

DESAIN JARINGAN BACKBONE KABEL OPTIK PADA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DWDM OTN

Azarya N J Siahaan¹ dan Saut M Situmorang²

Universitas HKBP Nommensen Pematang Siantar
Jl. Sangnawaluh No.4, Kota Pematang Siantar, 21136, Sumatera Utara

Institut Sains dan Teknologi T.D.Pardede
Jl. DR.TD.Pardede Medan, 20153, Sumatera Utara

skatemelodicpunkpop88@gmail.com¹ mathedyusmail@gmail.com²

ABSTRAK

Pada perancangan jaringan *backbone* provinsi Kalimantan Tengah menggunakan perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) dan *Optical Transport Network* (OTN) yang mencakup 14 kabupaten kota yang terdiri dari 31 segment dimana dari 31 segment terdiri dari 14 site DWDM OTN dan 11 site *Optical Land Amplifier* (OLA). Dari hasil desain dan simulasi jaringan backbone, didapatkan bahwa nilai dari *Optical Link Power Budget* (OLPB) < 50 dBm dimana nilai tersebut adalah nilai ideal didalam penggelaran jaringan *backbone* DWDM OTN, serta kisaran dari *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) berkisar antara 20 dBm $<$ OSNR $<$ 40 dBm, yang merupakan nilai ideal dari OSNR, serta memiliki nilai *Optical Rise Time Budget* (ORTB) < 60 ps, dan juga memiliki sistem *segment margin* > 7 dB.

Kata Kunci: Jaringan backbone, DWDM OTN, OLA, Provinsi Kalimantan Tengah, Optical Link Power Budget (OLPB), Optical Signal Noise Ratio (OSNR), Optical Rise Time Budget (ORTB)

ABSTRACT

In designing the Central Kalimantan Network backbone province, it uses Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) and Optical Transport Network (OTN) which cover 14 city districts consisting of 14 segments of 14 DWDM OTN and 11 Optical Land Amplifier (OLA) sites. From the design and backbone network simulation results, it was found that the value of Optical Link Power Budget (OLPB) < 50 dBm, where this is an ideal value for deploying a DWDM OTN backbone network, and the range of values for Optical Signal Noise Ratio (OSNR) ranges from 20 dBm $<$ OSNR $<$ 40 , and also have an ideal Optical Rise Time Budget (ORTB) value < 60 ps dBm, which is the ideal value of OSNR, and also has a margin segment system > 7 dB

Keywords: Optical Network Backbone, DWDM OTN, OLA, Central Kalimantan Province, Optical Link Power Budget (OLPB), Optical Signal Noise Ratio (OSNR), Optical Rise Time Budget (ORTB)

1. PENDAHULUAN

Palapa Ring sendiri adalah salah satu program prioritas utama dari pemerintah untuk membangun sistem jaringan backbone kabel optik yang memiliki kapasitas besar dan kecepatan tinggi dengan cara mengintegrasikan jaringan yang sudah ada dengan jaringan yang akan dibuat. Palapa Ring sendiri terbagi kedalam 3 segment utama yaitu, Palapa Ring Barat (PRB), Palapa Ring Tengah (PRT), dan Palapa Ring Timur (PTT). Proyek Palapa Ring sudah mulai digelar dengan tujuan untuk menyambungkan pulau-pulau yang ada di Indonesia baik melalui jalur darat dan jalur laut.

Proyek Palapa Ring sudah membuat beberapa ring besar di Indonesia, tetapi 11 ring yang menghubungkan Sulawesi dan NTT masih belum selesai. Terkait dengan masalah tersebut, jaringan backbone optik dari Makassar - Maumere sebagai bagian dari 11 bagian ring tersebut dirancang menggunakan teknologi perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) [1]. Perkembangan jaringan backbone kabel optik juga direncanakan dibeberapa area seperti perancangan jaringan backbone *Long Term Evolution* (LTE) 4G didaerah kabupaten Sleman di provinsi Yogyakarta [2]. Selain itu untuk perancangan jaringan backbone untuk wilayah Sumatera Utara sendiri juga sedang direncanakan [3].

Pada penulisan jurnal ilmiah ini, untuk area yang dipilih adalah provinsi Kalimantan Tengah, dimana provinsi Kalimantan Tengah kedepannya akan diproyeksikan mengalami kemajuan dan perkembangan pesat. Maka untuk dapat mengantisipasi hal tersebut, perlu segera dibuat dan digelar jaringan backbone kabel optik darat dan kabel optik laut yang dapat menghubungkan semua kabupaten dan kota yang ada di provinsi Kalimantan Tengah yang berjumlah total sebanyak 13 Kota Kabupaten dan 1 Kota Madya. Gambar 1. dibawah ini menunjukkan proyek Palapa Ring.



Gambar 1. Proyek Palapa Ring (sumber: dokumen penelitian)

2. TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum, sistem komunikasi kabel optik laut terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian darat (*Dry Part*) dan juga bagian laut (*Wet Part*). Pada bagian darat (*Dry Part*) terdiri dari *Site Shelter* utama yang berfungsi sebagai tempat berdirinya perangkat terminal yang menghubungkan antara *Site Shelter* (stasiun) antar kabupaten, kota yang terletak didaerah provinsi kepulauan. Sedangkan bagian laut (*Wet Part*) terdiri dari kabel optik laut beserta elemen pendukung yang meliputi perangkat *Optical Repeater* (RPT), *Cable Jointing* (CJ), dan, *Cable Branching Unit* (BU) yang berfungsi untuk menghubungkan stasiun (*shelter*) antar pulau.

Secara keseluruhan perangkat terminal yang ada didalam shelter terdiri dari *Cable Terminal Box* (CTB), *Power Feeding Equipment* (PFE), *Submarine Line Monitoring* (SLM), *Submarine Line Terminal Equipment* (SLTE), *Network Monitoring System* (NMS), dan *Network Protection Equipment* (NPE), sedangkan perangkat yang ada diluar shelter terdiri dari *Ocean Ground Bed* (OGB) dan *Beach Manhole* (BMH).

Komponen perangkat yang ada didalam shelter berfungsi sebagai titik terminal ujung dari fisik kabel optik sedangkan yang ada diluar shelter seperti BMH dan OGB berfungsi sebagai tempat *Landing Station* (LS) dari kabel optik laut sebelum menuju perangkat yang ada didalam

site (shelter). Untuk perangkat yang ada diluar shelter terdiri dari *Ocean Ground Bed* (OGB) dan *Beach Manhole* (BMH). Sedangkan perangkat yang ada didalam shelter mencakup *Cable Terminal Box* (CTB), *Power Feeding Equipment* (PFE), *Submarine Line Monitoring* (SLM), *Submarine Line Terminal Equipment* (SLTE), *Network Monitoring System* (NMS), dan *Network Protection Equipment* (NPE)

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan didalam penulisan jurnal ini adalah dengan cara mengumpulkan data awal tentang peta geografi Provinsi Kalimantan Tengah. Hal ini penting didalam menentukan tahapan selanjutnya. Untuk mengumpulkan data informasi geografis dan karakteristik wilayah provinsi Kalimantan Tengah terutama jumlah kota dan kabupaten yang ada di provinsi tersebut, penulis menggunakan *Software Google Map* dan bantuan data dari *Google Wikipedia*.

Setelah tahapan pengumpulan data awal terkait provinsi Kalimantan Tengah, Maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pembagian segment antara kabupaten dan kota yang ada di provinsi Kalimantan Tengah untuk mengetahui apakah kabupaten atau kota tersebut masuk kedalam segment kabel optik darat atau kabel optik laut. Hal ini juga bisa didapat dengan bantuan software *Google Map* maupun *Google Earth*. Setelah tahapan identifikasi segment tersebut dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah membagi semua kota kabupaten yang ada di dalam provinsi Kalimantan Tengah kedalam dua segment yaitu segment darat (*Inland*) dan segment laut (*Submarine*).

Apabila tahapan identifikasi dan pembagian segment pada semua kabupaten dan kota di provinsi Kalimantan Tengah selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengukuran jarak antar kota dan kabupaten sebagai basis didalam menentukan besaran nilai dari panjang kabel optik yang bakalan digelar di semua kabupaten kota di provinsi Kalimantan

Tengah. Untuk pengukuran kabupaten dan kota yang masuk kedalam segment darat (*Inland*) digunakan *Software Google Map*, sedangkan untuk melakukan pengukuran pada kota kabupaten yang masuk kedalam segment kabel laut (*Submarine*), maka digunakan *Software Google Earth Pro*.

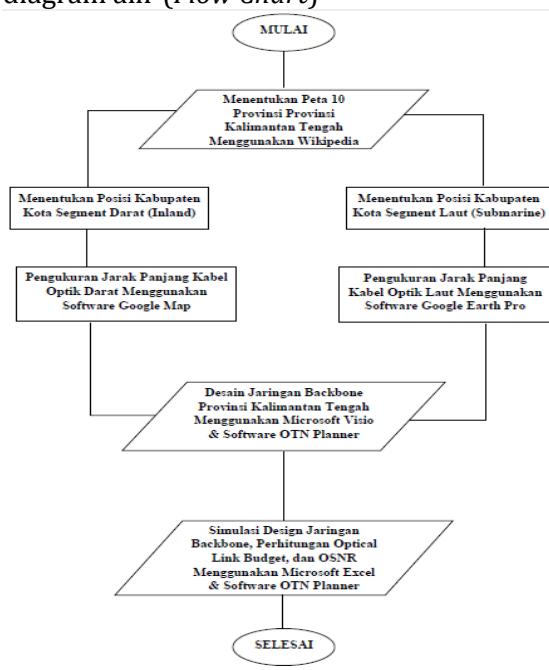
Untuk Tahapan selanjutnya setelah mendapatkan data hasil pengukuran panjang kabel yang melewati semua kabupaten dan Kota Madya di provinsi Kalimantan Tengah dengan menggunakan *Software Google Map* dan *Google Earth*, maka dibuat gambar design jaringan topologi *backbone* pada masing-masing provinsi dengan menggunakan peta wilayah provinsi tersebut untuk memudahkan didalam pembuatan design gambar sekaligus mengidentifikasi dan memastikan bahwa setiap kabupaten dan kota yang ada didalam gambar topologi tersebut bisa terhubung antara satu sama lain. Untuk design gambar topologi jaringan backbone ini bisa menggunakan *Software Microsoft Word*.

Setelah tahapan pembuatan gambar design topology jaringan *backbone* di provinsi Kalimantan Tengah selesai dibuat, maka tahapan selanjutnya adalah membuat tabulasi data teknis dari semua segment kabupaten kota baik yang dilewati jalur kabel optik darat maupun jalur kabel optik laut kedalam bentuk tabel *Spreadsheet Excel*. Hal ini perlu dilakukan guna memudahkan didalam pemindahan data dari *Microsoft Excel* ke *Microsoft Word*. Selain itu tujuan dari membuat tabulasi data dalam bentuk *Spreadsheet Excel* adalah guna memudahkan didalam melakukan perhitungan nilai *Optical Link Power Budget* (OSNR), *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) dan *Optical Rise Time Budget* (ORTB).

Setelah tahapan pembuatan tabulasi data dalam bentuk *Microsoft Excel* selesai dibuat. Maka tahapan selanjutnya adalah melakukan design infrastruktur backbone provinsi Kalimantan Tengah kedalam *Software OTN Planner*. *OTN Planner* sendiri adalah *Software* yang dikeluarkan oleh perusahaan *Vendor* perangkat kabel optik

Fiberhome. Dimana *Software* ini memang dikhususkan untuk membuat design proyek infrastruktur perangkat jaringan *backbone* kabel optik dengan menggunakan basis perangkat DWDM dan OTN.

Setelah design infrastruktur jaringan backbone optik provinsi Kalimantan Tengah selesai dilakukan dengan menggunakan *Software OTN Planner*, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai *Optical Link Power Budget* (OLPB), *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) dan *Optical Rise Time Budget* (ORTB). Untuk perhitungan dari OLPB dan ORTB sendiri dapat dilakukan secara manual menggunakan *Microsoft Excel*, sedangkan untuk perhitungan OSNR harus dilakukan menggunakan *Software OTN Planner* karena metode perhitungan OSNR cukup rumit dan hanya dapat digenerate dengan simulasi topologi jaringan *backbone* yang sudah didesign di *Software OTN Planner*. Gambar 42 dibawah ini menunjukkan diagram alir (*Flow Chart*)

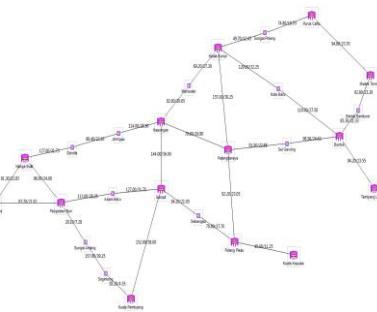


Gambar 2. Diagram Alir (Sumber dokumen penelitian)

4. HASIL dan PEMBAHASAN

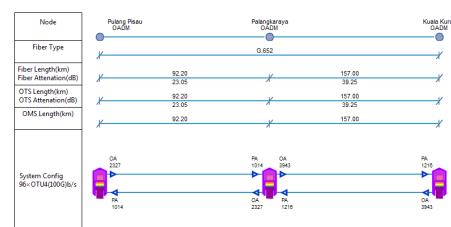
Pada provinsi Kalimantan Tengah, segment yang paling dominan adalah

segment kabel optik darat yang semua kota kabupaten dan kota madya yang ada di provinsi Kalimantan Tengah dilalui oleh kabel optik darat, sedangkan di provinsi Kalimantan Tengah tidak menggunakan kabel optik Laut. Gambar 50. dibawah ini menunjukkan topologi jaringan *backbone* provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 3. Desain Topologi Jaringan Backbone Provinsi Kalimantan Tengah (sumber dokumen penelitian)

Site OLA pada jaringan *backbone* Kalimantan Tengah terletak di kecamatan yang saling berhubungan dan berbatasan dengan kabupaten yang dilalui oleh segment kabel tersebut. Untuk segmet Sukamara – Tamiyang Layang terdiri dari 8 site DWDM OTN yaitu site (Sukamara – Nanga Bulik – Kasongan – Kuala Kurun – Puruk Cahu – Muara Teweh – Buntok – Tamiyang Layang) dan 8 site OLA yaitu site (Gandis, Jeringau, Mansulan, Sungai Pinang, dan Bantai Bambure). Untuk modul OA dan modul PA yang terpasang pada segment ini berjumlah 48 modul yang terpasang disisi Tx dan Rx, dimana modul OA berjumlah 22 modul dan modul PA berjumlah 26 modul.



Gambar 4. Simulasi Segment Kuala Kurun - Palangkaraya - Pulang Pisau (sumber:dokumen penelitian)

Tabel dibawah ini menunjukkan parameter data yang terdiri dari panjang kabel, redaman kabel, jumlah sambungan, redaman sambungan, redaman konektor dan jumlah konektor. Perhitungan *Optical Link Power Budget* (OLPB) untuk provinsi

Kalimantan Tengah menggunakan Rumus persamaan yang sudah ada sebelumnya (Persamaan-1). Dari rumus persamaan (1) dapat dilakukan perhitungan besaran nilai dari *Optical Link Power Budget* (OLPB) seperti ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 1 . Parameter Data OLPB Provinsi Kalimantan Tengah

No	Sites A Name	Sites B Name	Lcable (Km)	Cable Attn (dB)	Cn Loss (dB)	JC Loss (dB)	JC	Margin (dB)
1	Nanga Bulik	Gandis (OLA)	127	0,25	0,05	0,08	32	7
2	Gandis (OLA)	Jeringau (OLA)	88,4	0,25	0,05	0,08	23	7
3	Jeringau (OLA)	Kasongan	114	0,25	0,05	0,08	29	7
4	Nanga Bulik	Pangkalan Bun	96	0,25	0,05	0,08	24	7
5	Nanga Bulik	Sukamara	91,3	0,25	0,05	0,08	23	7
6	Sukamara	Pangkalan Bun	87,7	0,25	0,05	0,08	22	7
7	Pangkalan Bun	Asam Baru (OLA)	113	0,25	0,05	0,08	29	7
8	Asam Baru (OLA)	Sampit	127	0,25	0,05	0,08	32	7
9	Pangkalan Bun	Sungai Amang (OLA)	29,1	0,25	0,05	0,08	8	7
10	Sungai Amang (OLA)	Segintong (OLA)	157	0,25	0,05	0,08	40	7
11	Segintong (OLA)	Kuala Pembuang	18,2	0,25	0,05	0,08	5	7
12	Kasongan	Mansulan (OLA)	82,6	0,25	0,05	0,08	21	7
13	Mansulan (OLA)	Kuala Kurun	69,2	0,25	0,05	0,08	18	7
14	Kasongan	Palangkaraya	79,6	0,25	0,05	0,08	20	7
15	Kasongan	Sampit	144	0,25	0,05	0,08	36	7
16	Sampit	Sebangau (OLA)	84,2	0,25	0,05	0,08	22	7
17	Sebangau (OLA)	Pulang Pisau	70,8	0,25	0,05	0,08	18	7
18	Sampit	Kuala Pembuang	152	0,25	0,05	0,08	38	7
19	Kuala Kurun	Sungai Pinang (OLA)	49,7	0,25	0,05	0,08	13	7
20	Sungai Pinang (OLA)	Puruk Cahu	74,8	0,25	0,05	0,08	19	7
21	Kuala Kurun	Kota Baru (OLA)	129	0,25	0,05	0,08	33	7
22	Kota Baru (OLA)	Buntok	110	0,25	0,05	0,08	28	7
23	Kuala Kurun	Palangkaraya	157	0,25	0,05	0,08	40	7
24	Palangkaraya	Sei Gawing (OLA)	91,5	0,25	0,05	0,08	23	7
25	Sei Gawing (OLA)	Buntok	98,5	0,25	0,05	0,08	25	7
26	Palangkaraya	Pulang Pisau	92,2	0,25	0,05	0,08	24	7
27	Pulang Pisau	Kuala Kapuas	45	0,25	0,05	0,08	12	7
28	Puruhan Cahu	Muara Teweh	94,8	0,25	0,05	0,08	24	7
29	Muara Teweh	Bantai Bambure (OLA)	92,8	0,25	0,05	0,08	24	7
30	Bantai Bambure (OLA)	Buntok	85,3	0,25	0,05	0,08	22	7
31	Buntok	Tamiyang Layang	94,2	0,25	0,05	0,08	24	7

Perhitungan OSNR untuk provinsi Kalimantan Tengah menggunakan rumus persamaan-4 yang sudah ada sebelumnya. Tabel dibawah ini menunjukkan nilai dari parameter *Module Amplifier* seperti, *Gain*,

Noise Figure, dan *Output Power* beserta parameter tambahan yang sudah ada didalam tiap-tiap segment. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan nilai OSNR.

Tabel 2. Parameter Data OSNR Provinsi Kalimantan Tengah

No	Sites A Name	Sites B Name	Gain (dB)	Noise Figure (dB)	Pmod (dBm)	Loss Attn/ α_L (dB)
1	Nanga Bulik	Gandis (OLA)	31,00	6,50	35,00	31,75
2	Gandis (OLA)	Jeringau (OLA)	22,00	6,50	25,00	22,10
3	Jeringau (OLA)	Kasongan	28,00	6,50	32,00	28,50
4	Nanga Bulik	Pangkalan Bun	24,00	6,50	28,00	24,00
5	Nanga Bulik	Sukamara	22,00	6,50	25,00	22,83
6	Sukamara	Pangkalan Bun	21,00	6,50	25,00	21,92
7	Pangkalan Bun	Asam Baru (OLA)	28,00	6,50	32,00	28,25
8	Asam Baru (OLA)	Sampit	31,00	6,50	35,00	31,75
9	Pangkalan Bun	Sungai Amang (OLA)	7,00	5,50	11,00	7,28
10	Sungai Amang (OLA)	Segintong (OLA)	39,00	6,50	43,00	39,25
11	Segintong (OLA)	Kuala Pembuang	4,00	5,50	8,00	4,55
12	Kasongan	Mansulan (OLA)	20,00	6,50	23,00	20,65
13	Mansulan (OLA)	Kuala Kurun	17,00	6,50	21,00	17,30
14	Kasongan	Palangkaraya	19,00	6,50	23,00	19,90
15	Kasongan	Sampit	36,00	6,50	40,00	36,00
16	Sampit	Sebangau (OLA)	21,00	6,50	25,00	21,05
17	Sebangau (OLA)	Pulang Pisau	17,00	6,50	21,00	17,70
18	Sampit	Kuala Pembuang	38,00	6,50	42,00	38,00
19	Kuala Kurun	Sungai Pinang (OLA)	12,00	5,50	15,00	12,43
20	Sungai Pinang (OLA)	Puruk Cahu	18,00	6,50	21,00	18,70
21	Kuala Kurun	Kota Baru (OLA)	32,00	6,50	36,00	32,25
22	Kota Baru (OLA)	Buntok	27,00	6,50	30,00	27,50
23	Kuala Kurun	Palangkaraya	39,00	6,50	43,00	39,25
24	Palangkaraya	Sei Gawing (OLA)	22,00	6,50	25,00	22,88
25	Sei Gawing (OLA)	Buntok	24,00	6,50	27,00	24,63
26	Palangkaraya	Pulang Pisau	23,00	6,50	27,00	23,05
27	Pulang Pisau	Kuala Kapuas	11,00	5,50	15,00	11,25
28	Puruh Cahu	Muara Teweh	23,00	6,50	27,00	23,70
29	Muara Teweh	Bantai Bambure	23,00	6,50	27,00	23,20

		(OLA)				
30	Bantai Bambure (OLA)	Buntok	21,00	6,50	25,00	21,33
31	Buntok	Tamiyang Layang	23,00	6,50	27,00	23,55

Untuk provinsi Kalimantan Tengah dapat dilihat bawah besaran nilai OLPB sendiri masih masuk dalam kategori ideal $< 50 \text{ dBm}$ hal ini terjadi dikarenakan adanya tambahan site OLA pada segment Sukamara - Tamiyang Layang, segment Sukamara - Kuala Kapuas, segment Kuala Kurun - Palangkaraya - Pulang Pisau, yang berfungsi untuk membagi beban *link power* dari segment tersebut kedalam OLA dimana fungsi dari OLA tersebut hanyalah perangkat DWDM tanpa adanya OTN yang berfungsi sebagai drop trafik, dengan kata lain fungsi OLA adalah sebagai *site amplifier* yang berfungsi untuk menguatkan sinyal dari segment Tx yang sudah berkurang untuk kemudian diamplifikasi dan ditransmisikan ulang kearah segment Rx. Apabila tidak adanya site OLA bisa dipastikan bahwa nilai dari OLPB sendiri akan $> 50 \text{ dBm}$ yang berarti modul amplifier dari perangkat akan sangat kesulitan didalam mengirimkan kapasitas sinyal yang jauh lebih besar, jadi solusinya adalah dengan menambahkan site OLA disegment tersebut.

Sedangkan untuk nilai dari OSNR sendiri masih masuk dalam kategori ideal ($20 \text{ dB} < \text{OSNR} < 40 \text{ dB}$) hal ini dapat dilihat dari nilai OSNR yang kearah *forward* (Tx) dan OSNR yang kearah *backward* (Rx). Karena

pada prinsip dasarnya sistem komunikasi optik secara Tx/Rx adalah mengirimkan dan menerima sinyal didalam masing-masing segment. Hal yang perlu dilakukan untuk meningkatkan dan menstabilkan nilai dari OSNR adalah dengan cara menghindari memasang modul OA dan PA secara rangkaian, untuk itu disarankan untuk memasang modul OA dan PA secara 1:1 dimana modul OA dipasang disisi Tx dari perangkat dan modul PA dipasang disisi Rx dari perangkat DWDM OTN. Hal ini perlu dilakukan untuk mencegah penurunan nilai dair OSNR tersebut. Tabel 13. dibawah ini menunjukkan perbandingan nilai OLPB dan OSNR.

Sedangkan untuk nilai ORTB sendiri pada provinsi Kalimantan Selatan berada pada nilai ideal dimana untuk rentang nilai ORTB sendiri berada pada kisaran nilai 52 ps, yang masih dibawah $< 60 \text{ ps}$. Hal ini sangat ideal dikarenakan perangkat DWDM OTN yang memiliki nilai ORTB $< 60 \text{ ps}$ memiliki response time operasional yang sangat baik serta mampu mengenerate (membangkitkan) signal transmisi optik dengan sangat cepat sehingga proses pengiriman bandwidth trafik dari Tx menuju Rx dapat berlangsung dengan singkat

No	Sites A Name	Sites B Name	BOL Loss Budget (dB)	EOL Loss Budget (dB)	OSNR Forward (dB)	OSNR Backward (dB)	Pmod OA (dBm)	Pmod PA (dBm)	Ptotal (dBm)	Sistem Margin (dB)
1	Nanga Bulik	Gandis (OLA)	34,41	41,41	32,84	27,87	35,00	15,00	50,00	8,59
2	Gandis (OLA)	Jeringau (OLA)	24,04	31,04	29,47	29,53	25,00	14,00	39,00	7,96
3	Jeringau (OLA)	Kasongan	30,92	37,92	27,87	32,97	32,00	14,00	46,00	8,08
4	Nanga Bulik	Pangkalan Bun	26,02	33,02	33,19	35,68	28,00	14,00	42,00	8,98
5	Nanga Bulik	Sukamara	24,765	31,765	31,82	34,68	25,00	14,00	39,00	7,24
6	Sukamara	Pangkalan Bun	23,785	30,785	32,77	35,69	25,00	14,00	39,00	8,22
7	Pangkalan Bun	Asam Baru (OLA)	30,67	37,67	33,08	29,94	32,00	16,00	48,00	10,33

8	Asam Baru (OLA)	Sampit	34,41	41,41	29,94	32,83	35,00	14,00	49,00	7,59
9	Pangkalan Bun	Sungai Amang (OLA)	8,015	15,015	33,71	28,71	11,00	14,00	25,00	9,99
10	Sungai Amang (OLA)	Segintong (OLA)	42,55	49,55	30,37	30,36	43,00	15,00	58,00	8,45
11	Segintong (OLA)	Kuala Pembuang	5,05	12,05	28,71	33,69	8,00	14,00	22,00	9,95
12	Kasongan	Mansulan (OLA)	22,43	29,43	31,90	29,44	23,00	14,00	37,00	7,57
13	Mansulan (OLA)	Kuala Kurun	18,84	25,84	29,44	33,07	21,00	14,00	35,00	9,16
14	Kasongan	Palangkaraya	21,6	28,6	32,78	35,69	23,00	14,00	37,00	8,40
15	Kasongan	Sampit	38,98	45,98	33,17	35,68	40,00	16,00	56,00	10,02
16	Sampit	Sebangau (OLA)	22,91	29,91	33,18	30,02	25,00	14,00	39,00	9,09
17	Sebangau (OLA)	Pulang Pisau	19,24	26,24	30,02	32,88	21,00	14,00	35,00	8,76
18	Sampit	Kuala Pembuang	41,14	48,14	33,18	35,68	42,00	15,00	57,00	8,86
19	Kuala Kurun	Sungai Pinang (OLA)	13,565	20,565	32,55	29,19	15,00	14,00	29,00	8,44
20	Sungai Pinang (OLA)	Puruk Cahu	20,32	27,32	29,19	31,88	21,00	14,00	35,00	7,68
21	Kuala Kurun	Kota Baru (OLA)	34,99	41,99	33,06	29,47	36,00	16,00	52,00	10,01
22	Kota Baru (OLA)	Buntok	29,84	36,84	29,47	31,97	30,00	14,00	44,00	7,16
23	Kuala Kurun	Palangkaraya	42,55	49,55	33,06	35,68	43,00	16,00	59,00	9,45
24	Palangkaraya	Sei Gawing (OLA)	24,815	31,815	31,79	28,84	25,00	14,00	39,00	7,19
25	Sei Gawing (OLA)	Buntok	26,725	33,725	28,84	31,91	27,00	14,00	41,00	7,28
26	Palangkaraya	Pulang Pisau	25,07	32,07	33,17	35,68	27,00	14,00	41,00	8,93
27	Pulang Pisau	Kuala Kapuas	12,31	19,31	33,65	36,78	15,00	14,00	29,00	9,69
28	Puruh Cahu	Muara Teweh	25,72	32,72	32,88	35,68	27,00	14,00	41,00	8,28
29	Muara Teweh	Bantai Bambure (OLA)	25,22	32,22	33,11	30,07	27,00	14,00	41,00	8,78
30	Bantai Bambure (OLA)	Buntok	23,185	30,185	30,07	33,05	25,00	14,00	39,00	8,82
31	Buntok	Tamiyang Layang	25,57	32,57	32,95	35,68	27,00	14,00	41,00	8,43

Tabel 3. Perbandingan Nilai OLPB, OSNR, Dan Sistem Margin Provinsi Kalimantan Tengah

5. KESIMPULAN

Dari hasil design jaringan infrastruktur backbone kabel optik DWDM OTN yang ada di provinsi Kalimantan Tengah dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi *Optical Link Power Budget* (OLPB) dan *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) menunjukkan

bahwa hasil perhitungan masih dalam batas yang ideal untuk implementasi infrastruktur DWDM OTN dimana batasan nilai dari OLPB < 50 dBm sedangkan kisaran batasan ideal dari OSNR sendiri berkisar dari 15 dBm < OSNR < 40 dBm. Sedangkan batasan rata-rata nilai dari OSNR adalah berkisar 27 dBm < OSNR < 40 dBm.

2. Dari contoh hasil perbandingan antara perhitungan manual OSNR dengan menggunakan *Software OTN Planner* didapat perbedaan selisih nilai yang sangat kecil yaitu 0,15 dBm untuk OSNR *Forward* dan 0,01 dBm untuk OSNR *Backward* atau rata-rata < 1 dBm. Hal ini dapat disebabkan faktor yang lain seperti faktor dari *Bit Error Rate* (BER) dan *Forward Error Correction* (FEC) yang memiliki keterkaitan langsung dengan menentukan kualitas dari output keluaran sinyal sistem transmisi dari *module OA* dan *PA*. Dari hasil perhitungan baik secara manual dan *Software OTN Planner* diambil kesimpulan bahwa perhitungan secara manual maupun secara software memiliki tingkat dan hasil yang hampir sama akurasi dan presisinya.
3. Pada saat melakukan proses *design engineering* untuk perangkat DWDM OTN, ada baiknya menghindari pemasangan modul amplifier (*OA* dan *PA*) secara rangkaian (*Cascade*) dikarenakan akan membuat nilai OSNR yang ada disisi Penerima akan semakin rendah yang berarti kualitas sinyal yang dikirim dari sisi *Transmitter Tx* ke sisi *Receiver Rx* menjadi berkurang. Sebagai gantinya disarankan untuk menempatkan 1 modul *OA* disisi *Transmitter Tx* dan 1 modul *PA* disisi *Receiver Rx* dengan kompensasi dilakukannya penambahan nilai dari *Gain* dan *Output Power* dari modul *amplifier* tersebut.
4. Pada site segment yang memiliki panjang kabel Optik yang cukup jauh > 157 Km, ada baiknya menambahkan site *Optical Land Amplifier* (OLA) diantara segment tersebut supaya nilai dari OLPB tetap berada < 50 dBm.
5. Pada design topologi jaringan DWDM OTN di provinsi Kalimantan Tengah, penulis sengaja mendesign kondisi jaringan dalam kondisi ideal, akan tetapi dalam implementasinya bisa saja terjadi hal sebaliknya dimana hasil pengukuran redaman menunjukkan peningkatan loss yang cukup tinggi, akan tetapi hal tersebut bisa diantisipasi dengan menambahkan *margin loss* menjadi 7 dB untuk segment darat dan 5 dB untuk segment laut guna mengantisipasi hal tersebut.
6. Didalam proses perancangan dan pembuatan design infrastruktur DWDM OTN ada baiknya pada saat memasang modul *OA* dan *PA* saat simulasi nilai dari *Gain* dan *Output Power* selalu lebih besar dari loss redaman dan jarak kabel. Hal tersebut sangat diperlukan guna mendapatkan Sistem Margin yang baik.
7. Dari hasil simulasi dan analisa serta perhitungan nilai OLPB dan OSNR menunjukkan proyek pembangunan infrastruktur DWDM OTN di provinsi Kalimantan Tengah sangat layak untuk digelar sebagai proyek percontohan (*Pilot Project*) didalam menuju *Indonesia Digital Nation* (IDN).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Fitri Ayu Nurdiana, Sugito, Sofia Naning, "Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar – Maumere Menggunakan DWDM," *JNTETI*, Vol 4, No 33, 2015.
Rifa Atul Izza, Firdaus, Eka Indarto, Ida Nurcahyani, "Perancangan Jaringan Backbone dan Distribusi 4G LTE di Sleman Berbasiskan Jaringan Serat Optik", Prosiding SNATIF ke-4 Tahun 2017.
Yudiansyah, Arie Pangesti Aji, Prita Dewi Mariyam, Novietasari Chrisnariandini, "Design of Land Optical Fiber Backbone Communication Network in North Sumatera", Conference Paper 2018, International Conference on

- Information and Communication Technology ICOIACT
- Ibukota Indonesia direncanakan pindah ke provinsi Kalimantan Timur oleh pemerintah
https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190826115726-32424625/_jokowi-ibu-kota-baru-di-kalimantan-timur diakses 26 Agustus 2019.
- www.opticalpatchcable.com, FOCC "Tinjauan Umum Teknologi DWDM dan Komponen Sistem DWDM", June 5, 2019
- www.packetlightnetwork.com ROADM "The Core of Agile Optical Networks", diakses pada May, 28, 2015
- Ciena Corporation, "Optical Transport Network (OTN)" New Edition Expanded for Utilities. Issued by Ciena Corp @2015.
- The FOA Org. Tech/Lossbudg.htm, "Optical Link Power Budget Formula", Reference Guide. <https://www.thefoa.org/tech/lossbudg.htm> 2018, Fiber Optic Association, Inc.
- www.Optcore.net, "How to Calculate Link Power Budget?", Reference Guide. "[https://www.optcore.net/ how-to-calculate-the-fiber-link-budget/](https://www.optcore.net/how-to-calculate-the-fiber-link-budget/)". Diakses pada tanggal 17 September 2020
- www.mapyourtech.com, "OSNR: What Does This Mean, Why We Need and How to take care of it? ", <https://mapyourtech.com/entries/general/osnr-what-does-this-mean-why-do-we-need-and-how-to-take-care-of-it-> issued at July 2019.
<https://www.ques10.com/p/29974/what-is-rise-time-budget-analysis-derive-an-expr-1/>? Diakses 17 September 2020
- Cisco System, Inc "Introduction to DWDM Technology" PDF Paper, issued by Cisco Headquarter, 2018 diakses pada tanggal 20 Desember 2019 dari sumber.
- <https://www.submarinenetworks.com/en/insights/next-generation-submarine-network-innovative-repeater-technology>
- <https://www.thefoa.org/tech/connID.htmhttps://www.thefoa.org/conn/index.html>, type of fiber optic cable connector, diakses pada tanggal 19 November 2021
- <https://www.thefoa.org/tech/ref/terminology/fusion.html>, diakses pada tanggal 19 November 2020
- <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/dense-wavelength-division-multiplexing-DWDM>, diakses pada tanggal 22 Oktober 2020
- <https://www.packetlight.com/technology/roadm>, diakses pada tanggal 17 Oktober 2019
- <https://www.ciena.com/insights/what-is/what-is-roadm.html>, diakses pada tanggal 17 Oktober 2019
- <http://id.opticalpatchcable.com/info/oadm-vs-roadm-what-s-the-difference-35921245.html>, diakses pada tanggal 15 September 2019
- https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps diakses pada tanggal 15 September 2019
- https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps,https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth diakses pada tanggal 15 September 2019