

Peningkatan Kapasitas *Bandwidth* Menggunakan Teknologi Dwdm Ciena 6500 pada Sistem Kabel Bawah Laut Sea-Us

Mokhamad Tri Handoyo Iryanto¹, Maria Angela Kartawidjaja²

^{1,2}Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, INDONESIA
¹email :handoyoiryanto@gmail.com

Abstrak

Artikel ini membahas proses peningkatan kapasitas bandwidth pada sistem kabel bawah laut SEA-US menggunakan perangkat Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Ciena 6500. Teknologi DWDM memungkinkan transmisi simultan banyak sinyal optik dalam satu serat optik, sehingga meningkatkan kapasitas jaringan tanpa menambah infrastruktur fisik. Peningkatan kapasitas bandwidth melalui DWDM Ciena 6500 tidak hanya berdampak teknis tetapi juga memiliki konsekuensi sosial dan ekonomi yang luas. Akses data yang lebih cepat dan stabil membuka peluang ekonomi digital, seperti e-commerce, startup berbasis internet, serta memperluas akses pendidikan daring dan layanan kesehatan digital di wilayah Indonesia Timur. Studi ini mencakup tahapan survei, instalasi, dan pengujian perangkat untuk memastikan kinerja sesuai standar. Hasil menunjukkan bahwa sistem berhasil ditingkatkan dengan parameter teknis yang memadai dan tanpa kesalahan selama pengujian Integrated Test Set (ITS). Temuan ini menunjukkan efektivitas teknologi DWDM dalam memenuhi kebutuhan bandwidth yang terus meningkat.

Kata kunci : Bandwidth; DWDM; Ciena 6500; Kabel Bawah Laut; SEA-US

Abstract

This article discusses the process of increasing the bandwidth capacity of the SEA-US submarine cable system using the Ciena 6500 Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) device. DWDM technology allows the simultaneous transmission of multiple optical signals in a single optical fiber, thereby increasing network capacity without adding physical infrastructure. Increasing bandwidth capacity through the Ciena 6500 DWDM not only has technical impacts but also has broad social and economic consequences. Faster and more stable data access opens up opportunities for the digital economy, such as e-commerce, internet-based startups, and expanding access to online education and digital health services in the Eastern Indonesia region. This study includes the stages of survey, installation, and device testing to ensure performance meets standards. The results show that the system was successfully upgraded with adequate technical parameters and without errors during the Integrated Test Set (ITS) testing. These findings demonstrate the effectiveness of DWDM technology in meeting the increasing bandwidth needs.

Keywords: Bandwidth; DWDM; Ciena 6500; Submarine Cable, SEA-US

PENDAHULUAN

Kabel SEA-US merupakan infrastruktur penting untuk konektivitas global, menghadapi tantangan signifikan dalam memenuhi permintaan *bandwidth* yang terus meningkat. Permintaan *bandwidth* yang terus meningkat akibat perkembangan teknologi seperti IoT, streaming video dan komputasi awan telah memberikan tantangan besar bagi operator jaringan. Dalam konteks ini, kolaborasi dengan konsorsium global dan penerapan teknologi canggih menjadi kunci untuk menjaga stabilitas dan efisiensi jaringan. Ciena, sebagai salah satu penyedia teknologi terkemuka, berperan penting dalam memberikan solusi inovatif untuk mendukung pengembangan kapasitas kabel SEA-US.

Salah satu teknologi utama yang digunakan adalah *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) Ciena 6500, yang memungkinkan transmisi banyak sinyal optik dalam satu serat optik. Teknologi ini memberikan solusi efektif untuk meningkatkan kapasitas jaringan tanpa menambah infrastruktur fisik.

Sistem kabel SEA-US memiliki panjang sekitar 15.000-kilometer dan menghubungkan lima wilayah strategis: Manado di Indonesia, Davao di Filipina Selatan, Piti di Guam, Honolulu di Hawaii, dan Los Angeles di Amerika Serikat. Sistem ini dirancang untuk menghindari area rawan gempa di Asia Tenggara, memastikan

konektivitas yang stabil dan handal di jaringan transpasifik.



Gambar 1. Peta kabel submarine SEA-US

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis proses peningkatan kapasitas *bandwidth* menggunakan perangkat DWDM Ciena 6500. Dengan studi kasus pada SEA-US, penelitian ini memberikan panduan untuk implementasi teknologi serupa dalam sistem kabel bawah laut lainnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Infrastruktur SEA-US dalam mendukung konektivitas global kabel bawah laut adalah infrastruktur kritis yang memainkan peran penting dalam jaringan komunikasi internasional. Sistem kabel ini menghubungkan lima wilayah strategis: Manado di Indonesia, Davao di Filipina Selatan, Piti di Guam, Honolulu di Hawaii, dan Los Angeles di Amerika Serikat. Dengan panjang sekitar 15.000 kilometer, SEA-US dirancang untuk memberikan jalur

konektivitas yang stabil dan tangguh, bahkan di kawasan rawan gempa di Asia Tenggara. Menurut Park & Kim (2020), diversifikasi jalur kabel bawah laut sangat penting untuk mengurangi risiko gangguan akibat gempa. Desain ini tidak hanya meningkatkan kapasitas jaringan transpasifik tetapi juga menyediakan diversifikasi jalur untuk meningkatkan redundansi dan mengurangi risiko gangguan jaringan.

Tantangan dalam peningkatan permintaan *bandwidth* berawal dari kemajuan teknologi dan meningkatnya aktivitas digital, seperti streaming video, komputasi awan, dan *Internet of Things* (IoT). Semua aktivitas global tersebut telah menyebabkan lonjakan kebutuhan *bandwidth* global. Infrastruktur komunikasi tradisional menghadapi tantangan besar dalam memenuhi permintaan ini. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi yang tidak hanya meningkatkan kapasitas jaringan tetapi juga efisien dan hemat biaya.

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) menjadi salah satu solusi teknologi terkemuka yang dirancang untuk mengatasi tantangan peningkatan permintaan *bandwidth*. Dengan teknologi ini, beberapa sinyal optik dapat

ditransmisikan secara simultan melalui satu serat optik, menggunakan panjang gelombang yang berbeda. Keunggulan DWDM terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan kapasitas jaringan secara signifikan tanpa perlu menambah infrastruktur fisik, menjadikannya solusi yang sangat efektif untuk kabel bawah laut seperti SEA-US. Selain itu, DWDM mendukung kecepatan tinggi dan fleksibilitas dalam konfigurasi jaringan, yang penting untuk memenuhi kebutuhan bandwidth yang terus berkembang. Menurut Luo et al. (2017), DWDM memiliki keunggulan dalam meningkatkan efisiensi jaringan optik, terutama untuk kabel bawah laut dengan jarak panjang dan dapat mengurangi waktu transmisi. Selain itu menurut Al-Salameh et al. (2019) penggunaan modul modular dalam perangkat DWDM bermanfaat untuk pengelolaan jaringan yang lebih fleksibel.

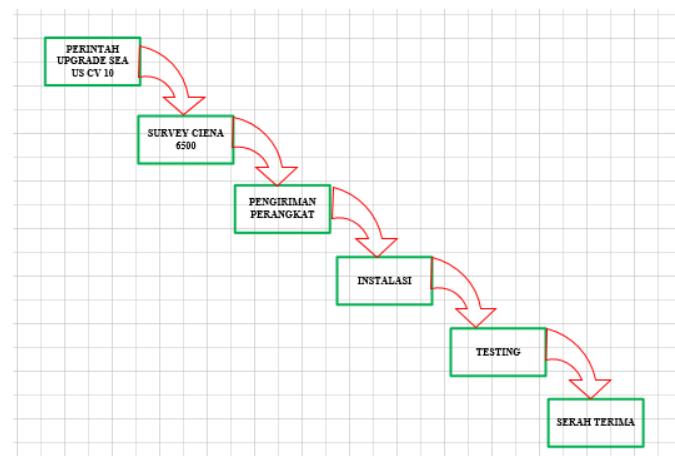
Pembangunan dan pengelolaan kabel SEA-US melibatkan konsorsium perusahaan internasional yang mencakup PT. Telekomunikasi Indonesia International (Telin), Globe Telecom, RAM Telecom International (RTI), Hawaiian Telcom,

Telekom Holdings (GTA), GTI Corporation, dan Telkom USA, menunjukkan komitmen dalam menyediakan infrastruktur komunikasi yang handal. Kolaborasi ini tidak hanya memastikan pembangunan kabel berjalan lancar tetapi juga memungkinkan pembagian tanggung jawab dalam pengelolaan dan peningkatan kapasitas jaringan.

Perangkat Ciena 6500 menjadi komponen penting dalam pengoperasian dan peningkatan kapasitas kabel SEA-US. Dengan fitur modular dan teknologi panjang gelombang 400 gigabit per modul transponder, perangkat ini memungkinkan konfigurasi yang fleksibel dan efisien. Selain itu, Ciena 6500 dirancang untuk mendukung pemantauan dan pemeliharaan yang efektif, memastikan jaringan tetap stabil dan andal. Implementasi perangkat ini di sistem SEA-US telah menunjukkan keberhasilan dalam menghadapi tantangan peningkatan permintaan *bandwidth* secara berkelanjutan. Indonesia sebagai negara kepulauan menempatkan kabel *landing station* bertempat di Manado untuk SEA-US, untuk memudahkan interkoneksi antar Pulau di Indonesia dan internasional.

METODE

Proses peningkatan kapasitas (upgrade SEA-US) terdiri atas beberapa tahapan, mengumpulkan data hasil *survey* setelah mendapatkan permintaan *upgrade* dari *customer*, kemudian dilanjutkan dengan memasang perangkat yang dikirim berdasarkan hasil *survey*. Pemasangan perangkat disesuaikan dengan kebutuhan di lokasi. Tahap akhir dari *upgrade* SEA-US adalah pengujian perangkat sebelum dilakukan serah terima kepada pihak *customer*, salah satu customernya adalah anak perusahaan PT.Telkom yaitu PT. Telin. Perangkat yang digunakan dalam *upgrade* SEA-US adalah perangkat Ciena dengan jenis DWDM Ciena 6500. Proses *upgrade* kapasitas perangkat Ciena 6500 14 slot dijelaskan dalam alur diagram dibawah ini.



Gambar 2. Alur pekerjaan upgrade Ciena

Proses *upgrade* dapat dilakukan jika ada perintah dan permintaan dari *customer*,

karena itu sebelum *survey* dilakukan diperlukan permohonan izin dari pihak terkait agar mendapatkan akses ke lokasi. Yang dilakukan dalam proses *survey* adalah melakukan pengukuran lokasi, kebutuhan daya dan ruang instalasi, berdasarkan permintaan *customer*. Perlengkapan yang dibutuhkan dalam proses *survey* adalah meteran, spidol dan lakban kertas. Berikut data yang harus di *survey*, untuk permintaan penambahan *shelf*.

Tabel 1. Contoh data yang harus di survey

DLS	Contract	Station A	Station B	10G CL	100G CL	Total CL	WL5E waves	Client (excess)	Client (used)
2.1(Telin)	CV10	Manado	Piti	-	24x100G	2.4T	6x400G		
2.6(Telin)		Piti	LA	-	6x100G	0.6T	2x400G	200G	

Rack/Shelf							
Upg	Site	Racks	Floor Space (mm)	FP/DLS	6500 Shelf	No. of Power Feeds	Breaker Rating (A)
CV10	Manado	1	600x300	W-FP2 DLS2.1	1x 14-slot	1x A	60A

Dari tabel 1, dapat terlihat berapa banyak kebutuhan perangkat serta kebutuhan power dan kebutuhan *bandwith* yang akan di pasang, pentingnya tahapan *survey* ini adalah untuk menjabarkan secara detail kebutuhan untuk pemasangan perangkat, contoh untuk power dibutuhkan breaker 60A DC, untuk power A, serta 60A, untuk Power B, sehingga perlu melihat di *rectifier exsisting* adanya *spare breaker* tersebut. Untuk area Menado dibutuhkan luas ruang 600mm x 300mm dan pengukuran harus dilakukan secara detail, posisi penempatan perangkat penting disebabkan menjadi tolak ukur untuk panjang kabel power dari perangkat Ciena 6500 ke rectifier DC, panjang kabel optic dari perangkat Ciena 6500 ke optical transport board (OTB) untuk keluaran, kabel LAN untuk data komunikasi antar perangkat dan kabel grounding perangkat. Hasil survey ini diserahkan kepada pihak Ciena untuk mengirimkan perangkat

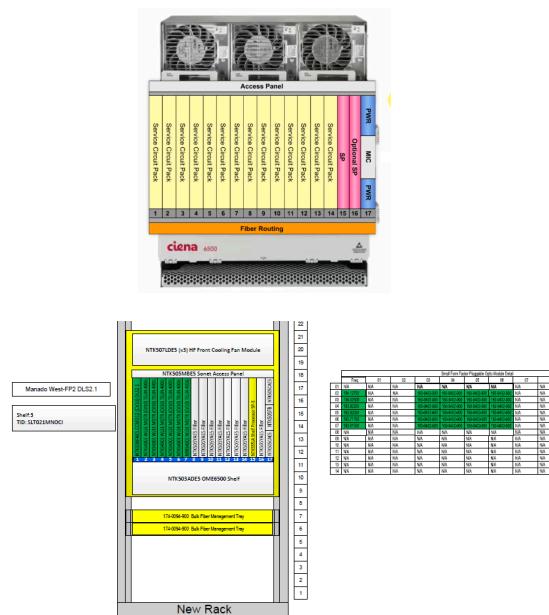
tersebut ke lokasi lokasi dari SEA-US *submarine cable*.

Tahap selanjutnya adalah pengiriman perangkat dari Perusahaan Ciena yang bertempat di Texas, hal ini akan membutuhkan waktu untuk pengiriman sekitar 50 hari, lamanya waktu kirim dikarenakan setelah hasil *survey*, perusahaan Ciena akan memproduksi perangkat tersebut dan mengirimkan lewat laut dan untuk masuk kesemua negara yang ditempatkan lokasi SEA-US, diperlukan izin masuk dan di Indonesia rata-rata sekitar 2 minggu untuk perizinan setelah itu baru bisa dikirimkan kelokasi Menado, selama masa tunggu tersebut, bisa sambil mempersiapkan material lokal yang menunjang pekerjaan instalasi. Seperti kabel power, kabel optic kabel grounding serta material pendukung lainnya

Setelah barang keluar dari imigrasi Indonesia barang akan dikirim kelokasi site selama 4 hari, dan diperlukan perizinan kembali untuk serah terima

barang di lokasi dan untuk memulai pekerjaan instalasi dan testing.

Tahap berikutnya adalah memulai pekerjaan instalasi berdasarkan dokumen dari Ciena untuk penempatan perangkat serta modul yang akan dipasang.



Gambar 3. Perangkat Ciena 6500 serta modul yang akan dipasang

dari gambar 3. Perangkat Ciena yang akan dipasang adalah perangkat Ciena 6500 14 slot. Dimana perangkat ini merupakan satu perangkat yang

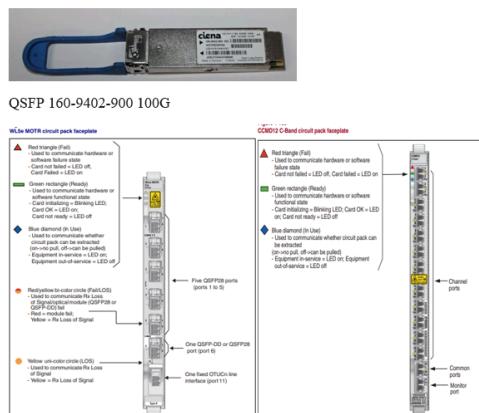
didalamnya terdapat modul-modul yang mendukung.

Bagian-bagian modul diatas terbagi dalam beberapa bagian, diantaranya adalah:

- a. Shelf 14 Shelf Ciena 14 slot adalah Peralatan umum untuk 14 slot layanan serta perangkat keras untuk menghubungkan power antar module.
- b. Access panel adalah untuk manajement informasi antar module dan antar perangkat lain
- c. Cooling unit adalah untuk pendingin dari panas yang dikeluarkan oleh perangkat
- d. Maintenance interface card addalah perangkat untuk melihat alarm yang terjadi pada module yang di dalam shelf
- e. Power input card adalah perangkat untuk power DC
- f. Filler card adalah module kosong untuk menutup bagian depan supaya arus angin dari kipas perangkat tidak keluar.
- g. Service circuit pack adalah modul untuk service yang digunakan dalam system Dense Wavelength Division

Multiplexing (DWDM), dimana modul tersebut berupa modul Muxponder optical transponder (MOTR) yang berfungsi sebagai Multiple client port to DWDM line, 12 channel colorless Mux/Demux (CCMD12) berfungsi sebagai Mux demux untuk channel C band serta QSFP Ciena 160-9402-900.

- h. SP card (Shelf processor) adalah module infrastruktur komunikasi management software.



Gambar 4. contoh perangkat service Ciena MOTR, CCMD12 dan QSFP.

Untuk setiap pemasangan perangkat harus mengikuti standar dari Ciena yaitu dokumen APAC *best practice installation manual* dimana dokumen ini menerangkan

langkah-langkah serta metode penggunaan alat serta pemasangan perangkat sesuai standar international dibeberapa negara Asia Pasific.

Setiap melakukan pemasangan atau mencabut modul diwajibkan memakai gelang anti statis yang berfungsi untuk menghindari loncatan listrik statis dari badan pekerja ke perangkat yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *hardware* di modul tersebut karena sensitifnya perangkat. Beberapa peralatan yang dipakai antara lain multimeter dan tang ampere, peralatan yang menggunakan isolator berfungsi untuk menahan tegangan listrik hingga 1000v (VDE) contohnya adalah tang, obeng kunci pas dan kunci shock.

Setelah melakukan instalasi pada perangkat tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian redaman pada modul yang terdapat di perangkat Ciena 6500, peralatan yang digunakan adalah fiberscope yang berfungsi untuk melihat bersih atau kotornya penampang pada kabel optic sehingga mengurangi redaman yang terjadi dan membuat optical return loss (ORL) menjadi baik, OPM (optical power meter) berfungsi sebagai alat ukur power pada port

modul atau kabel optic, OSA (optical spectrum analyzer) yang berfungsi untuk melihat frekwensi yang dilalui oleh perangkat DWDM Ciena. Selain itu alat penunjang lain adalah cleaner kabel optic, attenuator atau redaman kabel optic. Untuk proses testing menggunakan software site manager yang khusus untuk perangkat Ciena 6500, software ini berfungsi untuk management software perangkat, monitoring, cek alarm, install modull, setting parameter, inventory management, setting proteksi perangkat, melakukan Set Uji Terpadu (ITS) pada Ciena 6500 adalah fitur yang memungkinkan operator menguji jalur jaringan untuk layanan 10G, 40G, atau 100G ITS dapat menghasilkan pola lalu lintas, Memantau pola lalu lintas dan menguji kesinambungan lalu lintas antara titik akhir. Untuk setiap pengujian dan testing pada modul yang dipasang selalu di damping oleh *customer* sehingga hasil ujinya dapat dipertanggung jawabkan dan digunakan untuk serah terima perangkat.

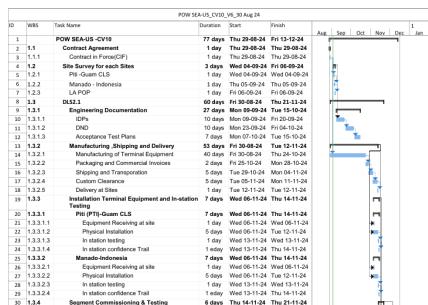
Serah terima dilaksanakan apabila sudah sesuai spesifikasi dari standart instalasi Ciena, testing serta dilakukan Integrated Test Set (ITS) selama 3 hari

untuk setiap keluaran 100G antar lokasi, tujuan dari melakukan ITS dari Manado ke Piti adalah untuk memverifikasi kinerja perangkat selama 3 hari tanpa *error*. Apabila semua test sudah lulus maka perangkat tersebut siap untuk digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses *upgrade* SEA-US dilakukan setelah mendapatkan perintah yang dikirim melalui *e-mail* dari customer serta melampirkan jadwal penggeraan dari mulai sampai selesai serah terima, dengan mengikuti jadwal dari Ciena, jika ada keterlambatan atau indikasi adanya hambatan dalam project bisa dilaporkan terlebih dahulu sehingga jadwal penggeraan didepannya tidak tertunda.

Berikut dibawah adalah contoh dari Ciena serta pekerjaan yang harus dilakukan sesuai jadwal



Gambar 5. Contoh point of work dari Ciena

Dari Gambar 5. terlihat berapa hari kebutuhan untuk *survey* instalasi serta sampai serah terima perangkat untuk pekerjaan upgrade kapasitas SEA-US CV10.

Pada saat survey dilakukan dilapangan pengambilan data dilakukan dengan pengawasan dari pihak Telin serta pihak Telkom. Data yang diambil berupa alamat lokasi, data ruangan, denah lokasi, kebutuhan kabel power, kebutuhan data dari perangkat existing serta perangkat yang baru akan dipasang

Tabel 2. Contoh data yang diambil

Kebutuhan kabel Power dan grounding									
		A-L1	DC Rectifier Feed A	S2	MCB 63A	T22A-10 lug	80A	2m	25mm
		B-L1	DC Rectifier Feed B	TBD	51	MCB 63A	T22A-10 lug	2m	25mm
		G	Existing track	25a	-	-	-	Shell 14	6
Kebutuhan kabel DCN									
ILAN connectivity for Ciena 6500									
Manado-Vest-FP2 DLS2.1	R25.a	Access Panel	ILAN-Out	Manado-Vest-FP2 DLS2.1 (new)	R25.a	Access Panel	ILAN-Out	Panili-Vest-FP2 DLS2.1	RJ-45
Panili-Vest-FP2 DLS2.1(new)	R25.a							R25	LAN-In 8m RJ-45

Fiber Cabling (DWDM / STM-4, OC-192 / STM-1, OC-48 / STM-4, OC-12 / STM-1, OC-3 etc.)										
From Cisco Equipment	Rack location:	To Optical Distribution Frame / Fiber Patch Panel								Remarks
		Line Rate	Board Type	Position	Start	Required no. of Part	Location (row/rack)	Length (m)	Part	
Manado-Vest-FP2 DLS2.1 (New Shelf)	VL5x	HOG			2	6	Sab rock A-Tx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Rx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Tx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Rx	2	2	10m LC UPC - SC
Manado-Vest-FP2 DLS2.1 (New Shelf)	VL5x	HOG			2	6	Sab rock A-Tx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Rx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Tx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Rx	2	2	10m LC UPC - SC
		HOG			2	6	Sab rock A-Tx	2	2	10m LC UPC - SC

Dari Tabel 2. dapat dilihat panjang kebutuhan kabel power kabel LAN kabel optic. Untuk penentuan penempatan perangkat harus memperhatikan space yang tersedia di lokasi kerja, pada Gambar 6. didapat penentuan penempatan perangkat yang akan dipasang akan mempengaruhi panjang dari kabel power ke arah rectifier sebagai sumber tegangan perangkat Ciena di rectifier akan dipasang MCB 63A, sesuai spesifikasi kebutuhan perangkat untuk kabel powernya digunakan jenis NYAF 25mm yang sesuai dengan jarak perangkat dan sumber power DC. Begitu juga dengan kabel optik yang digunakan adalah Single mode LC/UPC ke LC/UPC dimana itu digunakan untuk internal kabel optic pada modul di perangkat Ciena. Sedangkan untuk kabel optic keluaran 100G digunakan single mode LC/UPC ke SC/UPC. Hal ini dikarenakan Optical transport Board (OTB) existing menggunakan jenis SC/UPC. Semua dapat disiapkan setelah laporan hasil *survey* dilaporkan kepada Ciena.

* Corresponding author's e-mail: handoyoiryanto@gmail.com
<http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/ABMS>



Gambar 6. Contoh denah dan posisi perangkat.

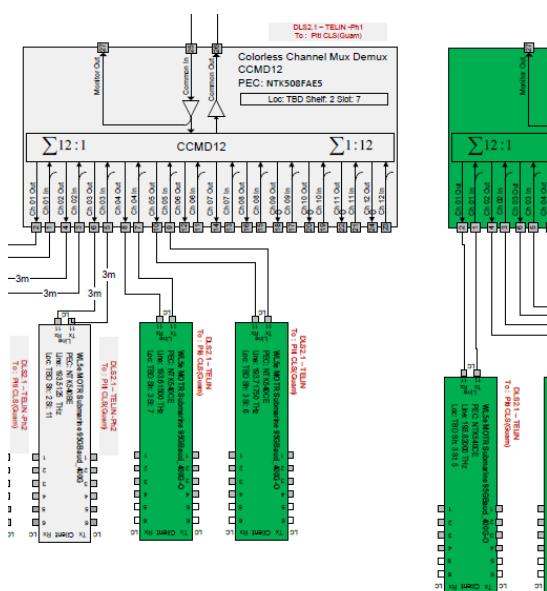
Dengan adanya hasil *survey* tersebut maka dilanjutkan langkah pelaporan kepada Ciena dan *customer* sehingga bisa dilakukan pengiriman barang oleh team Ciena. Lamanya waktu produksi pengiriman barang dan sampai tujuan berkisar 54 hari, hal ini dikarenakan peraturan lintas batas antar negara. Setelah mendapat laporan bahwa material *upgrade* akan dikirim maka dibutuhkan surat izin untuk menerima perangkat tersebut dilokasi serta mengecheck apakah kondisi serta lengkap tidaknya material yang dikirim berdasarkan dokumen yang disertakan oleh Ciena, dapat dilihat pada contoh Gambar 7.

FORM CIENA-PL-V1-1			ciena	PACKING SLIP	No. 240907057
SHIPPED TO:					Freight Carrier: EXPEDITORS
Contact Name:	DWITEK RIZKIPUTRA		Date:		
Attn To:			Ciena Sales Order Number:	1839574	Waybill #:
Address:	PT TELEKOMUNIKASI INDONESIA INTERNATIONAL STO PANKI, JL. WIRATAMA NO. 57 LK. VII PANNEKAKA, KOTA MANADO MANADO SULAWESI UTARA 95526			F2J6851806	
Country:	ID		Invoice #:	240907057	
Telephone #:	62-212995-2300		Customer Reference:	SEA US TELIN CV10	Packing Slip #:
Tax ID/Vat #:			Total # of Pieces:	I	240907057
					Total Weight: 111.59 KGS
Line #	Qty	UOM	Description of Goods/Part # Product:		Serial # (s)
3	2	EA	174-0094-900 1U BULK FIBER MANAGEMENT TRAY		NNTMRT1GR7H9
4	1	EA	NTK503ADES OPTICAL SHELF (CNVD)		NNTMRT1G3NY5, NNTMRT1G3P15
5	2	EA	NTK505CAE5 POWER INPUT CARD 60A (BREAKERED)		NNTMRT1GE8DJ
6	1	EA	NTK505FBES MAINTENANCE INTERFACE CARD		NNTMRT1G8YRH
7	1	EA	NTK505MBES ACCESS PANEL, CNVD (SONET)		

Gambar 7. Contoh data pengiriman yang harus diperiksa setelah sampai dilokasi kerja

Setelah dipastikan semua material dan perangkat sudah lengkap, maka pekerjaan instalasi dapat dimulai. Pekerjaan yang dilakukan adalah pemasangan shelf 14 slot sesuai desain dari Ciena serta mengikuti aturan standar pemasangan yang dikeluarkan Ciena untuk Asia Pasific, untuk pemasangan kabel power, crimping lug, penarikan cable optic serta alat-alat yang digunakan. Saat pekerjaan Instalasi perangkat upgrade SEA-US dilakukan harus diperhatikan keselamatan kerja disetiap pekerjaannya. Untuk setiap modul yang akan dipasang di shelf harus dipastikan sudah sesuai dengan dokumen yang dikeluarkan oleh Ciena. Tahap selanjutnya setelah memasang shelf 14 slot adalah pemasangan kabel grounding yang fungsinya adalah mengamankan modul saat dipasang, untuk pemasangan kabel power, mengelar kabel power pada tray yang tersedia di wajibkan menggunakan alat kerja

yang sesuai, dan harus memperhatikan kabel power perangkat lain sehingga tidak mengganggu dan merusak kabel existing. Untuk instalasi kabel optic LC/UPC di wajibkan harus dibersihkan terlebih dahulu inticore kabel optic dengan menggunakan fiberscope, sehingga kabel optic akan bersih. Untuk pemasangannya serta mengelar kearah OTB harus dilakukan secara hati-hati dan teliti agar kabel optic tersebut tidak akan ada lekukan 90 derajat, dimana jika terjadi lekukan 90 derajat akan berakibat merusak kabel optic tersebut. Untuk pemasangan kabel optic antar modul yang perlu diperhatikan adalah mengikuti signal flow diagram yang ada pada dokumen instalasi Ciena.



Gambar 8. Contoh signal flow diagram pada perangkat Ciena 6500

Diperlihatkan pada gambar 8, modul MOTR terhubung dengan modul CCMD12, dimana pada gambar yang berwarna hijau adalah modul yang baru dipasang dan garis yang menghubungkan antar modul tersebut merupakan kabel optic single mode lc/upc ke lc/upc, selain itu penomoran antar module tersebut harus diperhatikan contohnya adalah yang tercantum di CCMD12 adalah shelf 3 slot 1 dimana artinya pemasangan modul tersebut ada di shelf 3 no 1 pada perangkat yang baru seperti pada gambar 3. Hal ini harus diperhatikan karena untuk setting pada perangkat menggunakan software site manager. Setelah semua terhubung baik kabel power, kabel gronding dan kabel optic maka dilakukan tapping power di arah rectifier dan dilakukan power on untuk menyalakan perangkat, pada saat inilah bisa mulai dilakukan pengukuran untuk berapa tegangan DC yang masuk kedalam perangkat, standar perangkat Ciena adalah -40 VDC sampai -60 VDC. Setelah selesai semua, dilanjutkan *self audit* berdasarkan dokumen yang dikirim oleh Ciena dan dokumen standart instalasi, sehingga apabila terjadi kesalahan atau salah prosedur pemasangan akan dapat diperbaiki sebelum perangkat tersebut power On.



Gambar 9. Contoh hasil pemasangan perangkat upgrade Ciena 6500 pada SEA-US

Pada gambar 9 inilah hasil pemasangan perangkat Ciena 6500 pada upgrade SEA-US cable submarine di Manado. Setelah semua instalasi selesai maka dilanjutkan ketahap berikutnya yaitu testing.

Tahapan akhir sebelum serah terima adalah testing alat perangkat Ciena 6500 yang bertujuan untuk memenuhi spesifikasi dari perangkat serta memenuhi standart dari *customer*. Testing disini dibagi menjadi 2 bagian, yang pertama adalah instation test dimana mengetest perangkat yang dipasang tapi tidak terhubung dengan perangkat submarine SEA-US tujuannya adalah untuk mengetahui apakah perangkat yang dipasang sesuai spesifikasi dari pabrikan Ciena sehingga semua modul dan kabel yang terpasang bisa berjalan normal dan tidak ada kerusakan pada modul dan semua kabel baik kabel power dan kabel optic. Testing tahap kedua adalah segment test, test tersebut bertujuan untuk mengetest perangkat

diantara dua lokasi antara Manado dan Piti (Guam) sehingga kami dapat melihat hasil berapa QSNR dan Q pada lintasan kedua site tersebut dengan menggunakan site manager.

Pada instation test yang dilakukan ada pengukuran tegangan pada module power yang terdapat pada perangkat Ciena pada gambar 3. Terdapat dua modul power disini berarti modul tersebut mendapat 2 catuan sumber yang berbeda yang berfungsi untuk apabila salah satunya mati maka sumber lainnya akan tetap bisa hidup sehingga tidak terjadi putus terhadap link submarine SEA-US.

Tabel 3. Contoh hasil test pada module power

Test case 2.1. Testing power to the 6500 shelves				
Shelf	2.1.3_Power Input Card A		2.1.6_Power Input Card A	
	Measured Value Feed 1 (In Volt)	A Feed 1 Pass /Fail	Measured Value Feed 1 (In Volt)	A Feed 1 Pass /Fail
SLT021MNOCI	-50	Pass	-50	Pass
Shelf	Power Input Card B		2.1.6_Power Input Card B	
	Measured Value Feed 1 (In Volt)	B Feed 1 Pass /Fail	Measured Value Feed 1 (In Volt)	B Feed 1 Pass /Fail
SLT021MNOCI	-49.97	PASS	-49.97	PASS

Hasil tabel 3, terlihat bahwa pengukuran dari arah rectifier dan di perangkat hasilnya mendekati -50 Vdc, dimana standart perangkat Ciena ada -40Vdc sampai -60 Vdc maka hasil pengukuran menggunakan power meter adalah Pass atau lulus standart Ciena.

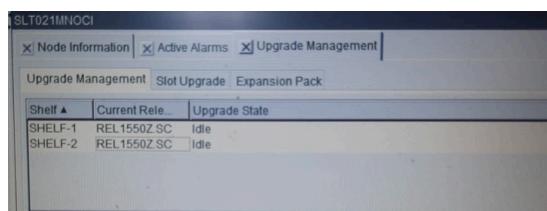
Test selanjutnya pada instation test adalah test software pada perangkat Ciena 6500, hal ini perlu dilakukan karenakan setiap release software akan mempunyai kelebihan dan

kekurangan masing-masing sehingga untuk project upgrade ini kami masih menggunakan software yang lama sesuai perangkat existing Ciena. Apabila ada perbedaan pada software release yang digunakan akan berakibat terjadinya restart pada perangkat Ciena existing dan akan mematikan perangkat selama 10 menit hal ini akan berakibat fatal dimana akan membuat hubungan antara Amerika dan Asia tenggara akan putus. Pada tabel 4, diperlihatkan untuk shelf yang baru menggunakan Rel.1550Z.SC, hal ini sama dengan existing yang menggunakan REL.1550Z.SC pada gambar 8.

Tabel 4. Contoh hasil test pada module power

Site	Shelf #	Step	Active Release Name	Upgrade Release Name	Active Release Name
SLT021MNOCI	3	3	Rel 1550Z.SC	Rel 1550Z.SC	Complete

Pada tabel 4. Diperlihatkan untuk shelf yang baru menggunakan Rel.1550Z.SC hal ini sama dengan existing yang menggunakan REL.1550Z.SC pada gambar 10.



Gambar 10. Contoh release software pada perangkat Ciena existing SEA-US

Dengan adanya bukti release software ini maka pada apabila kabel Lan dapat dihubungkan ke perangkat existing Ciena tidak akan berakibat putusnya Link existing yang disebabkan oleh perbedaan release software. Menghubungkan kabel Lan diantara access panel shelf ke 2 dan shelf ke 3 berfungsi untuk mengakses komunikasi di perangkat sehingga bisa di remote dari site SEA-US yang lain atau NOC SEA-US.

Langkah selanjutnya adalah test pada modul MOTR dimana mensetting transmit pada module tersebut sesuai kebutuhan yang ada dari customer dan menaikan serta menurunkan power transmit serta melihat hasil pengukuran dengan site manager dan power meter.

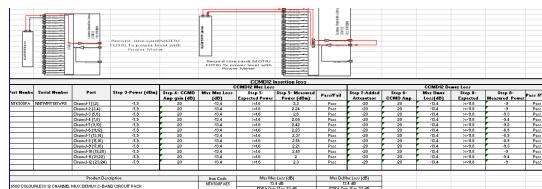
Tabel 5. Contoh hasil test pada module power MOTR

Site Manager Software Release:						Step	3	3	4	4	384
Site	Shelf	Slot	Part Number	Serial Number	TX DIP Power - Power Meter (-3dBm) (dBm)		Tx DIP Power - Power Meter (+4dBm) (dBm)	Tx Power - Site Manager (dBm)	Tx Power - Site Manager (dBm)	Power monitor accuracy < 0.6 dB (Pass/Fail)	
SLT021MNOCI	3	2	NTK540CE	NNTMR1FF723	-9.5	✓	-3	3.5	4	Pass	
		3	NTK540CE	NNTMR1FFC9D	-9.5	✓	-3	3.5	4	Pass	
		4	NTK540CE	NNTMR1FF67V	-9.34	✓	-3	3.5	4	Pass	
		5	NTK540CE	NNTMR1FF72L	-9.5	✓	-3	3.6	4	Pass	
		6	NTK540CE	NNTMR1FF705	-9.3	✓	-3	3.7	4	Pass	
		7	NTK540CE	NNTMR1FF705	-9.5	✓	-3	3.5	4	Pass	

Pada tabel 5, redaman yang terjadi tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan dengan hasil ini MOTR dinyatakan lulus terhadap redaman yang terjadi setelah dilakukan loop pada Tx dan Rx MOTR.

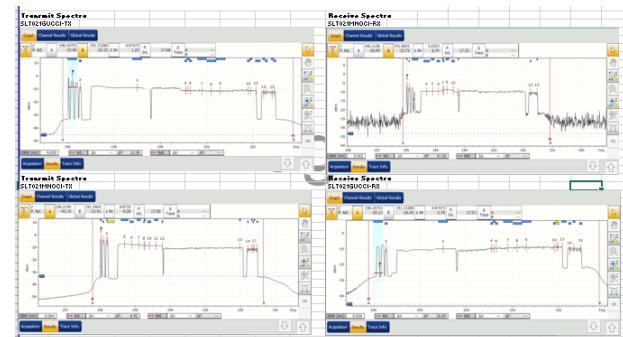
Langkah test selanjutnya adalah mengetest redaman pada modul CCMD12 yang dilakukan dengan membaca hasil mux dan demux pada CCMD 12 tersebut.

Tabel 6. Contoh hasil pengukuran pada CCMD12



Dari hasil Tabel 6 dapat terlihat cara pengukuran mux demux dengan memasukan parameter dari power MOTR di step 3 dengan mengikuti gambar tersebut maka hasil tersebut dapat dinyatakan pas sebab tidak melebihi power yang diharapkan pada step 5 expected power dan step 8 expected power. Hal tersebut membuktikan bahwa modul CCMD 12 tidak mengalami kerusakan dan bisa digunakan.

Tahapan selanjutnya adalah segment test dimana akan mengambil hasil channel yang digunakan dengan cara melihat hasilnya di alat Optical spectrum analyzer (OSA) dan melihat hasil PM di site manager untuk Q, OSNR dan channel power, setelah itu melakukan stability test menggunakan Integrated Test Set (ITS) selama 3 hari yang juga menggunakan software site Manager Ciena 6500.



Gambar 11. Contoh hasil pengkuran OSA di kedua site antara Manado (MNOCI) dan PITI (GUCCI).

Dari hasil gambar 11, dapat dilihat lamda yang digunakan untuk site Menado dan Guam. Hal ini bisa dimasukan sebagai bukti bahwa perangkat tersebut layak digunakan.

Segment test berikutnya adalah melihat hasil Q, OSNR dan power channel pada Performance monitor (PM) di software site manager hal ini dilakukan sebagai pembuktian bahwa link tersebut dapat digunakan.

Tabel 7. Contoh hasil PM pada site manager

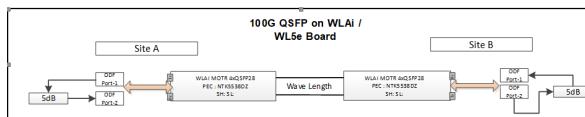
Commissioning Limit Q (dB) =		5.28														
Direction	Shelf #	Slot #	Port #	Serial #	CH #	Frequency (Hz)	Weighted Step	Transmitter Configuration		Received Results		Q (dB)	Signal (dB)	OSNR (dB)	Receive Power (dBm)	Pass/Fail
								Pre-echoes	Post-echoes	Pre-echoes	Post-echoes					
UC-MNO	3	7	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1GALW5	193.81500	1546.3979P	-0.15	3800	7.7	0.002	21.01	0.92	PASS			
	3	5	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1GALW3	193.81500	1546.7507P	-0.15	3800	7.7	0.003	21.02	0.84	PASS			
	3	5	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1GALW2	193.82500	1546.7508P	-0.15	3800	7.69	0.003	20.97	0.60	PASS			
	3	4	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1GALW2	193.82500	1546.8053S	-1.79	38000	7.7	0.003	21.09	0.4	PASS			
	3	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1GALW0	194.25100	1546.1262S	-1.92	18750	7.73	0.002	21.13	0.52	PASS			
HO-GUC	3	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1GAL25	194.21700	1546.1277S	-1.79	12300	7.78	0.002	21.23	0.18	PASS			
	3	7	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT13	193.81500	1546.3947P	-0.22	30000	7.15	0.003	23.51	2.41	PASS			
	3	5	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT13	193.81500	1546.7507P	-0.22	30000	7.15	0.003	23.51	2.41	PASS			
	3	5	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT129	193.82000	1546.7508P	-0.15	25100	6.94	0.002	22.77	2.08	PASS			
	3	4	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT16V	193.82500	1546.9993S	-0.01	48500	6.86	0.002	23.85	1.84	PASS			
OC-OTU	3	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT129	194.21700	1546.1277S	-0.24	18750	7.04	0.003	23.24	0.54	PASS			
	2	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT129	194.21700	1546.1277S	-0.04	34000	7.06	0.003	22.77	1.85	PASS			
	3	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT129	194.21700	1546.1277S	-0.04	34000	7.06	0.003	22.77	1.85	PASS			
	3	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT129	194.21700	1546.1277S	-0.04	34000	7.06	0.003	22.77	1.85	PASS			
	3	2	N7K-N9AC0E	N9MNTMR1KT129	194.21700	1546.1277S	-0.04	34000	7.06	0.003	22.77	1.85	PASS			

Dapat dilihat pada tabel 7. Standart Q untuk cable SEA US adalah 5.28dB, untuk hasil 6 channel yang kami masukan ke

* Corresponding author's e-mail: handoyoiryanto@gmail.com
<http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/ABMS>

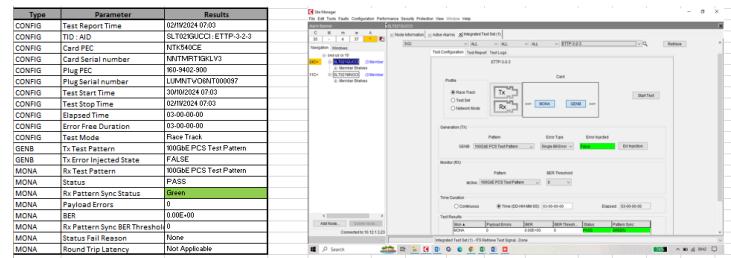
dalam 6 module MOTR lebih besar dari ambang batas limit Q yang ditentukan. Maka dengan hasil ini link antara Manado dan Piti layak digunakan.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan ITS selama 3 hari untuk 24 client x 100G sesuai permintaan pada data gambar 1. Link ini diupgrade dengan kapasitas 2.4T. cara melakukannya adalah dengan melihat gambar 11



Gambar 11. Contoh cara loop pada client di Manado dan Piti dengan dimenambahkan 5dB attenuator

Setelah sudah sesuai gambar 11, di kedua sisi Manado dan Piti maka bisa memulai mengaktifkan ITS pada salah satu sisi sehingga pengukuran terhadap error disepanjang lintasan bisa dimulai. Hal ini dilakukan untuk 24 x 100G client yang menggunakan QSFP 160-9402-900 pada perangkat Ciena.



Gambar 12. Contoh hasil ITS dilakukan selama 3 hari untuk link Manado to Piti

Pada gambar 12. Didapatkan hasil dari bahwa selama pengujian 3 hari tidak terdapat error pada link Manado dan Piti dan setelah melakukan untuk semua 24 x 100G test ITS hasilnya adalah Pass dan tidak ada error. Dan link ready to service untuk membawa 2.4 T bandwidth dari Manado to Piti.

Proses akhir dari upgrade SEA-US adalah memasukan hasil ITS kedalam dokumen Ciena dan dilaporkan ke pihak Ciena serta Telin maka serah terima dapat dilakukan untuk Upgrade kapasitas SEA-US antara site Manado dan Piti.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa teknologi DWDM Ciena 6500 efektif dalam memenuhi permintaan *bandwidth* yang meningkat, dengan efisiensi energi dan biaya yang signifikan. Keberhasilan proyek

ini dicapai melalui koordinasi yang baik antara pihak konsorsium SEA-US.

Menurut *ITU (2020)*, peningkatan konektivitas digital sebesar 10% berpotensi meningkatkan PDB sebesar 1.38% di negara berkembang. Dengan peningkatan bandwidth SEA-US, Indonesia berpotensi mempercepat inklusi digital serta pemerataan informasi ke daerah tertinggal.

Dari hasil pengerjaan upgrade kapasitas untuk SEA US menggunakan perangkat Ciena 6500 dapat disimpulkan.

1. Upgrade SEA-US menggunakan DWDM Ciena 6500 berhasil memenuhi spesifikasi teknis dan kebutuhan *customer*.
2. Teknologi DWDM menawarkan solusi efisien untuk peningkatan kapasitas tanpa penambahan infrastruktur fisik.
3. Proses instalasi dan pengujian menunjukkan pentingnya standar internasional dan koordinasi antarnegara dalam sistem kabel bawah laut.

Sebelum Upgrade:

- Kapasitas terbatas hanya 600G–1T di beberapa segmen.
- Potensi latency tinggi akibat keterbatasan kanal optik.

- Frekuensi gangguan atau kebutuhan perawatan lebih sering karena keterbatasan modul.

Sesudah Upgrade:

- Bandwidth meningkat menjadi 2.4T (terkonfirmasi dari hasil ITS).
- Tidak ditemukan error selama 3 hari pengujian ITS (zero bit error).
- OSNR (Optical Signal-to-Noise Ratio) >5.28 dB menunjukkan kualitas sinyal sangat baik.
- Redaman dan Q-value meningkat, sesuai standar Ciena dan ITU-T.

Dengan tidak adanya error selama pengujian dan peningkatan bandwidth hingga empat kali lipat, dapat disimpulkan bahwa peningkatan ini sangat efektif dalam mendukung trafik data trans-Pasifik

REFERENSI

"What is OSNR in DWDM System?", [Online]. Available: <https://id.oadm-cwdm-dwdm.com/info/what-is-osnr-in-dwdm-system-79210905.html>. [Accessed: Nov. 28, 2024].

"How coherent technology decisions that start in the lab impact your network," [Online]. Available: <https://www.ciena.com/insights/article/s/How-coherent-technology-decisions>

- that-start-in-the-lab-impact-your-network.html. [Accessed: Nov. 28, 2024].
- "Fiber Optik," [Online]. Available: <https://www.linknet.id/article/fiber-optik>. [Accessed: Nov. 28, 2024].
- Al-Salameh, M., et al. *Flexible Networking with DWDM*. Elsevier, 2019Jurnal Sains dan Teknologi ISTP, vol. 21, no. 1, pp. xx-xx, Jul. 2024.
- Ciena. *Modular Technology for Advanced Networking*, 2023

Luo, X., et al.. *Efficiency of DWDM in Submarine Cable Systems*. IEEE Communications, 2017

Park, J., Kim, S. . *Seismic Risk Mitigation in Submarine Cable Design*. Springer, 2020