

TUGAS AKHIR

**ANALISA UPGRADE KAPASITAS SISTEM KOMUNIKASI
KABEL LAUT JAKARTA-SURABAYA DENGAN TEKNOLOGI
DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING (DWDM)
UNTUK MENGETAHUI PERFORMANSI TRANSMISI**

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)



Disusun Oleh :

Nama : Lukman Hakim
NIM : 41405120008

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2010**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lukman Hakim
NIM : 41405120008
Jataurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya buat dan susun ini hasil pemikiran serta karya saya sendiri. Tugas Akhir ini tidak dibuat oleh pihak lain, kecuali kutipan-kutipan referensi yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Januari 2010



Lukman Hakim

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA UPGRADE KAPASITAS SISTEM KOMUNIKASI KABEL LAUT
JAKARTA-SURABAYA DENGAN TEKNOLOGI DENSE WAVELENGTH
DIVISION MULTIPLEXING (DWDM) UNTUK MENGETAHUI
PERFORMANSI TRANSMISI**

Oleh :

Lukman Hakim

41405120008

Tugas Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro

Universitas Mercu Buana

Disetujui dan diterima oleh :

Pembimbing

Kaprodi Teknik Elektro

Ir. Bambang Hutomo, Bc.TT.

Ir. Yudhi Gunardi, M.T.

KATA PENGANTAR

Tak ada kata seindah ucapan rasa syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan iman, islam dan terutama kesehatan. Dengan nikmat tersebut sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun sebagai pelengkap persyaratan untuk menyelesaikan program Strata-I di jurusan Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.

Dalam tugas akhir dengan judul “ANALISA UPGRADE KAPASITAS SISTEM KOMUNIKASI KABEL LAUT JAKARTA-SURABAYA DENGAN TEKNOLOGI DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING (DWDM) UNTUK MENGETAHUI PERFORMANSI TRANSMISI” ini penulis menganalisa upgrade kapasitas SKKL JS untuk mengetahui performansi agar mendapatkan sistem yang handal.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan masukan untuk memperbaiki Tugas Akhir ini. Akhir kata, mudah-mudahan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan penulis serta pengembangan di masa yang akan datang.

Jakarta, Januari 2010

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam tahapan penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Orangtua dan keluarga tercinta yang telah memberikan do'a, semangat dan dukungan
2. Ir. Bambang Hutomo, Bc.TT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan banyak waktu untuk arahan dan bimbingan
3. Kepala Jurusan Teknik Elektro, Ir. Yudhi Gunardi, M.T.
4. Seluruh staff Divisi Submarine Cable, khususnya Departement Pemeliharaan PT. Indosat SKKL Ancol.yang telah memberikan bimbingan, do'a dan dukungan.
5. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Mercu Buana Angkatan VIII Jurusan Teknik Elektro Kelas Karyawan, yang terus memberikan semangat dan dukungan.
6. Seluruh Dosen pengajar Universitas Mercu Buana, yang telah mengajarkan penulis berbagai macam ilmu dan pengetahuan

Mudah-mudahan segala do'a, bimbingan, semangat, dan dukugan dibalas oleh Allah SWT dan menjadi amal kebajikan yang pahalanya terus mengalir sampai akhir zaman.

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERNYATAAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penulisan.....	2
1.4 Pembatasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Dense Wavelength Division Multiplexing	5
2.1.1 Solusi untuk Kebutuhan Throughput Masa Kini.....	5
2.1.2 Teknologi Wavelength Division Multiplexing (WDM)	6
2.1.3 Perbandingan Teknologi WDM dan TDM	8

2.1.4	Pengertian DWDM	10
2.1.5	Komponen Dasar DWDM	12
2.1.5.1	Transponder	12
2.1.5.2	Terminal Multiplexer	13
2.1.5.3	Terminal Demultiplexer	14
2.1.5.4	Optical Add/Drop Multiplexer (OADM)	14
2.1.5.5	Optical Supervisory Channel (OSC)	15
2.2	Sistem Komunikasi Serat Optik	16
2.2.1	Konsep Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik	16
2.2.2	Power Budget	17
2.2.3	Atenuasi/Redaman	18
2.2.4	Dispersi	19
2.3	Synchronous Digital Hierarchy (SDH)	20
2.3.1	Sejarah Singkat dan Pengenalan SDH	20
2.3.2	Model Fungsional	22
2.3.3	Level Hierarki SDH	23
2.3.4	Struktur Frame STM-1	24
2.3.5	Elemen Multipleks SDH	25
2.3.5.1	Container C	26
2.3.5.2	Virtual Container	27
2.3.5.3	Administrative Unit (AU)	28
2.3.5.4	Tributary Unit (TU)	29
2.3.5.5	Tributary Unit Group (TUG)	31

2.3.5.6 Administrative Unit Group (AUG).....	32
2.3.6 Skema Multipleksing SDH.....	33
2.4 Sistem Komunikasi Kabel Laut.....	34
2.4.1 Kabel laut dengan Repeater.....	34
2.4.2 Komponen-Komponen Pada Kabel Laut.....	36
2.4.2.1 Wet Plant	36
2.4.2.2 Dry Plant.....	42
BAB III PERANCANGAN SISTEM UPGRADE	46
3.1 Umum.....	46
3.2 Analisa trafik yang dibutuhkan	46
3.3 Perancangan Struktur Jaringan.....	47
3.3.1 Arsitektur Sistem.....	47
3.3.2 Serat Optik yang digunakan	48
3.3.3 Wet Plant Supervisi	48
3.3.4 Perancangan Konfigurasi Perangkat Terminal SDH STM-64	49
3.3.5 Perancangan Konfigurasi Perangkat SLTE	51
3.4 Perancangan Sistem Telekomunikasi.....	52
3.4.1 Pre in station test.....	53
3.4.1.1 TRBD Setting	53
3.4.1.2 LOFAs	54
3.4.1.3 Analisis Link Power Budget.....	56
3.4.2 In station test.....	58
3.4.2.1 TRBD.....	58
3.4.2.2 ALCT 101x “Dummy” Wavelength Channel	58

3.4.2.3 Common Tx and Rx	59
3.4.2.4 1620LM Unit Specification	60
3.4.2.5 1620LM Transoceanic SLTE dengan NZDSF Fibre System.....	61
3.4.2.6 Optical Power and Pre-Emphasis measurement.....	62
3.4.2.7 Cable Repair DCM Insertion Loss Measurement.....	66
3.4.2.8 Tributary input sensitivity : SDH/10GbE User interfaces.....	67
3.4.2.9 Line Sensitivity dan AIS.....	71
3.4.2.10 Tributary SDH/10GbE Dual Functionality Verification	71
3.4.3 Stability Test (Confidence Trial)	77
3.4.4 Integrasi antara 1620LM dengan 1676UF	78
3.4.4.1 Pre-measurements sebelum integrasi.....	80
3.4.4.2 Measurements setelah integrasi	80
3.4.5 Segment Commissioning.....	81
3.4. 5.1 SLTE Tributary Independence	81
3.4. 5.2 AIS insertion.....	82
BAB IV ANALISA SISTEM UPGRADE.....	84
4.1 Bit-Error Rate (BER) dan factor Q.....	84
4.2 Faktor Q.....	89
4.3 Optical Signal-to-Noise Ratio (OSNR).....	91
BAB V PENUTUP.....	94
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva redaman fiber terhadap panjang gelombang operasi.....	7
Gambar 2.2	Prinsip kerja TDM pada sistem komunikasi optik	8
Gambar 2.3	Prinsip kerja WDM pada sistem komunikasi optik	9
Gambar 2.4	Komparasi TDM dan WDM.....	10
Gambar 2.5	Skematik fungsional DWDM.....	11
Gambar 2.6	Independensi DWDM dari sinyal-sinyal yang berbeda format ...	11
Gambar 2.7	Ilustrasi transponder	13
Gambar 2.8	Ilustrasi line terminal dan konfigurasi line terminal pada 1626LM13	
Gambar 2.9	Terminal Demultiplexer	14
Gambar 2.10	Ilustrasi OADM	15
Gambar 2.11	Power Budget	17
Gambar 2.12	Chromatic dispersion	19
Gambar 2.13	Polarization mode dispersion.....	20
Gambar 2.14	Modal dispersion.....	20
Gambar 2.15	Model Transmitter/Receiver.....	23
Gambar 2.16	STM-1 frame	24
Gambar 2.17	Container	26
Gambar 2.18	Virtual Container	28
Gambar 2.19	Administrative Unit	29
Gambar 2.20	Tributary Unit.....	31
Gambar 2.21	Tributary Unit Group	32
Gambar 2.22	Administrative Unit Group.....	33
Gambar 2.23	Skema multipleksing SDH	33
Gambar 2.24	Sistem kabel laut dengan repeater	36
Gambar 2.25	Jenis-jenis kabel laut	38

Gambar 2.26 Branching unit	39
Gambar 2.27 Proses penguatan sinyal	41
Gambar 2.28 Prinsip Repeater	42
Gambar 2.29 Repeater kabel laut	42
Gambar 2.30 Konfigurasi pencatuan perangkat bawah laut point to point	43
Gambar 2.31 Cable Terminating Box (CTB)	44
Gambar 2.30 Cable Terminating Box (CTB)	44
Gambar 3.1 Peta Sistem Komunikasi Kabel Laut Jakarta-Surabaya	47
Gambar 3.2 Wavelength Assigment	49
Gambar 3.3 Rencana konfigurasi interkoneksi JS-Upgrade	50
Gambar 3.4 Konfigurasi perangkat SDH STM-64 dengan SLTE DWDM	52
Gambar 3.5 LOFA setting pada Ancol dan Banyu Urip	55
Gambar 3.6 Transponder TRBD1xy2 dengan VOA access (Pre and Post Comp)	58
Gambar 3.7 ALCT101x	58
Gambar 3.8 1620LM transoceanic SLTE dengan NZDSF fiber	61
Gambar 3.9 Pengukuran Tributary/ALCT power dan pre-emphasis	62
Gambar 3.10 Konfigurasi pengukuran power common amplifier	65
Gambar 3.11 Pengukuran kabel repair DCM insertion Loss	66
Gambar 3.12 Pegukuran sensitivity input tributary	69
Gambar 3.13 Pengukuran sensitivity input tributary	70
Gambar 3.14 Konfigurasi pengukuran Line Sensitivity dan AIS	72
Gambar 3.15 Konfigurasi pengetesan dual function	76
Gambar 3.16 Konfigurasi sebelum upgrade	79
Gambar 3.17 Konfigurasi setelah upgrade	80
Gambar 3.18 SLTE Tributary Independence	82
Gambar 4.1 BER terhadap factor Q	85
Gambar 4.2 Pengetesan performansi transmisi	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Alokasi Kapasitas Transmisi Modul Transport (Hierarchy Level).....	24
Tabel 2.2	Container	27
Tabel 2.3	Virtual Container.....	28
Tabel 2.4	Administrative Unit.....	29
Tabel 2.5	Tributary Unit	31
Tabel 2.6	Tributary Unit Group	32
Tabel 2.7	Keterangan jenis-jenis kabel	38
Tabel 3.1	Panjang Gelombang Operasi	51
Tabel 3.2	WDM Interface-Common Spesification	54
Tabel 3.3	Hasil pembacaan repeater interrogation	57
Tabel 3.4	Common Tx dan RX	59
Tabel 3.5	1620LM Unit Specification.....	60
Tabel 3.6	Optical Power and Pre-Emphasis measurement.....	64
Tabel 3.7	Hasil Pengukuran Power Common Amplifier	66
Tabel 3.8	Standart Data attenuasi DCM.....	67
Tabel 3.9	Hasil ukur DCM	67
Tabel 3.10	Sensitivity level	70
Tabel 3.11	Hasil pengetesan Tributary Input Sensitivity	71
Tabel 3.12	Hasil ukur line sensitivity and AIS	74
Tabel 3.13	OSNR	75
Tabel 4.1	Perbandingan Nilai BER sebelum dan sesudah upgrade level STM-16 ...	87
Tabel 4.2	Nilai BER 5 x STM-64.....	88
Tabel 4.3	Commissioning limit sesuai rekomendasi RKS PT. Indosat.....	90
Tabel 4.4	Hasil ukur Q Factor system upgrade	91
Tabel 4.5	Hasil pengukuran OSNR.....	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Straight Line Diagram	A-1
Lampiran 2	Daftar Alat Ukur yang digunakan.....	B-2
Lampiran 3	Pembacaan Spektrum Analyzer Sebelum Upgrade	C-3
Lampiran 4	Pembacaan Spektrum Analyzer Setelah Upgrade	D-8

DAFTAR SINGKATAN

APD	: Avalanche Photo Diode
ACO	: Alarm Cut Off
AIS	: Alarm Indication Signal
ALC	: Automatic Laser Control
ALCT	: Automatic Laser Control card
ALM	: Alarm
AMS	: Alternate Maintenance Signal
ANSI	: American National Standards Institute
APSD	: Automatic Power ShutDown
BER	: Bit Error Rate
BMDX	: Band Multiplexer Demultiplexer
BOFA	: Band Optical Fiber Amplifier
Ch	: Channel
CMDX	: Channel Multiplexer Demultiplexer
CMI	: Coded Mark Inversion
CPL	: Coupler
CT	: Craft Terminal
dB	: Decibel
dBm	: Decibels referred to one milliwatt
DCF	: Dispersion compensation fiber
DCU (DCM)	: Dispersion compensation unit
DMX	: Demultiplexer
DTA	: Data Transmission Analyser
DWDM	: Dense Wavelength Division Multiplexing
EDFA	: Erbium Doped Fiber Amplifier
EMPM	: Pump module for OFA

ESCT	: Equipment Shelf Controller
FBG	: Fiber Bragg Grating
FWM	: Four Wave Mixing
ITU	: International Telecommunications Union
LD	: Laser Diode
LED	: Light Emitting Diode
LOFA	: Line Optical Fiber Amplifier
LOS	: Loss Of Signal
LSGC	: Line Supervisory Gain Cell
LTE	: Line Terminal Equipment (terrestrial)
MX	: Multiplexer
NE	: Network Element
NRZ	: Non Return ton Zero
NZDSF	: Non Zero Dispersion Shifted Fiber
OADM	: Optical Add & Drop Multiplexing
OCH	: Optical Channel
OFA	: Optical Fiber Amplifier
OSA	: Optical Spectrum Analyser
OSNR (sNRO)	: Optical Suppression Noise Ratio
PDH	: Plesiochronous Digital Hierarchy
PIN	: Positive-Intrinsic-Negative
PM	:Performance Monitoring
RX	: Receive
RZ	: Return Zero modulation
SBS	: Stimulated Brillouin Scattering
SDH	: Synchronous Digital Hierarchy
SKKL	: Sistem Komunikasi Serat Optik
SLTE	: Submarine Line Terminal Equipment

SMS	: Submarine Management System
SN	: Serial Number
SRS	: Stimulated Raman Scattering
SSMF	: Standar Single Mode Fiber
STM-n	: Synchronous Transport Mode - Level n
TPD	: Transponder
TRBD(C)	: Tributary Transponder
TX	: Transmit
VOA	: Variable Optical Attenuator

DAFTAR ISTILAH

Avalanche	: Efek penguatan carrier yang terjadi pada detektor APD
Bandwidth	: Lebar pita frekuensi untuk menyalurkan informasi dalam sistem komunikasi.
Crosstalk	: Interferensi yang disebabkan oleh berpindahnya daya suatu kanal ke kanal lainnya sehingga terjadi pencampuran informasi.
Dispersi	: Pelebaran pulsa optik sepanjang penjarannya dalam serat optik
Dispersi Intermodal	: Dispersi yang terjadi karena adanya sejumlah mode penjaran dalam satu serat optik
Dispersi Intramodal	: Dispersi kromatik; terjadi karena adanya variasi indeks bias dan kecepatan penjaran terhadap panjang gelombang
Erbium	: Salah satu unsur kimia yang digunakan pada EDFA sebagai penguat
Equalizer	: komponen <i>wet plant</i> yang berfungsi untuk mengkompensasi dispersi kromatik yang timbul pada serat optik.
Frame	: Blok data yang berisi payload dan overhead
Margin	: Daya yang dialokasikan sebagai cadangan akibat degradasi perangkat, penyambungan serat yang putus, usia serat yang menyebabkan penurunan level daya terima.
Multiplex	: Proses penggabungan beberapa sinyal optik menjadi satu sinyal keluaran saja
Non Return to Zero	: Kode digital digital dimana bit 1 dihasilkan oleh pulsa

	dalam satu perioda
Overhead	: Bit-bit sinyal yang digunakan untuk pengendalian informasi pada frame SDH Payload : Bit-bit Informasi pada SDH
Photodetector	: Perangkat yang melakukan deteksi terhadap cahaya di sisi penerima dan mengkonversinya menjadi sinyal elektrik kembali
Photon	: Energi kuantum atau partikel-partikel atom dari cahaya
Power Budget	: Suatu metoda untuk memperhitungkan daya cahaya yang sampai pada fotodetektor (penerima)
Repeater	: Penguat baik bersifat optik maupun elektrik
Return to Zero	: Kode digital dimana bit 1 dihasilkan oleh pulsa setengah perioda
Sensitivitas penerima	: Batas minimum daya optik yang masih bisa dideteksi pada sisi penerima
Single mode	: Tipe serat optik dengan satu mode penjalaran
Threshold	: Batas ambang daya maksimum agar tidak terjadi interferensi antar kanal optik
Tributary	: Sinyal masukan SDH
Tributry Unit	: Unit gabungan dari tributary untuk membentuk tingkatan multipleks