 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.

Jaringan transmisi SDH Kalianda-Pekanbaru dapat dimaksimalkan menjadi 2 x STM-64 tanpa proteksi, dimana lajur linier Kalianda-Pekanbaru, 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 module STM-64 saat ini telah membawa dan memproses trafik STM-64 yang berbeda. Dengan konfigurasi ini kapasitas trasmisi dapat meningkat 2 kali dari kapasitas transmisi sebelumnya.



Gambar 4.1 Konfigurasi perangkat mux dan link proteksi 1+1



Gambar 4.2 Konfigurasi perangkat mux tanpa proteksi

Gambar 4.2 menunjukkan perubahan sistem proteksi dalam perangkat Mux ADM 1660SM menjadi MSP 1+0 (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.

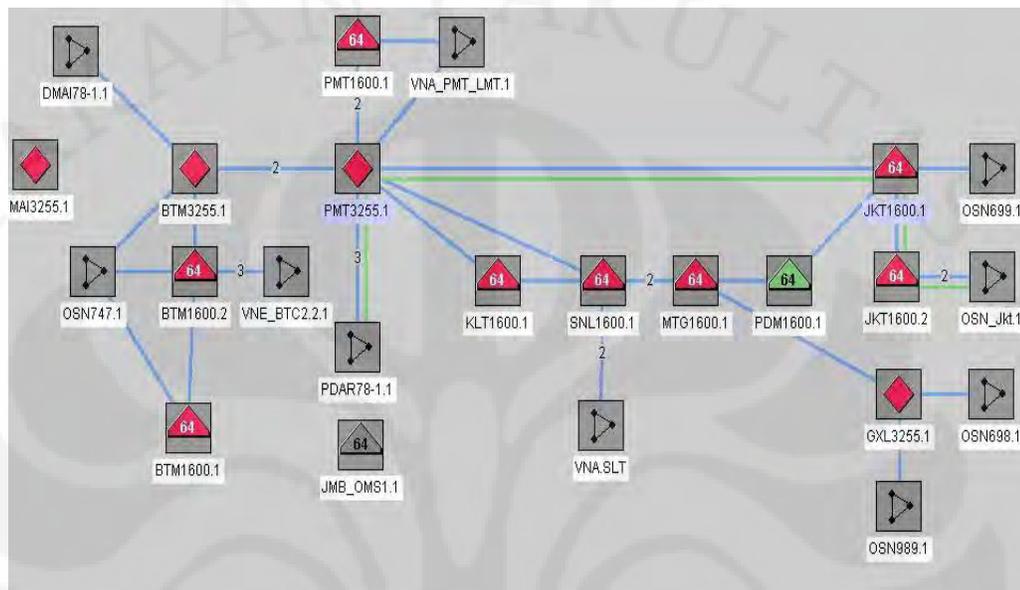
Topologi yang berbentuk ring pada jaringan *inland* dan *submarine* Jakarta-Pekanbaru sebenarnya dapat dimanfaatkan dengan menggunakan sistem proteksi MS-SPRing, dimana saat terjadi failure, trafik akan pindah otomatis ke lajur proteksi. Dalam proteksi MS-SPRing, jumlah node Mux ADM yang tidak boleh lebih dari 16 NE pada lajur *inland* dan *submarine* dapat diatasi dengan menumpangkan mux SDH pada OADM yang sudah ada pada tiap node serta memilih modul STM-64 mana saja dari Mux SDH tersebut (asalkan tidak lebih dari 16 Mux SDH) yang akan di *add*, *drop* atau di *passthrough* ke dalam OADM agar konfigurasi MS-SPRing dapat berjalan.

Sistem proteksi yang ideal untuk optimasi jaringan eksisting saat ini adalah menggunakan sistem proteksi SNCP (Subnetwork Network Connection Protection) yaitu dengan memilih salah satu dari 2 buah lajur transmisi DWDM Jakarta ó Pekanbaru (*inland* dan *submarine*) sebagai *working link* dan lajur lainnya sebagai proteksi link. Pada transmisi SDH Jakarta-Pekanbaru juga dapat menggunakan SNCP Ring ini dengan menentukan lajur main dan proteksinya melewati rute yang berbeda (*inland* dan *submarine*).

4.2.2 Proteksi dan Restorasi

Proteksi SNCP Ring yang akan digunakan pada jaringan Jakarta-Pekanbaru ini akan menjadikan semua trafik secara menyeluruh terproteksi. Proteksi SNCP merupakan proteksi end-to-end trafik, dan untuk kapasitas 2 x STM-64 pada SDH Kalianda-Pekanbaru akan terproteksi dari lajur yang berbeda. Trafik 3 x STM-64 yang melalui lajur *submarine* Jakarta-Mentigi-Dumai-Pekanbaru akan di proteksi melalui lajur *inland* 8 x STM-64 Jakarta-Kalianda-Pekanbaru dan begitu juga sebaliknya. Dengan menerapkan sistem proteksi ini maka restorasi dan survivability jaringan telah dapat diperkirakan, dimana tidak

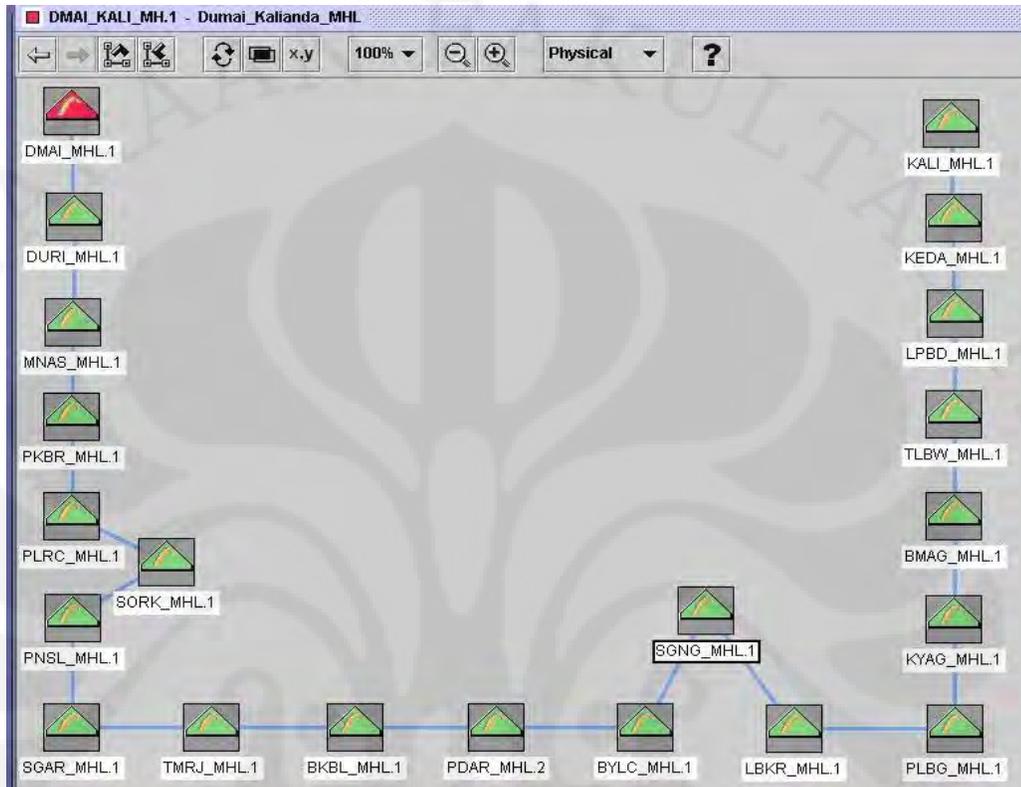
ada layanan yang terganggu ketika terjadi fiber cut pada salah satu *section* yang ada diantara lajur Jakarta-Mentigi-Dumai-Pekanbaru. Gambar 4.3 menunjukkan lajur eksisting submarine Jakarta-Pematang Lumut-Dumai yang berkapasitas 3 x STM-64.



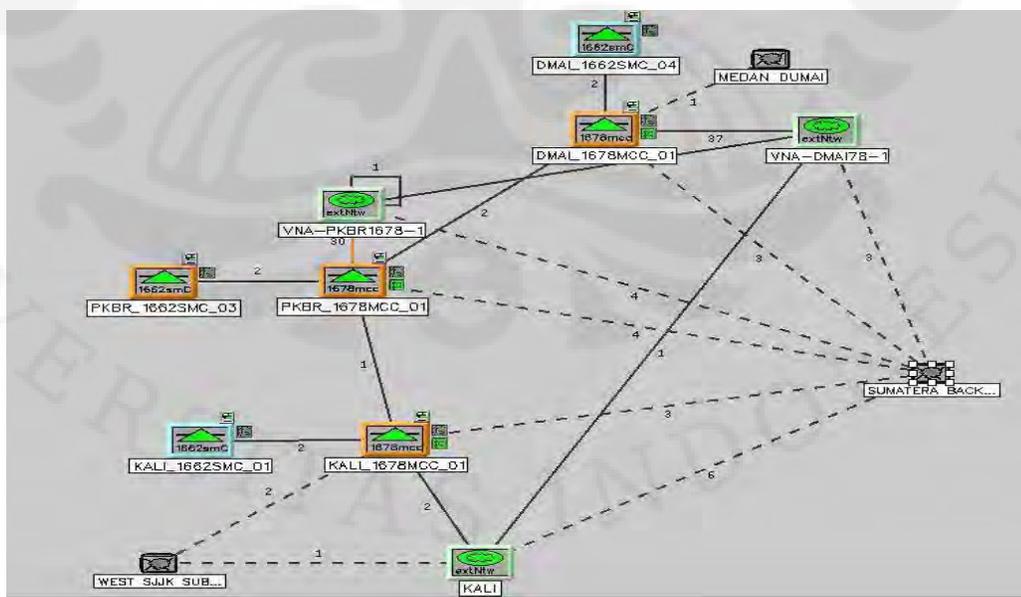
Gambar 4.3 Subnet submarine Mux Marconi over DWDM Jakarta-Mentigi-Dumai

Dari gambar 4.3, restorasi pada lajur submarine Jakarta-Pekanbaru-Dumai dapat mencapai nilai yang optimal, apabila setiap trafik yang masuk kedalam transmisi tersebut terproteksi dengan lajur yang berbeda antara working link dan protection linknya. Dari 3 *lambda* diatas, proteksi pada konfigurasi terdahulu berada pada lajur kabel yang sama dengan lambda yang berbeda, sehingga jika terjadi gangguan pada kedua link tersebut maka rerouting harus dilakukan dengan mengambil *resource* pada lajur lainnya, sebab pengaturan untuk alokasi proteksi pada konfigurasi ini tidak ada. Pengambilan *resource* proteksi pada lajur inland Kalianda-Pekanbaru dan Jakarta-Anyer merupakan pilihan terbaik agar proteksi SNCP dapat bekerja optimal. Gambar 4.4 menunjukkan lajur subnet inland DWDM Marconi Kalianda-Dumai, sedangkan untuk add/drop Mux SDH nya menggunakan Alcatel dimana jaringan Mux Alcatel SDH ini dibangun diatas jaringan DWDM Marconi. Gambar 4.5 menunjukkan Mux Alcatel 1678 yang secara konfigurasi dan *software* dibangun diatas jaringan DWDM Marconi *inland*. Sedangkan untuk subnet lajur Anyer-Jakarta ditunjukkan pada gambar 4.6, lajur

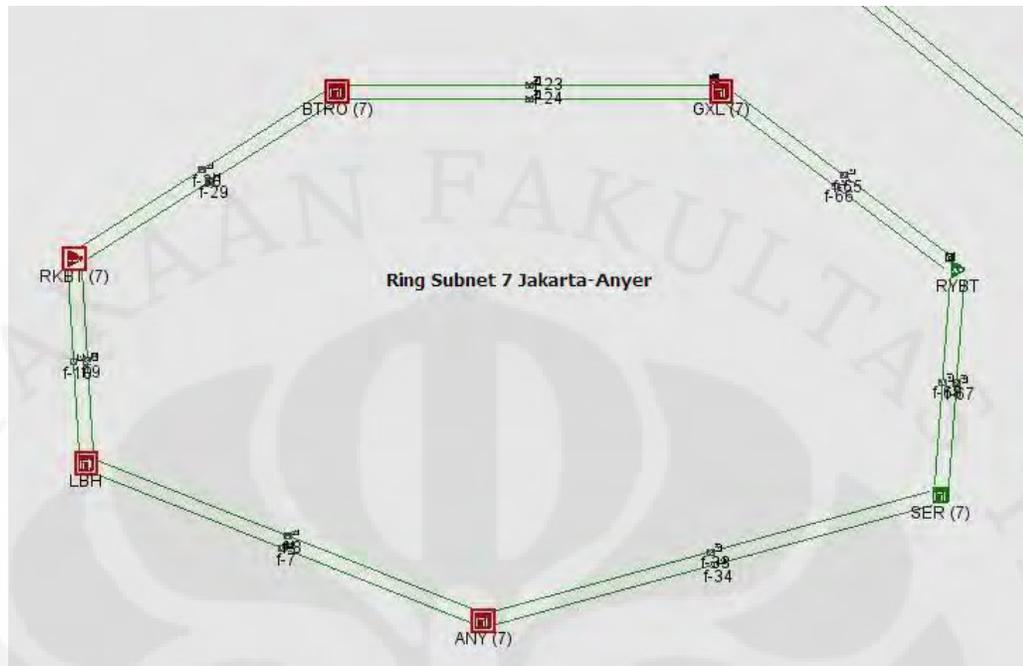
ini membentuk ring dari Jakarta-Rangkasbitung-Anyer dan Jakarta-Serang-Anyer yang memiliki lajur kabel yang berbeda.



Gambar 4.4 Subnet inland DWDM Marconi Kalianda-Dumai



Gambar 4.5 Mux Alcatel over DWDM inland Marconi



Gambar 4.6 Subnet 7 Ring DWDM Anyer-Jakarta

Pada jaringan Anyer-Jakarta sudah membentuk ring yang melalui rute kabel optik yang berbeda dan proteksi yang digunakan pada subnet ini bisa SNCP ataupun MS-SPRing. Bila SNCP yang dipilih maka distribusi trafik yang berasal dari Jakarta menuju Pekanbaru akan terproteksi secara *end to end* dengan memilih Mux yang di Jakarta dan Anyer sebagai switch SNCP. Sedangkan bila MS-SPRing yang dipilih maka harus dialokasikan kapasitas yang sama di sepanjang lajur ini (west dan east) untuk membentuk proteksinya dan memproteksi hanya sampai section saja (bukan path) dalam satu subnet tersebut.

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 SDH dan DWDM Jakarta ó Pekanbaru terdiri dari 2 tahap mendasar, yaitu :

- Perubahan sistem proteksi sepanjang jalur SDH Kalianda-Pekanbaru dari MSP 1+1 menjadi MSP 1+0
- Perubahan proteksi pada trafik sepanjang jalur *submarine* dan *inland* yang telah ada dan alokasi proteksi.

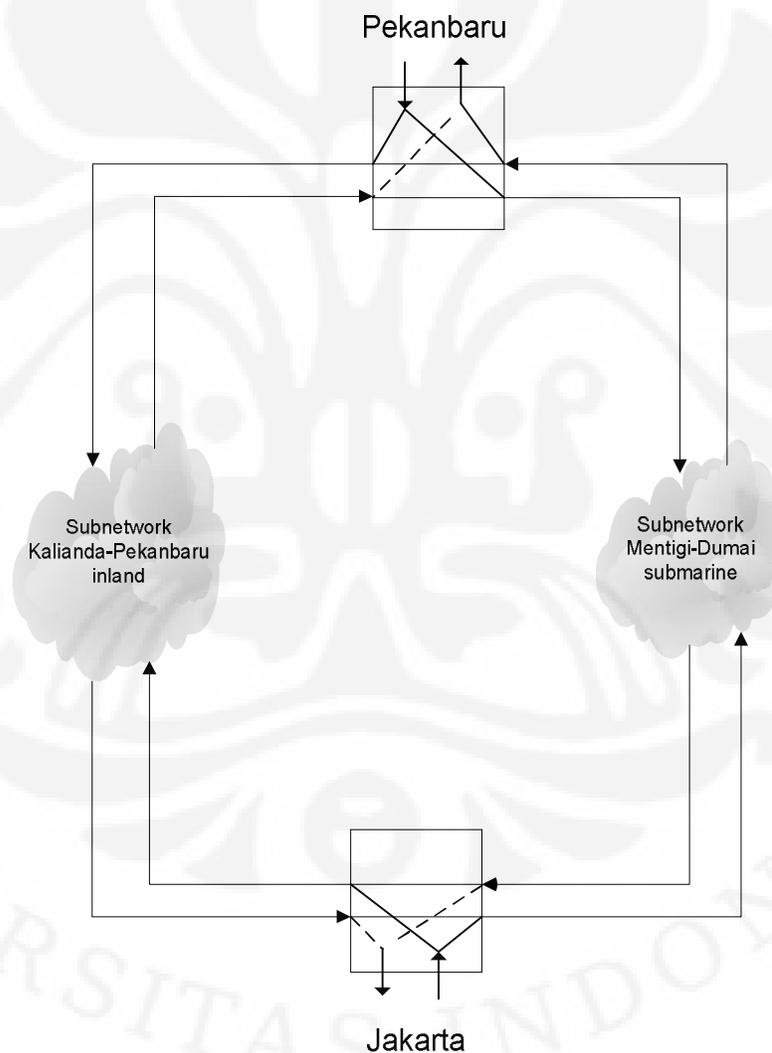
Dari kedua tahap tersebut, dapat dilakukan melalui Network Management System (MNS) tanpa harus adanya perubahan pada hardware perangkat ataupun penambahan modul dalam perangkat Mux ADM. Dengan tidak adanya penambahan atau pembelian modul baru, maka optimasi ini dapat dilakukan tanpa harus mengeluarkan biaya.

Perubahan sistem proteksi MSP 1+1 menjadi MSP 1+0 artinya melakukan perubahan kapasitas, dimana awalnya trafik sebesar 1 x STM-64 dibawa oleh 2 media transmisi kabel optik dan 2 buah modul 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 *inland* akan diproteksi dengan lajur yang melewati *submarine*. Dan juga sebaliknya. Ini merupakan suatu keuntungan tersendiri, dimana peningkatan kapasitas dan survivability jaringan tercapai dengan menekan biaya operasional.

Perubahan rute main dan proteksi untuk lajur DWDM *submarine* dari awalnya trafik diproteksi melalui lambda yang berbeda (melalui rute kabel optik sama) menjadi trafik yang diproteksi melalui lambda yang berbeda atau sama (melalui rute kabel optik yang berbeda). Alokasi kapasitas untuk memproteksi trafik di lajur *submarine* dapat diambil dari kapasitas yang ada di lajur DWDM *inland*. Kapasitas lajur inland yang sebesar 8 x STM-64 tidaklah semuanya terpakai dan besarnya kapasitas yang sudah terpakai terdistribusi tidak merata di kedelapan lambda tersebut karena dipengaruhi distribusi trafik.

4.4. Final disain pada jaringan Jakarta – Pekanbaru

Gambar 4.7 menunjukkan desain akhir dari jaringan Jakarta-Pekanbaru yang dimana lajur main proteksinya melalui lajur yang berbeda yaitu melewati inland dan submarine. Untuk yang menjadi simpul proteksinya dapat digunakan di semua multiplexer yang sudah melakukan proses add/drop ada di tiap lajur. Dan multiplexer yang dilewati oleh trafik proteksi akan di passthrough sampai ke ujung simpul satunya. Jadi ada dua simpul yang bebas untuk dipilih sesuai dengan end to end trafik. Konfigurasi proteksi SNCP Ring ini dapat digunakan oleh trafik yang ada di jaringan eksisting SDH dan DWDM.



Gambar 4.7 Desain akhir jaringan Pekanbaru-Jakarta

Keuntungan dari jaringan yang di optimasi ini adalah:

- Peningkatan kapasitas untuk lajur SDH Kalianda-Dumai, karena diubah dari MSP 1+1 menjadi 1+0 tetapi dapat memproteksi trafik main secara dedicated sesuai permintaan.
- Survivability dari jaringan semakin meningkat, karena lajur main dan proteksi memiliki lajur yang berbeda
- Dapat memberikan layanan baru dengan survivability tinggi karena route path yang sudah terproteksi secara media transmisi, modul processing dan path.

BAB V

KESIMPULAN

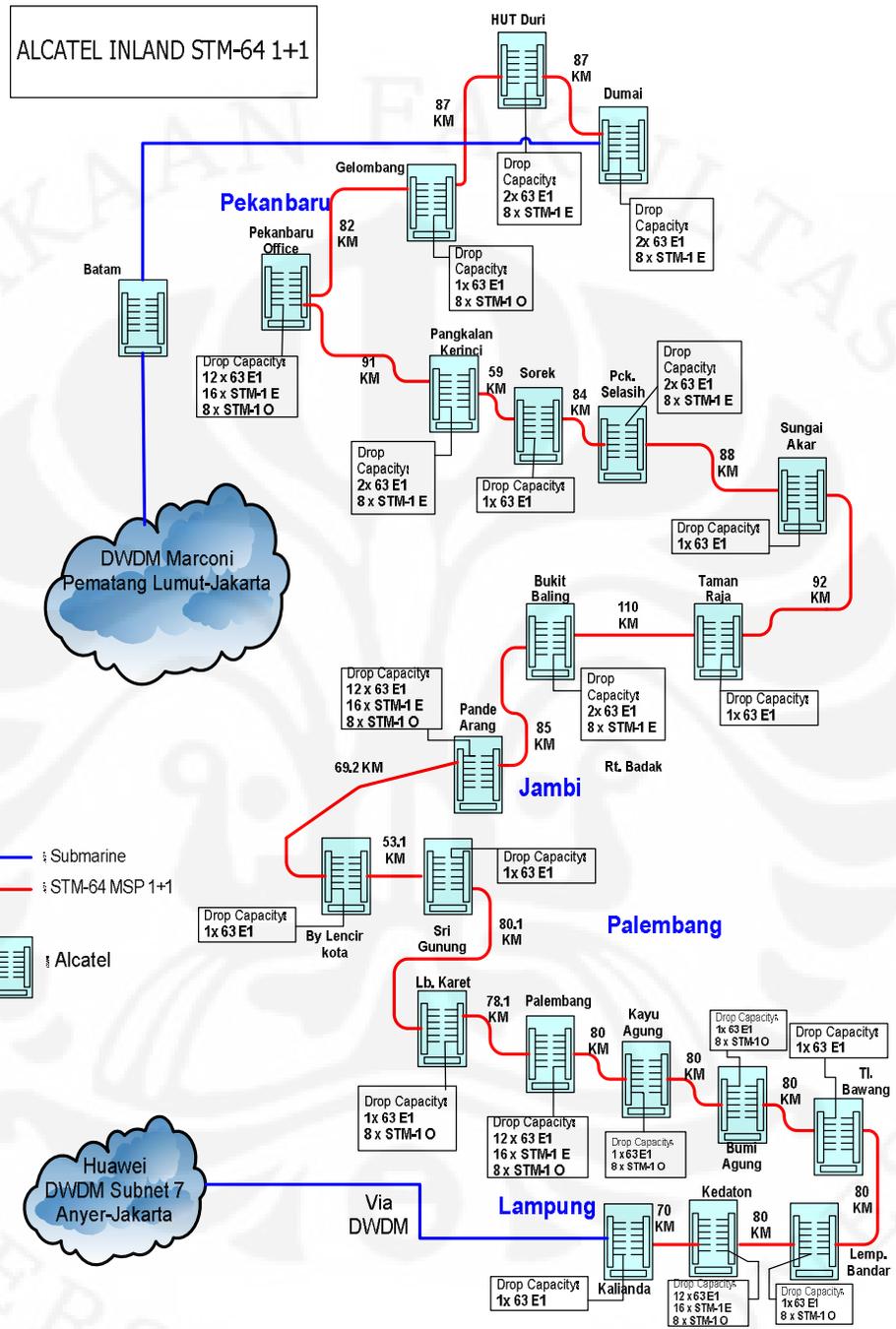
Dari Pembahasan yang telah diutarakan dari bab I sampai bab IV, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem proteksi yang dipakai pada jaringan existing SDH Jakarta-Pekanbaru adalah MSP 1+1 akan optimal dengan merutekan lajur main melalui kabel inland dan lajur proteksi melalui kabel submarine.
2. Penggunaan proteksi SNCP Ring melalui lajur DWDM *submarine* sebagai *working* dan *inland* sebagai *protection* dapat memproteksi trafik secara end to end pada tiap node di sepanjang lajur Jakarta sampai Pekanbaru.
3. MS-SPRing memproteksi trafik hanya sampai section saja (tidak sampai path).

DAFTAR REFERENSI

1. Kartalopoulos, Stamatios. (2008). *Next Generation Intelligent Optical Networks*. The University of Oklahoma: Springer.
2. Alcatel University. (2008). *Technical Book about 1678MCC (Vols 1/1)*. New York: Alcatel-Lucent.
3. Gumaste, Ashwin., & Antony, Tony. (2002). *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*. New York: Cisco Press.
4. *Mata Kuliah Teknik Transmisi*. (2008). Media Pembelajaran multimedia <http://www.scribd.com/doc/25496678/TEKNIK-TRANSMISI>
5. ITU-T Recommendation G841, *Types and characteristics of SDH network protection architectures*. 2000.
6. ITU-T Recommendation G872, *Architecture of optical transport networks*. 2000.

LAMPIRAN



(Lanjutan)

Sumatera Backbone

