

PERENCANAAN SISTEM KOMUNIKASI KABEL LAUT LINK SANGATTA (KALIMANTAN) - TOWALE (SULAWESI) SUBMARINE CABLE COMMUNICATION SYSTEM NETWORK PLANNING ON SANGATTA (KALIMANTAN) - TOWALE (SULAWESI) LINK BY USING DWDM

Dody Kurniawan¹, Teha Tearalangi², Dwi Pratomo Y³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Peningkatan kualitas kehidupan saat ini turut mendorong kebutuhan manusia akan informasi serta komunikasi yang canggih, cepat, handal dan aman. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dibutuhkan suatu sistem transmisi yang memiliki kapasitas dan kehandalan yang tinggi. Serat optik sebagai salah satu media transmisi memiliki keunggulan-keunggulan yang dapat menjadi alternatif yang tepat untuk menjawab tuntutan ini.

Saat ini PT. Telkom Tbk sedang berupaya untuk terus memperluas link transmisi serat optik *High Performance Back Bone* di seluruh Indonesia. Topologi HPBB T21 Kalimantan dan Sulawesi saat ini adalah *point-to-point*, sehingga bila terjadi gangguan pada suatu titik maka akan mempengaruhi performansi link secara keseluruhan.

Dalam Tugas Akhir ini dibahas proses perencanaan sistem transmisi kabel laut serat optik untuk link Sangatta (Kalimantan) - Towale (Sulawesi) untuk menyempurnakan jaringan backbone existing Banjarmasin - Balikpapan - Samarinda - Bontang - Sangatta (T21 Kalimantan) dan Makassar - Pare-pare - Poso - Parigi (T21 Sulawesi) serta Banjarmasin - Makassar (SKKL S-U-B) menjadi topologi ring. Perencanaan ini menggunakan teknologi Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) meliputi penentuan lokasi landing point, rute kabel laut, perhitungan link budget dan rise time budget, serta pemilihan perangkat yang menunjang sehingga diharapkan akan diperoleh jaringan yang efektif dengan performansi yang handal.

Kata Kunci : -

Abstract

Life quality improvements recently are the urge in the increment of human needs in more sophisticated, fast, reliable, safer communication and information. In order to fulfill those needs, transmission system which has more reliability and capacity are demanded. Fiber optic, as one of many kinds transmission medium, has superiorities compared to other medium, it can be the exact alternative to overcome those demand.

Nowadays PT. Telkom Tbk is running business to keep expanding the High Performance Back Bone fiber optic transmission link allover Indonesia. HPBB T21 topology on Kalimantan and Sulawesi right now is *point-to-point*, so if a problem occurred on a single point, the overall link performance will be effected.

In this Final Task for Bachelor degree, the planning process of fiber optic sea cable transmission system for Sangatta (Kalimantan) - Towale (Sulawesi) is discussed in order to complete the Banjarmasin - Balikpapan - Samarinda Bontang - Sangatta (T21 Kalimantan) existing backbone network, also Banjarmasin - Makassar (SKKKL S-U-B) become ring topology.

This planning is using Dense Wavelength Division Multiplexing technology (DWDM) which includes the determination of landing point location, sea cable route, link budget calculation, rise time budget and the selection of supporting device, so the effective and reliable performance network is expected to get.

Keywords : -

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam evolusi komunikasi saat ini, *bandwidth* lebar disertai dengan *bit rate* transmisi yang tinggi merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi. Selain itu, jarak yang akan ditempuh juga merupakan masalah penting dalam berkomunikasi. Pada awalnya satelit merupakan salah satu solusi yang cukup memenuhi kebutuhan akan transmisi jarak jauh. Namun kapasitas kanal yang disediakan oleh *transponder* satelit dimungkinkan tidak dapat memenuhi kebutuhan kanal yang terus meningkat.

Maka dari itu perlu digelar jaringan transmisi serat optik yang dapat ditanam baik di darat maupun di dasar laut. Media transmisi serat optik sendiri memiliki beberapa keunggulan seperti *bandwidth* lebih lebar, *bit rate* tinggi, rugi-rugi transmisi rendah, dan kebal terhadap interferensi elektromagnetik. Ditunjang dengan teknologi *multiplexing* yang ada seperti SDH dan DWDM membuat serat optik layak menjadi pilihan dalam merancang sistem komunikasi jarak jauh yang handal.

Perencanaan sistem transmisi serat optik pada tugas akhir ini dilakukan pada *link* Sangatta (Kalimantan) – Towale (Sulawesi) melalui laut. *Link* ini dapat mengubah topologi *point to point* Banjarmasin – Balikpapan – Samarinda – Bontang – Sangatta (T21 Kalimantan) dan Makassar – Pare-pare – Poso – Parigi (T21 Sulawesi) dan Banjarmasin – Makassar (SKKL S-U-B) menjadi topologi *ring*. *Link* ini dapat dipakai sebagai *traffic route* untuk mengatasi *traffic loss* akibat hubungan *point to point* pada jaringan transmisi *existing*.

Diharapkan perencanaan *ring* Sangatta – Banjarmasin – Makassar – Towale ini dapat mem-*backup* kebutuhan trafik *ring existing* Banjarmasin – Surabaya – Makassar (SKKL S-U-B).

Dalam tugas akhir ini direncanakan jaringan SKKL antara Sangatta – Towale dengan menggunakan teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) untuk 5 tahun ke depan, hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kebutuhan kanal yang terus meningkat pesat.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

HPBB (*High Performance Backbone*) T21 Kalimantan – T21 Sulawesi, memiliki topologi *point-to-point* sehingga apabila terjadi gangguan di satu titik maka akan mengganggu *link* utama dan mempengaruhi sistem secara keseluruhan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan suatu rute alternatif. Pada tugas akhir dilakukan perencanaan jaringan SKKL pada *link* alternatif yang baru (topologi *ring*) dengan menggunakan teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) yang diharapkan akan meningkatkan kapasitas layanan serta performansi jaringan yang handal dan efisien.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk merencanakan *topologi ring* Banjarmasin – Makassar – Towale – Sangatta sebagai pengembangan dari *link existing* Banjarmasin – Makassar (SKKL), Makassar- Parigi (T21 Sulawesi), dan Banjarmasin – Sangatta (T21 Kalimantan) sehingga dapat dihasilkan konfigurasi jaringan yang lebih handal serta mampu memberikan pelayanan yang baik meskipun terjadi gangguan pada sistem.

1.4 PEMBATAHAN MASALAH

Dalam Tugas Akhir ini masalah yang dibahas adalah sebagai berikut:

1. Aspek pemilihan teknologi pada perancangan jaringan SKKL Sangatta (Kalimantan) – Towale (Sulawesi) yaitu DWDM.
2. Rincian desain meliputi penempatan *landing point*, pemilihan jenis kabel optik laut, *sea bed profile*, penentuan rute kabel optik dan pemilihan perangkat.
3. Digunakan *EDFA* sebagai penguat dengan tidak membahas cara membuat karakteristik perangkat secara mendalam.
4. Perhitungan *power link budget* dan *rise time budget*.
5. Tidak membahas aspek ekonomi dalam perencanaan yang akan dilakukan.
6. Estimasi kebutuhan kanal dihasilkan dari PT. Telkom sehingga tidak akan dibahas penyusunannya.

1.5 METODOLOGI PERENCANAAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Studi literatur dari referensi yang telah ada dan data dari survey lapangan.
- b. Diskusi dan konsultasi dengan pembimbing akademis dan lapangan.
- c. Pengumpulan data teknis lapangan yang dapat digunakan untuk menganalisa perencanaan untuk memenuhi kebutuhan kanal sampai tahun 2011.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara umum Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab, dilengkapi dengan lampiran dan daftar isi yang diperlukan. Penjelasan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab I menjelaskan tentang permasalahan yang dibahas secara umum dengan memperhatikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan tugas akhir, pembatasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Bab II berisi teori-teori yang mendukung dan melandasi penulisan Tugas Akhir, yaitu tentang konsep dasar sistem DWDM dan sistem transmisi serat optik.

Bab III Perencanaan Sistem Komunikasi Kabel Laut *Link* Sangatta – Towale

Pada bab ini dibahas mengenai penggunaan teknologi dan perencanaan perangkat yang akan digunakan pada perencanaan sistem komunikasi kabel laut.

Bab IV Hasil Perencanaan Sistem Komunikasi Kabel Laut *Link* Sangatta – Towale

Pada bab ini dilakukan perhitungan perencanaan jaringan transmisi kabel laut menggunakan serat optik, skema penempatan *optical amplifier*, *link power budget*, *rise time budget* dan dianalisa hasil dari perencanaan jaringan transmisi tersebut.

Bab V Penutup

Bab V berisi kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan, dan rekomendasi atau saran untuk perbaikan serta pengembangan lebih lanjut.



BAB IV

HASIL PERENCANAAN SISTEM KOMUNIKASI KABEL LAUT LINK SANGATTA-TOWALE

4.1 Umum

Dalam bab IV ini dibahas hasil perencanaan jaringan *link* Sangatta – Towale. Perencanaan ini menggunakan teknologi DWDM dengan memperhatikan kebutuhan kanal hingga tahun 2011. Selain itu dianalisa pula apakah sistem telah menghasilkan *link power budget* dan *rise time budget* yang diharapkan, serta perlu tidaknya penggunaan pengkompensasi dispersi.

4.2 Kebutuhan Kanal

Dalam perencanaan sistem komunikasi kabel laut, dibutuhkan data kebutuhan kanal di Kalimantan dan Sulawesi agar dapat ditentukan kanal yang perlu dipersiapkan.

Berikut ini adalah data estimasi kebutuhan kanal PT Telkom Tbk ;

Estimasi kebutuhan kanal Kalimantan – Sulawesi s/d tahun 2011 : 1517 E1

Estimasi kebutuhan kanal Sulawesi – Kalimantan s/d tahun 2011 : 604 E1

Jumlah total kebutuhan kanal hingga tahun 2011 : 2121 E1

Angka tersebut tidak termasuk kebutuhan *bandwidth* layanan data dan video yang diperkirakan menjadi *trend* dalam 5 tahun mendatang.

4.3 Penentuan Teknologi yang digunakan

Satu STM-64 memiliki kapasitas maximum sebesar 4032 E1. Dari hasil perhitungan, maka dibutuhkan 1xSTM-64 (1x10 Gbps). Ini berarti ada sisa kanal sebesar 1911 E1 yang akan digunakan sebagai cadangan.

Alasan penggunaan STM-64 :

Untuk jaringan yang mencakup 2 pulau besar di Indonesia (Kalimantan dan Sulawesi) pertumbuhan kanalnya meningkat drastik dalam waktu yang singkat, teknologi STM-64 dengan DWDM sangatlah tepat untuk diaplikasikan.

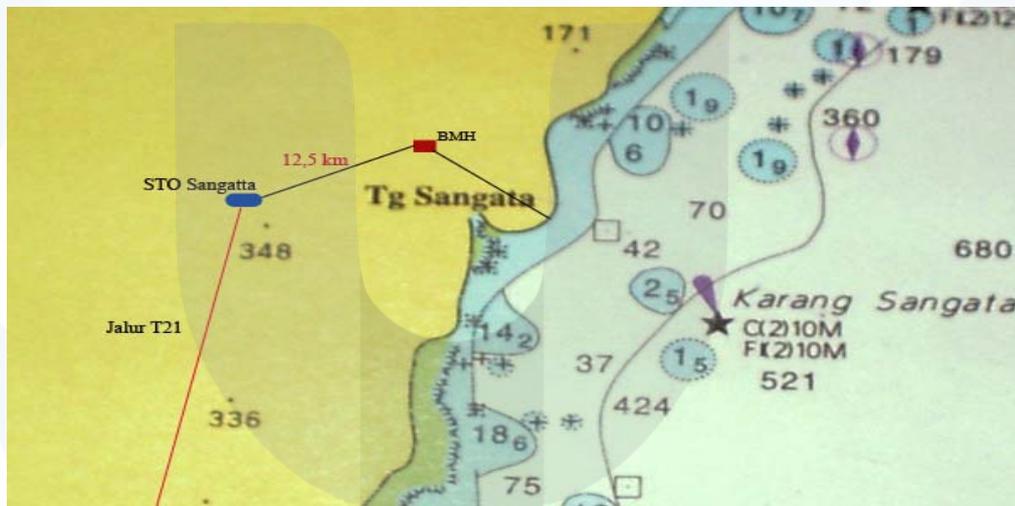
4.4 Rute

Sangatta

Landing point :

- $00^{\circ} 29.205'$ LU
- $117^{\circ} 36.243'$ BT

- Jarak STO Sangatta dengan BMH 12,5 km.
- Kabel yang menghubungkan STO-Sangatta akan ditanam secara langsung dengan kondisi tanah relatif mudah.
- STO Sangatta merupakan titik akhir dari jalur T21 Kalimantan.

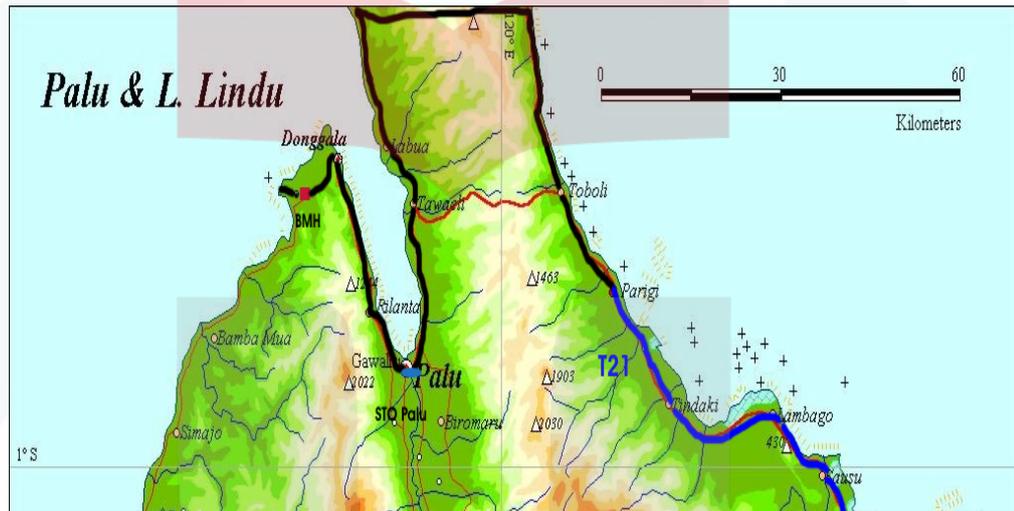


Gambar 4.1 Skema posisi landing point Sangatta

Towale

- Landing point :
 - $00^{\circ} 43'$ LS
 - $119^{\circ} 41'$ BT
- Jarak Parigi - Palu adalah 35 km. Namun medan yang akan dilalui sangat tidak memungkinkan untuk dilakukan penggalian.
- Jarak Parigi-Kasimbar-Toboli-Parigi 224 km.
- Jarak Palu dengan BMH Towale 47,6 km.

- Kabel serat optik yang menghubungkan Palu-BMH Towale akan ditanam secara langsung.
- Parigi-Palu dan Palu-Towale dihubungkan dengan serat optik G.655 (24 core).
- Parigi merupakan akhir dari jalur T21 Sulawesi.



Gambar 4.2 Skema posisi landing point Towale

4.5 Penentuan jenis dan panjang fiber optic

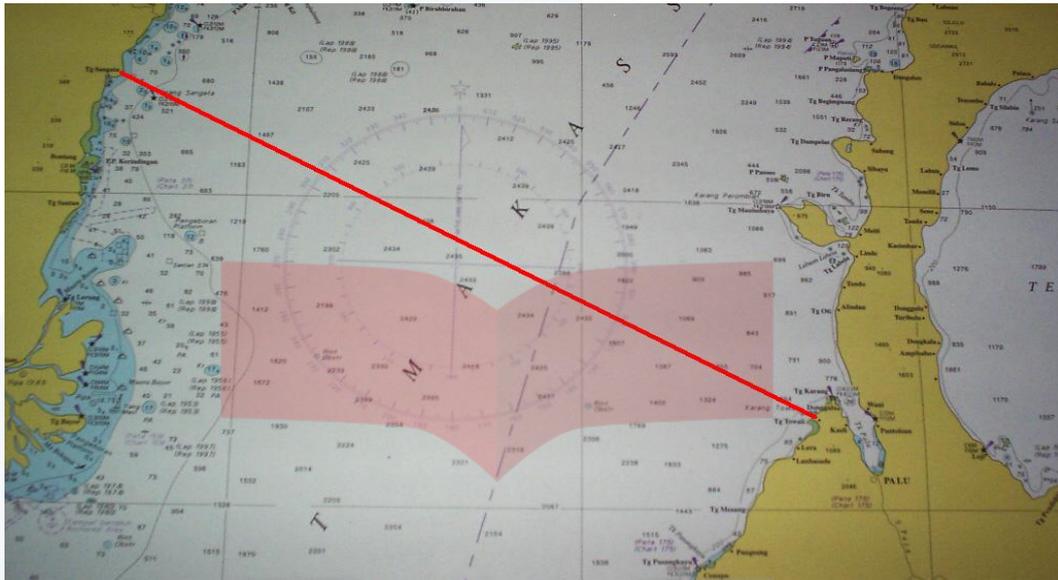
Dalam perencanaan sistem komunikasi kabel laut, penentuan jenis dan panjang kabel perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan agar perencanaan dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Untuk itu diperlukan data yang valid dan akurat mengenai rute, informasi kondisi, serta topologi laut yang akan digelar serat optik sehingga dapat ditentukan jenis serat optik yang akan digunakan beserta panjang kebutuhan kabel. Dalam hal ini data tersebut diperoleh dari Dinas Hidrografi dan Oseanografi, yang telah dipercaya oleh instansi-instansi terkait selama bertahun-tahun.

4.5.1 Darat

Kabel darat yang digunakan adalah G.655, memiliki jumlah *core* sebanyak 24 *core* yang akan ditanam langsung di dalam tanah (*direct buried*) dengan kedalaman 1,5 m.

Total serat optik G.655 yang dibutuhkan adalah sepanjang :

$$12,5 \text{ km} + 47,6 \text{ km} = 60,1 \text{ km}$$



Gambar 4.3 Rute gelaran kabel laut

Berdasarkan peta dari Dinas Hidrografi dan Oseanografi diketahui bahwa topologi laut yang akan ditanam serat optik relatif mudah. Dari peta tidak ditemukan kondisi ekstrim yang berpotensi mengakibatkan gangguan pada kabel laut.

Dengan menarik titik-titik yang akan dilewati serat optik, diperoleh jarak antara Sangatta-Towale : 280 km

Untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan maka kebutuhan panjang kabel perlu ditambah 10 % dari semestinya, maka kebutuhan panjang kabel laut :

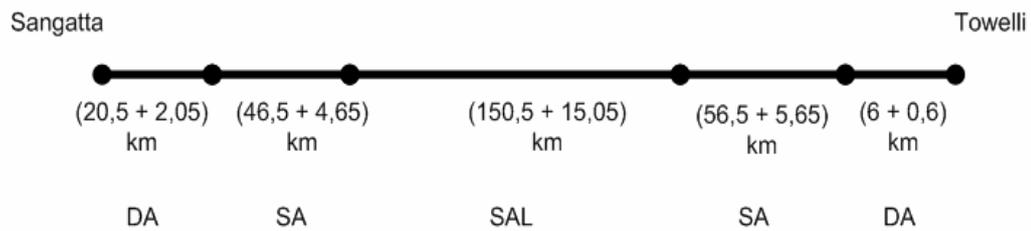
$$280 \text{ km} + 10 \% = 308 \text{ km}$$

Sehingga total kebutuhan panjang kabel serat optik baik di darat dan di laut :

$$\text{Total jarak} = 60,1 \text{ km} + 308 \text{ km} = 368,1 \text{ km}$$

4.5.2 Laut

Kebutuhan jenis kabel laut dapat diilustrasikan sebagaimana gambar 4.4 berikut ini :



Gambar 4.4 Kebutuhan panjang kabel laut dan jenisnya

Berdasarkan Sea Bed Profile Selat Makassar didapat kebutuhan kabel optik sebagai berikut :

Double Armored (DA)	: 22,55 + 6,6	= 29,15 km
Single Armored (SA)	: 51,15 + 62,15	= 113,3 km
Single Armored Light (SAL)	:	= 165,55 km

Proses penyambungan kabel optik yang akan digunakan terjadi di *cablesip*. Hal ini bertujuan agar pemasangan serat optik dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

4.6 Link Power Budget

Agar dapat dilakukan analisa terhadap kelayakan suatu sistem komunikasi kabel laut yang direncanakan, maka perlu dilakukan perhitungan *link power budget*. Dengan menggunakan *link power budget*, level daya di *receiver* dapat diketahui apakah di atas sensitivitas detektor atau tidak. Suatu sistem dapat dikatakan layak jika level daya di *receiver* lebih besar dari sensitivitas detektor.

Dalam perhitungan ini digunakan spesifikasi secara umum (standar).

Parameter desain

Laju bit (B)	: 10 Gbps (STM-64)
Format Modulasi	: NRZ
Margin	: 5-6 dB (diambil yang max, 6 dB)

Serat Single Mode (ITU-T G.655)

Redaman	: 0,19-0,25 dB/km (diambil yang max, 0,25 dB/km)
---------	--

Dispersi Chromatic : 3 ps/nm.km
 Panjang/roll (laut) : 100 km
 Panjang/roll (darat) : 3 km

Laser Diode (1550 nm)

Rise Time : 35 ps
 Lebar Spektral : 0,1 nm
 Daya Transmit : 7 dBm

PIN Detector (1550 nm)

Rise Time : 35 ps
 Sensitivitas min. : -32 dBm

Komponen lain

Redaman Konektor : 0,5 dB/konektor
 Redaman Splice : 0,1-0,2 dB/splice (diambil yang max, 0,2 dB/splice)
 Gain EDFA : 33 dB

4.6.1 Perhitungan jarak transmisi maksimum tanpa penguat

Untuk mengetahui apakah penguat diperlukan atau tidak dalam perencanaan SKKL Sangatta-Towale ini, maka harus ditentukan terlebih dahulu jarak terjauh yang dapat dicapai tanpa repeater. Dengan menggunakan persamaan di bawah ini akan diperoleh jarak terjauh sistem tanpa penguat, yaitu :

$$L_{sist} = \frac{P_{Tx} - P_{Rx} - 2\alpha_c + \alpha_s - M_s}{\alpha_f + \frac{\alpha_s}{L_{kabel}}}$$

$$L_{sist} = \frac{7 + 32 - 2 \cdot 0,5 + 0,2 - 6}{0,25 + \frac{0,2}{100}}$$

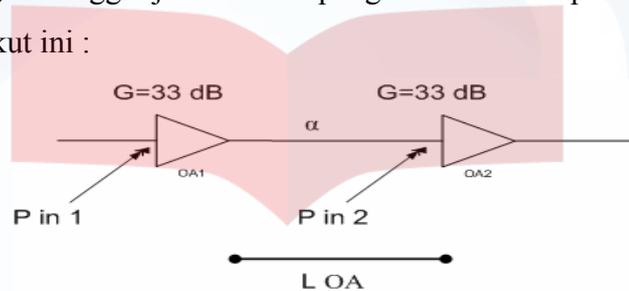
$$L_{sist} \approx 127 \text{ km}$$

Hal ini menunjukkan bahwa jarak link Sangatta-Towale sebesar 368,1 km melebihi perhitungan jarak di atas, sehingga perencanaan SKKL ini memerlukan penguat. Jarak antara terminal ke penguat pertama adalah sejauh 127 km.

4.6.2 Perhitungan jarak antar optical amplifier

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah penguat yang dibutuhkan sistem dan jarak maksimal antar penguat sehingga kestabilan sistem tetap terjaga dengan baik.

Sistem menggunakan perangkat penguat EDFA yang memiliki gain sebesar 33 dB, sehingga jarak antar penguat EDFA dapat diketahui dengan persamaan berikut ini :



Gambar 4.5 Konfigurasi antar 2 optical amplifier

$$P_{in-1} + G - \alpha - M = P_{in-2}$$

Dengan asumsi terjadi kondisi $P_{in-1} = P_{in-2}$, maka :

$$\begin{aligned} \alpha &= G - M \\ &= 33dB - 6dB \\ &= 27dB \end{aligned}$$

$$\alpha = \left[\frac{L_{OA}}{100km} - 1 \right] \alpha_s + L_{OA} \cdot \alpha_f + 2\alpha_c$$

$$\alpha = L_{OA} \left[\frac{\alpha_s}{100km} + \alpha_f \right] - \alpha_s + 2\alpha_c$$

$$L_{OA} = \frac{\alpha + \alpha_s - 2\alpha_c}{\alpha_f + \frac{\alpha_s}{100km}} = \frac{27 + 0,2 - 0,5}{0,25 + \frac{0,2}{100km}}$$

$$L_{OA} \approx 105km$$

Dari hasil perhitungan diperoleh jarak antar penguat EDFA adalah 105 km.

Untuk mengetahui jumlah penguat EDFA yang diperlukan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penguat} &= \frac{L_{tot}}{L_{OA}} - 1 = \frac{368,1}{105} - 1 \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka jumlah penguat yang dibutuhkan *link* Sangatta-Towale adalah sebanyak 3 buah.

4.6.3 Skema penempatan OA

Dalam perencanaan sistem komunikasi kabel laut hendaknya perlu diperhatikan dalam menempatkan OA. Hal ini agar dapat diperoleh sistem yang efektif dan efisien, serta memiliki kinerja yang optimal.

Pada perencanaan ini ada sekitar 5 macam kemungkinan skema penempatan OA. Yang kelimanya akan dianalisa apakah skema tersebut memenuhi kriteria yang dipersyaratkan sistem.

Berikut adalah beberapa kemungkinan skema penempatan OA :

4.6.3.1 Skema 1,

Diketahui bahwa jarak maksimal sistem tanpa penguat adalah 127 km, sehingga OA 1 ditempatkan pada jarak 127 km dari STO Sangatta.



Gambar 4.6 Penempatan OA Skema 1

Dari gambar di atas dapat diperoleh jumlah *splice* dan *connector* sebagai berikut :

Tabel 4.1 Jumlah splice dan connector tiap span (skema 1)

Span	Link	Jarak	Splice	Connector	Keterangan
I	Sangatta-BMH	12,5 km	5	1	3 km/roll
II	BMH – OA 1	114,5 km	3	-	100 km/roll
III	OA 1 – OA 2	127 km	3	-	100 km/roll
IV	OA 2 – OA 3	66,5 km	2	-	100 km/roll
V	BMH – Palu	47,6 km	16	1	3 km/roll

Dari keterangan tabel di atas maka dapat dicari redaman masing-masing Span dengan persamaan :

$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c$$

Keterangan : N = jumlah splice

n = jumlah connector

Berdasarkan data teknis diperoleh :

$$\alpha_f = 0,25 \text{ dB/km}, \alpha_s = 0,2 \text{ dB/splice}, \alpha_c = 0,5 \text{ dB/connector}$$

Dengan menggunakan persamaan di atas diperoleh redaman masing-masing span adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Nilai redaman tiap span (skema 1)

Span	$\alpha_{tot} (dB)$
I	4,625
II	29,225
III	32,35
IV	17,025
V	15,6

Selanjutnya dapat dihitung level daya penerima (P_r) dari span I sampai span V dengan persamaan :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M + G$$

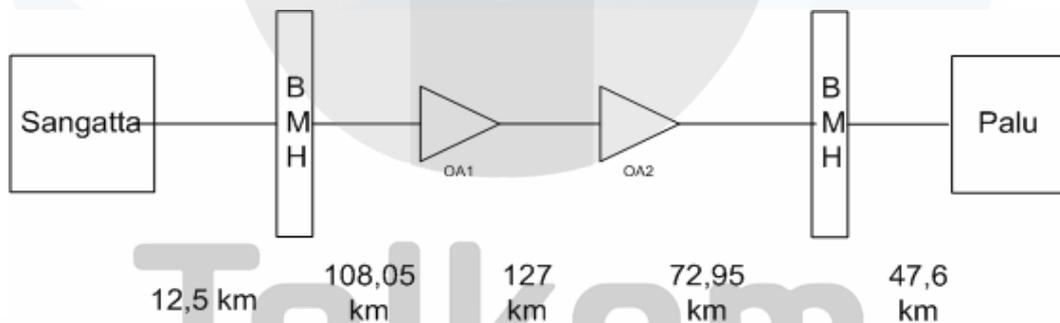
Tabel 4.3 Daya terima tiap span (skema 1)

Span	P_t (dBm)	α_{tot} (dB)	M (dB)	G (dB)	P_r (dBm)
I	7	4,625	6	0	-3,625
II	-3,625	29,225	6	0	-38,85
III	-38,85	32,35	6	33	-44,2
IV	-44,2	17,025	6	33	-34,225
V	-34,225	15,6	6	0	-55,825

Jika digunakan skema ini maka OA yang dibutuhkan sistem hanya 2 buah, sehingga dari segi ekonomi skema 1 cukup murah, namun pada skema 1 daya terima pada receiver hanya -55,825 dBm, sedangkan sensitivitas minimum detektor optik adalah -32 dBm, maka skema ini tidak dapat digunakan.

4.6.3.2 Skema 2,

Pada skema 2 ini jarak maksimal sistem tanpa penguat sebesar 127 km diletakkan di tengah sistem.



Gambar 4.7 Penempatan OA Skema 2

Dari gambar di atas dapat diperoleh jumlah splice dan connector sebagai berikut :

Tabel 4.4 Jumlah splice dan connector tiap span (skema 2)

Span	Link	Jarak	Splice	Connector	Keterangan
I	Sangatta-BMH	12,5	5	1	3 km/roll
II	BMH – OA 1	108,05 km	3	-	100 km/roll
III	OA 1 – OA 2	127 km	3	-	100 km/roll
IV	OA 2 – BMH	72,95 km	2	-	100 km/roll

V	BMH-Towale	47,6	16	1	100 km/roll
---	------------	------	----	---	-------------

Dari keterangan tabel di atas maka dapat dicari redaman masing-masing Span dengan persamaan :

$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c$$

Keterangan : N = jumlah splice

n = jumlah connector

Berdasarkan data teknis diperoleh :

$$\alpha_f = 0,25 \text{ dB/km}, \alpha_s = 0,2 \text{ dB/splice}, \alpha_c = 0,5 \text{ dB/connector}$$

Dengan menggunakan perhitungan di atas diperoleh redaman masing-masing span adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Nilai redaman tiap span (skema 2)

Span	$\alpha_{tot} (dB)$
I	4,625
II	27,6125
III	32,35
IV	18,6375
V	15,6

Selanjutnya dapat dihitung level daya penerima (P_r) dari span I sampai span V dengan persamaan :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M + G$$

Berdasarkan data teknis diperoleh : Margin = 6 dB, Gain EDFA = 33 dB

Dari proses perhitungan yang sama, diperoleh daya terima masing-masing span sebagai berikut :

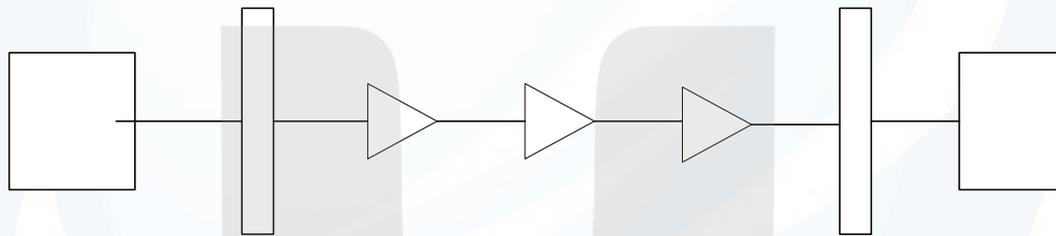
Tabel 4.6 Daya terima tiap span (skema 2)

Span	$P_t (dBm)$	$\alpha_{tot} (dB)$	M (dB)	G (dB)	$P_r (dBm)$
I	7	4,625	6	0	-3,625
II	-3,625	27,6125	6	0	-37,2375
III	-37,2375	32,35	6	33	-42,5875
IV	-42,5875	18,6375	6	33	-34,225
V	-34,225	15,6	6	0	-55,825

Jika digunakan skema 2 maka OA yang dibutuhkan sistem juga sebanyak 2 buah, sehingga dari segi biaya skema 2 juga cukup murah, namun dari tabel di atas diketahui daya yang diterima di *receiver* sistem -55,825 dBm lebih rendah dari syarat sensitivitas detektor optik sebesar -32 dBm, sehingga skema 2 ini tidak dapat digunakan.

4.6.3.3 Skema 3,

Diketahui jarak maksimal antar penguat adalah 105 km. Pada skema ini dimaksimalkan jarak antar penguat yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya yakni sepanjang 105 km di titik pertengahan sistem.



Gambar 4.8 Penempatan OA Skema 3

Dari gambar di atas didapat jumlah *splice* dan *connector* sebagai berikut :

Tabel 4.7 Jumlah splice dan connector tiap span (skema 3)

Span	Link	Jarak	Splice	Connector	Keterangan
I	Sangatta-BMH	12,5 km	5	1	3 km/roll
II	BMH – OA 1	66,55 km	2	-	100 km/roll
III	OA 1 – OA 2	105 km	3	-	100 km/roll
IV	OA 2 – OA 3	105 km	3	-	100 km/roll
V	OA 3 – BMH	31,45 km	2	-	100 km/roll
VI	BMH – Palu	47,6 km	16	1	3 km/roll

Sangatta

M
H

Dari keterangan tabel di atas maka dapat dicari redaman masing-masing span dengan persamaan :

OA1

$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c$$

Keterangan :

N = jumlah splice

n = jumlah connector

Berdasarkan data teknis diperoleh :

$$\alpha_f = 0,25 \text{ dB/km}, \alpha_s = 0,2 \text{ dB/splice}, \alpha_c = 0,5 \text{ dB/connector}$$

Tabel 4.8 Nilai redaman tiap span (skema 3)

Span	$\alpha_{tot} (dB)$
I	4,625
II	17,0375
III	26,85
IV	26,85
V	8,2625
VI	15,6

Selanjutnya dapat dihitung level daya penerima (P_r) dari span I sampai span VI dengan persamaan :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M + G$$

Dengan metode yang sama pada skema sebelumnya akan diperoleh daya terima masing-masing span sebagai berikut :

Tabel 4.9 Daya terima tiap span (skema 3)

Span	$P_t (dBm)$	$\alpha_{tot} (dB)$	M (dB)	G (dB)	$P_r (dBm)$
I	7	4,625	6	0	-3,625
II	-3,625	17,0375	6	0	-26,6625
III	-26,6625	26,85	6	33	-26,5125
IV	-26,5125	26,85	6	33	-26,3625
V	-26,3625	8,2625	6	33	-7,625
VI	-7,625	15,6	6	0	-29,225

Jika digunakan skema 3 maka sistem membutuhkan OA sebanyak 3 buah, sehingga dari segi ekonomi skema 3 lebih mahal daripada skema 1 dan 2.

Pada Span VI, diketahui daya terima detektor sistem sebesar -29,225 dBm masih di atas syarat sensitivitas minimum detektor penerima yakni sebesar -32 dBm. Akan tetapi pada span II daya terima OA 1 sebesar -26,6625 dBm masih di bawah syarat sensitivitas minimum OA 1 (-25 hingga -16 dBm), sehingga perencanaan dengan skema 3 ini tidak bisa digunakan.

Skema 3 ini dapat memenuhi syarat jika posisi OA digeser mendekati STO Sangatta.

4.6.3.4 Skema 4,

Dikarenakan daya terima OA 1 lebih rendah dari syarat sensitivitas minimum, maka pada skema letak OA digeser mendekati STO Sangatta.

Dengan mengacu pada syarat sensitivitas minimum -25 hingga -16 dBm (diambil -25 dBm sebagai acuan) akan dicari jarak antara OA 1 – BMH.

Dengan menggunakan persamaan level daya penerima dan parameter didapat dari perhitungan skema 3, diperoleh redaman total sebagai berikut :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M + G$$

$$-25 \text{ dBm} = -3,625 \text{ dBm} - \alpha_{tot} - 6 \text{ dB} + 0 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 15,375 \text{ dB}$$

Dengan menggunakan persamaan redaman masing-masing span dan parameter dari skema 3, diperoleh panjang sistem span sebagai berikut :

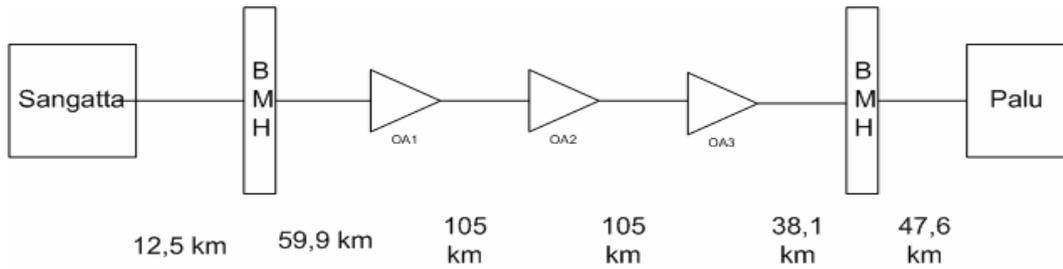
$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c$$

$$15,375 \text{ dB} = L_{sist} \cdot 0,25 \text{ dB} + 2 \cdot 0,2 \text{ dB} + 0 \text{ dB}$$

$$L_{sist} = 59,9 \text{ km}$$

Agar daya terima pada OA 1 sebesar -25 dBm, jarak antara BMH – OA 1 harus sama dengan 59,9 km.

Berikut adalah diagram blok skema 4 :



Gambar 4.9 Penempatan OA skema 4

Berdasarkan diagram blok di atas dapat diperoleh jarak baru sebagai berikut :

Tabel 4.10 Jumlah splice dan connector tiap span (skema 3)

Span	Link	Jarak	Splice	Connector	Keterangan
I	Sangatta-BMH	12,5 km	5	1	3 km/roll
II	BMH – OA 1	59,9 km	2	-	100 km/roll
III	OA 1 – OA 2	105 km	3	-	100 km/roll
IV	OA 2 – OA 3	105 km	3	-	100 km/roll
V	OA 3 – BMH	38,1 km	2	-	100 km/roll
VI	BMH – Palu	47,6 km	16	1	3 km/roll

Dengan persamaan redaman tiap diperoleh nilai redaman tiap span yang baru sebagai berikut:

$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c$$

Berdasarkan data teknis diperoleh :

$$\alpha_f = 0,25 \text{ dB/km}, \alpha_s = 0,2 \text{ dB/splice}, \alpha_c = 0,5 \text{ dB/connector}$$

Tabel 4.11 Nilai redaman tiap span (skema 4)

Span	$\alpha_{tot} (dB)$
I	4,625
II	15,375
III	26,85
IV	26,85
V	9,925
VI	15,6

Selanjutnya dapat dihitung level daya penerima (P_r) dari span I sampai span VI yang baru dengan persamaan :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M + G$$

Tabel 4.12 Daya terima tiap span (skema 4)

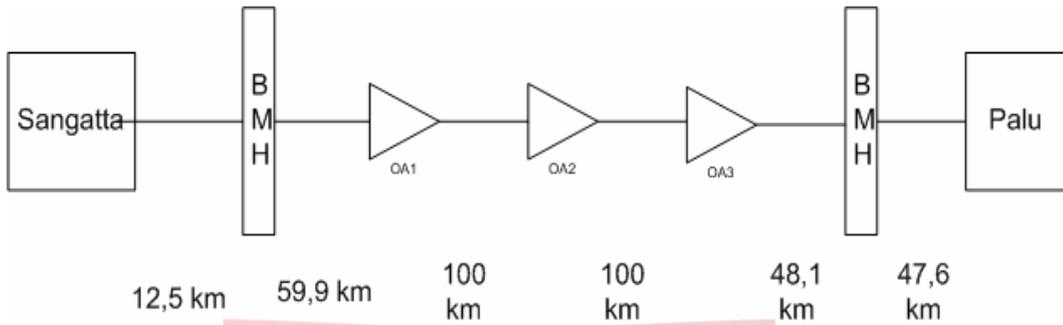
Span	P_t (dBm)	α_{tot} (dB)	M (dB)	G (dB)	P_r (dBm)
I	7	4,625	6	0	-3,625
II	-3,625	15,375	6	0	-25
III	-25	26,85	6	33	-24,85
IV	-24,85	26,85	6	33	-24,7
V	-24,7	9,925	6	33	-7,625
VI	-7,625	15,6	6	0	-29,225

Dengan dilakukan pergeseran dapat dilihat bahwa daya terima OA berkisar antara -24,7 hingga -25 dBm yang masih berada di atas sensitivitas minimum OA (-25 hingga -16 dBm). Meskipun skema 4 lebih banyak membutuhkan OA (3 buah) daripada skema 1 dan 2 sehingga biayanya lebih mahal, namun level daya terima pada detektor dan OA jauh lebih baik.

4.6.3.5 Skema 5,

Skema ini merupakan penyempurnaan dari skema 4 dengan meminimalisasi penggunaan *splicing*, dikarenakan tiap *splicing* memiliki *loss*. Diketahui jarak maksimal antar penguat adalah 105 km, sedangkan panjang kabel tiap roll adalah 100 km. Hal ini mengakibatkan perlunya penyambungan kabel laut untuk menutupi kekurangan tersebut, sehingga dalam skema 5 ini jarak antar penguat yang digunakan adalah 100 km.

Pada skema 5 ini, sistem membutuhkan 3 buah OA, sehingga dari segi biaya kurang lebih sama dengan skema 3 dan 4 (lebih mahal daripada skema 1 dan 2).



Gambar 4.10 Penempatan OA Skema 5

Dari gambar di atas didapat jumlah *splice* dan *connector* sebagai berikut :

Tabel 4.13 Jumlah *splice* dan *connector* tiap span (skema 5)

Span	Link	Jarak	Splice	Connector	Keterangan
I	Sangatta-BMH	12,5	5	1	3 km/roll
II	BMH – OA 1	59,9 km	2	-	100 km/roll
III	OA 1 – OA 2	100 km	2	-	100 km/roll
IV	OA 2 – OA 3	100 km	2	-	100 km/roll
V	OA 3 – BMH	48,1 km	2	-	100 km/roll
VI	BMH – Palu	47,6 km	16	1	3 km/roll

Dari keterangan tabel di atas maka dapat dicari redaman masing-masing Span dengan persamaan :

$$\alpha_{tot} = L_{sist} \cdot \alpha_f + N \cdot \alpha_s + n \cdot \alpha_c$$

Keterangan :

N = jumlah splice

n = jumlah connector

Berdasarkan data teknis diperoleh :

$$\alpha_f = 0,25 \text{ dB/km}, \alpha_s = 0,2 \text{ dB/splice}, \alpha_c = 0,5 \text{ dB/connector}$$

Dengan menggunakan metode yang sama maka akan diperoleh nilai redaman masing-masing span sebagai berikut :

Tabel 4.14 Nilai redaman tiap span (skema 5)

Span	$\alpha_{tot} (dB)$
I	4,625
II	15,375
III	25,4
IV	25,4
V	12,425
VI	15,6

Selanjutnya dapat dihitung level daya penerima (P_r) dari span I sampai span VI dengan persamaan :

$$P_r = P_t - \alpha_{tot} - M + G$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, akan diperoleh daya terima masing-masing span sebagai berikut :

Tabel 4.15 Daya terima tiap span (skema 5)

Span	$P_t (dBm)$	$\alpha_{tot} (dB)$	M (dB)	G (dB)	$P_r (dBm)$
I	7	4,625	6	0	-3,625
II	-3,625	15,375	6	0	-25
III	-25	25,4	6	33	-23,4
IV	-23,4	25,4	6	33	-21,8
V	-21,8	12,425	6	33	-7,225
VI	-7,225	15,6	6	0	-28,825

Pada skema 5 ini, diperoleh daya terima di *receiver* sebesar -28,825 dBm (Span VI) yang masih di atas sensitivitas minimum detektor optik (-32 dBm). Sedangkan daya yang diterima pada OA 1 (-25 dBm), OA 2 (-23,4 dBm), dan OA 3 (-21,8 dBm) masih di antara daya terima perangkat EDFA yang disyaratkan yakni -25 hingga -16 dBm. Sehingga skema 5 ini **layak** digunakan.

Skema 4 dan skema 5 telah memenuhi syarat. Namun pada skema 4 daya terima pada *receiver* sebesar -29,225 dBm, sedangkan skema 5 sebesar -28,825

dBm, sehingga skema 5 **lebih bagus** jika dibandingkan dengan skema 4. Hal ini dikarenakan pada skema 5, penggunaan *splicing* diminimalisasi.

4.7 Perhitungan Rise Time Budget

Rise time budget sistem :

$$t_r = \frac{0,7}{BR} = \frac{0,7}{10.10^9} = 70 \text{ ps}$$

Rise time budget perhitungan :

$$t_r = \left[(t_{Tx})^2 + (D \cdot \sigma_\lambda \cdot L)^2 + (t_{Rx})^2 \right]^{1/2}$$

t_{Tx} dan $t_{Rx} = 35 \text{ ps}$

$D=3 \text{ ps/nm.km}$, $\sigma_\lambda = 0,1 \text{ nm}$, sehingga dapat dihitung :

$$\begin{aligned} t_r &= \left[(35)^2 + (3.0,1.368,1)^2 + (35)^2 \right]^{1/2} \\ &= 121 \text{ ps} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat *rise time* sebesar 121 ps yang masih di atas *rise time budget* sistem (70 ps), sehingga *rise time* perencanaan harus diturunkan. Ada dua macam cara untuk menurunkan *rise time* perencanaan, yaitu :

- **Menurunkan lebar spektral transmitter**

Agar *rise time* perencanaan ini lebih kecil atau sama dengan *rise time* sistem yang disyaratkan untuk STM-64, maka lebar spektral *transmitter* (*laser diode*) harus diturunkan. Dengan menggunakan persamaan berikut, diperoleh *rise time* fiber :

$$t_r = \left[(t_{Tx})^2 + (D \cdot \sigma_\lambda \cdot L)^2 + (t_{Rx})^2 \right]^{1/2}$$

Diketahui $t_{Tx} = t_{Rx} = 35 \text{ ps}$, dan *rise time* sistem = 70 ps

$$70 = \left[(35)^2 + (D \cdot \sigma_\lambda \cdot L)^2 + (35)^2 \right]^{1/2}$$

$$4900 = 2450 + (D \cdot \sigma_\lambda \cdot L)^2$$

$$(D \cdot \sigma_\lambda \cdot L)^2 = 2450$$

$$(D \cdot \sigma_\lambda \cdot L) = 49,5 \text{ ps}$$

Diketahui $D = 3 \text{ ps/nm.km}$, $L = 368,1 \text{ km}$, sehingga dapat diperoleh nilai lebar spektral (σ_λ), sebagaimana perhitungan berikut :

$$3 \text{ ps/nm.km} \cdot \sigma_\lambda \cdot 368,1 \text{ km} = 49,5 \text{ ps}$$

$$\sigma_\lambda = 0,045 \text{ nm}$$

Agar rise time sistem perencanaan ini memenuhi syarat *rise time* sistem untuk STM-64 sebesar 70 ps, perlu digunakan *transmitter (laser diode)* dengan σ_λ lebih kecil atau sama dengan 0,045 nm.

- **Menggunakan kompensasi dispersi**

Selain menurunkan lebar spectral, rise time perencanaan juga dapat diturunkan dengan cara mengkompensasi dispersi menggunakan DCF (*Dispersion Compensating Fiber*). DCF yang digunakan adalah DCF LEAF (*Large Effective Area Fiber*) dengan $D = -100 \text{ ps/nm.km}$.

Total kebutuhan panjang DCF LEAF dapat diperoleh melalui perhitungan berikut:

$$L_{DCF} = \frac{D_f}{D_{DCF}} \cdot L_{sist}$$

$$L_{DCF} = \frac{100 \text{ ps / nm.km}}{3 \text{ ps / nm.km}} \cdot 368,1 \text{ km}$$

$$L_{DCF} = 11,043 \text{ km}$$

Keterangan :

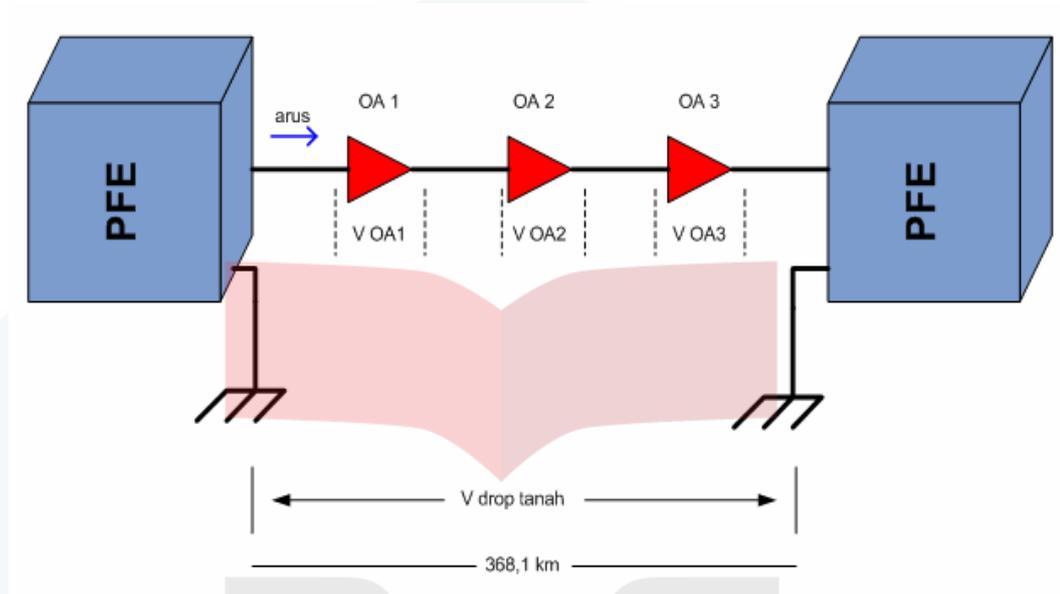
$$D_f = \text{Dispersi kromatik fiber NZDSF} = 3 \text{ ps/nm.km}$$

$$D_{DCF} = \text{Dispersi kromatik DCF} = -100 \text{ ps/nm.km}$$

$$L_{sist} = \text{Panjang kabel sistem} = 368,1 \text{ km}$$

Jadi, total panjang DCF LEAF untuk mengkompensasi dispersi adalah 11,043 km.

4.8 Catu Daya Sistem



Gambar 4.11 Skenario pencatuan sistem

Kebutuhan tegangan total sistem dapat dicari dengan cara menjumlahkan seluruh tegangan *repeater* (V_{dropOA}), tegangan kabel ($V_{dropkabel}$), dan tegangan potensial tanah di antara kedua terminal ($V_{droptanah}$).

Adapun data teknis yang berkaitan dengan kebutuhan tegangan sistem adalah sebagai berikut (diambil dari perencanaan yang serupa) :

Drop Tegangan OA	: 8 Volt/OA
Arus catu daya OA	: 0,92 A
Resistansi DC kabel catu daya	: 0,8 ohm/km
Koefisien resistansi DC kabel catu daya	: 0,004/km °C
Perubahan temperature sekitar	: 0-20 °C
Perubahan potensial tanah	: 0,5 Volt/mil

Dalam perencanaan ini digunakan :

Panjang bentangan kabel BMH to BMH	: 368,1 km
Jumlah OA	: 3 buah

Perhitungan :

$$V_{total} = V_{dropOA} + V_{dropkabel} + V_{drop\ tan\ ah}$$

Drop tegangan konfigurasi perangkat OA yang digunakan

$$V_{OA1} = V_{OA2} = V_{OA3} = 8\ \text{Volt}$$

$$V_{dropOA} = \text{drop tegangan/OA} \times \text{jumlah OA}$$

$$= 8\ \text{Volt} \times 3\ \text{buah}$$

$$= 24\ \text{Volt}$$

Drop tegangan resistansi kabel catu daya OA

Resistansi total kabel = resistansi kabel + koefisien resistansi kabel terhadap perubahan suhu

$$= 0,8 + (0,004 \times 20)\ \text{ohm/km}$$

$$= 0,88\ \text{ohm/km}$$

$$V_{dropkabel} = \text{resistansi total kabel} \times \text{panjang kabel} \times \text{arus}$$

$$= 0,88 \times 368,1 \times 0,92$$

$$= 298,01\ \text{Volt}$$

Drop tegangan akibat perbedaan potensial tanah antara kedua terminal

$$V_{drop\ tan\ ah} = \text{potensial tanah} \times \text{panjang kabel}$$

$$= 0,5\ \text{V/mil laut} \times 368,1\ \text{km} / 1,853\ \text{km/mil laut}$$

$$= 99,33\ \text{Volt}$$

$$V_{total} = V_{dropOA} + V_{dropkabel} + V_{drop\ tan\ ah}$$

$$= 24 + 298,01 + 99,33$$

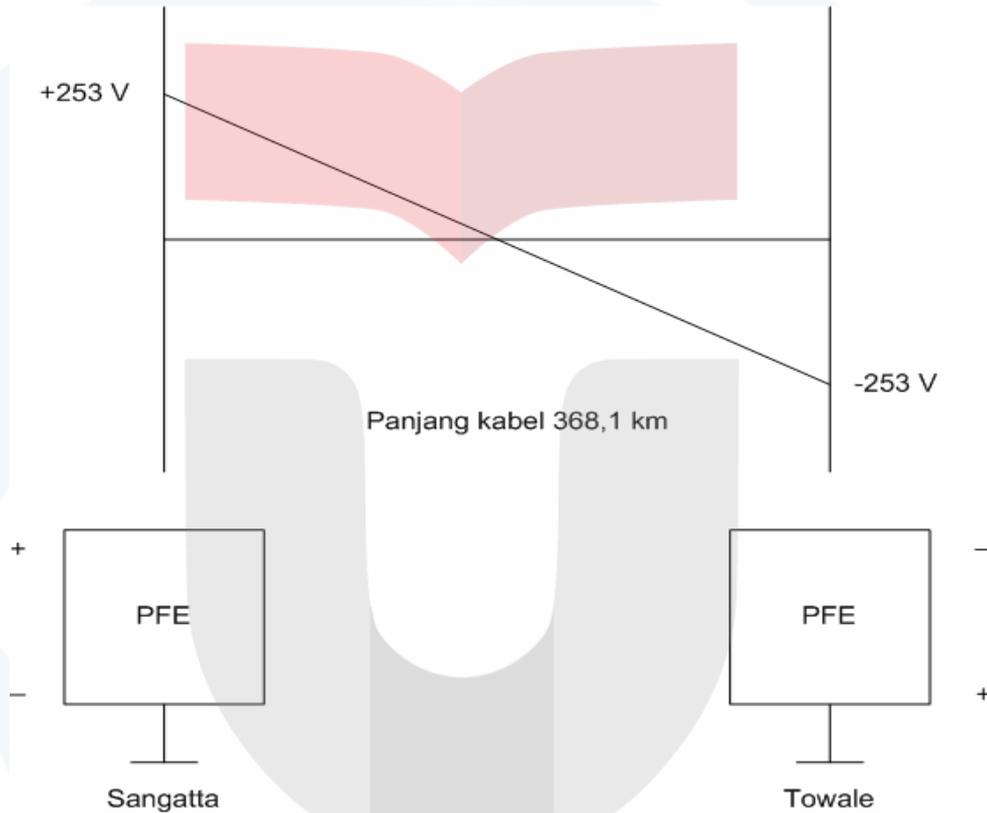
$$= 421,34\ \text{Volt}$$

Tegangan total V_{total} yang diperoleh adalah 421,34 V, namun untuk keamanan sistem maka tegangan PFE dinaikkan 20 % dari aslinya menjadi 506 V.

Pada perencanaan ini digunakan metode pencatuan *double end feeding*. Pencatuan sistem dilakukan dari dua arah, terminal Sangatta dan terminal Towale. Hal ini ditujukan agar jika terjadi salah satu terminal gagal mencatu atau

mengalami masalah (contoh : PFE shutdown, modul rusak, dll) maka sistem dapat tetap dicatu dari sisi lainnya.

Tegangan 506 V dicatu oleh dua terminal, maka masing-masing terminal mencatu +253 V (terminal Sangatta) dan -253 V (terminal Towale).



Gambar 4.12 Pencatuan SKKL Sangatta - Towale



ST **Telkom** *UM*
University

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, I.G.N.Gde, “Perencanaan Sistem Transmisi Kabel Laut Serat Optik Link Jawa-Bali-Mataram dengan Teknologi DWDM untuk Mengakomodasi Kebutuhan Kanal s/d Tahun 2011”, STT Telkom, 2006.
- [2] Consortium, NEC and Siemens, “The Procurement and Installation of Ring JASUKA Backbone Project”, 2005.
- [3] M. H., Hasian, “Perencanaan Sistem Komunikasi Kabel Laut Link Batam-Pontianak Dengan Teknologi Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Untuk Mengakomodasi Kebutuhan Kanal s/d 2009”, STT Telkom, 2006.
- [4] Othonos, Andreas, “Fiber Bragg Gratings Fundamental and Applications in Telecommunications and Sensing”, Artech House, 1999.
- [5] Palais, J.C., “Fiber Optic Communications”, Ed. Ke-4, Prentice Hall International, Inc., 1998.
- [6] Powers, John, “An Introduction to Fiber Optic Systems”, 2nd edition, McGraw-Hill, 1999.
- [7] Zanger, Henry, “Fiber Optic Communication and Other Applications”, Macmillan Publishing Company, 1991.

Telkom
University