

DESAIN JARINGAN BACKBONE OPTIK PADA PROVINSI KALIMANTAN BARAT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DWDM OTN

Oleh:

Azarya N J Siahaan¹ dan Saut M Situmorang²

Universitas HKBP Nommensen Pematang Siantar
Institut Sains dan Teknologi T.D.Pardede Medan

E-Mail:

skatemelodicpunkpop88@gmail.com¹, mathedyusmail@gmail.com²

ABSTRAK

Pada perancangan jaringan *backbone* provinsi Kalimantan Barat menggunakan perangkat *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) dan *Optical Transport Network* (OTN) yang mencakup 14 kabupaten kota yang terdiri dari 30 segment dimana dari 30 segment terdiri dari 14 site DWDM OTN dan 9 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 Barat, *Optical Link Power Budget* (OLPB), *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR), *Optical Rise Time Budget* (ORTB)

ABSTRACT

In designing the West 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 9 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, West Kalimantan Province, Optical Link Power Budget (OLPB), Optical Signal Noise Ratio (OSNR), Optical Rise Time Budget (ORTB)

1. PENDAHULUAN

Pada penulisan jurnal penelitian ini, dalam membuat design jaringan *backbone* kabel optik darat dan laut, menggunakan *software OTN Planner* sebagai alat bantu utama didalam melakukan desain dan simulasi serta perhitungan nilai *Optical Link Power Budget* (OLPB) dan *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR) yang menjadi acuan utama didalam menyusun perlengkapan material yang diperlukan didalam realisasi dari perangkat DWDM OTN. Penulisan jurnal ini sendiri dibagi kedalam 8 bagian yaitu bagian I terdiri dari Pendahuluan, bagian II Sistem Komunikasi Kabel Laut dan Kabel Darat, bagian III terdiri dari Perangkat Transmisi Jaringan Backbone Kabel Optik, bagian IV terdiri dari Metodologi Penelitian, dan bagian V terdiri dari Metode Perhitungan Keandalan Sistem Komunikasi Jaringan Backbone Kabel Optik, bagian VI terdiri dari Hasil & Pembahasan, bagian VII terdiri dari Kesimpulan, bagian VIII terdiri dari Daftar Pustaka.

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 di beberapa area seperti perancangan jaringan backbone *Long Term Evolution* (LTE) 4G di daerah kabupaten Sleman di provinsi Yogyakarta [2]. Selain itu untuk perancangan jaringan backbone untuk wilayah Sumatera Utara sendiri juga sedang direncanakan [3].

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 di daerah 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 Barat. Hal ini penting didalam menentukan tahapan selanjutnya. Untuk

mengumpulkan data informasi geografis dan karakteristik wilayah provinsi Kalimantan Barat 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 Barat 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 Barat 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 Barat 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 Barat 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

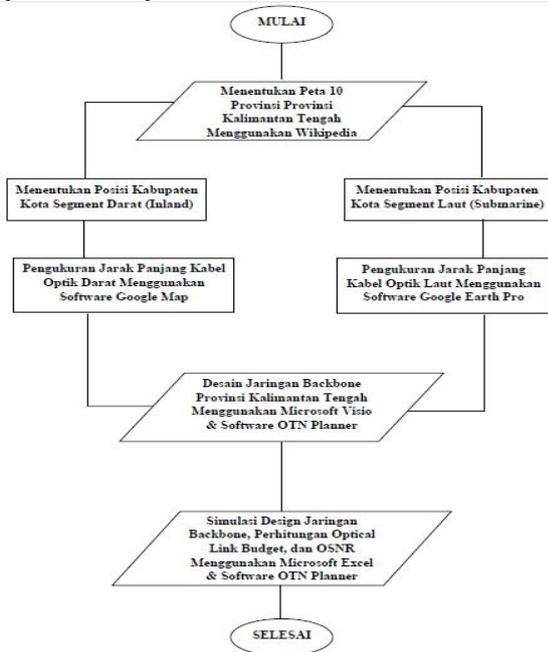
sekaligus mengidentifikasi dan memastikan bahwa setiap kabupaten dan kota yang ada didalam gambar topologi tersebut bisa terhubung antara satu sama lain. Untuk design gambar topologi jaringan backbone ini bisa menggunakan *Software Microsoft Word*.

Setelah tahapan pembuatan gambar design topologi jaringan *backbone* di provinsi Kalimantan Barat 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 Barat 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 Barat 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

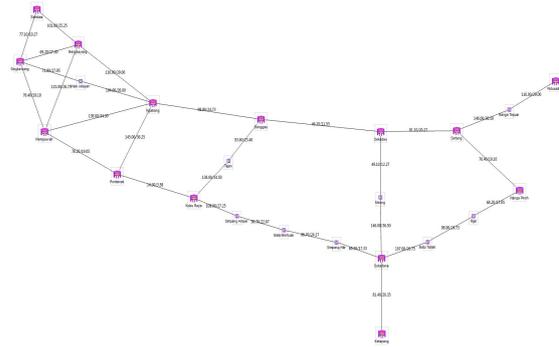
metode perhitungan OSNR cukup rumit dan hanya dapat digenerate dengan simulasi topologi jaringan *backbone* yang sudah didesign di *Software OTN Planner*. Gambar 42 dibawah ini menunjukkan diagram alir (Flow Chart)



Gambar 2. Diagram Alir (Sumber dokumen penelitian)

4. HASIL dan PEMBAHASAN

Pada provinsi Kalimantan Barat, perancangan topologi jaringan *backbone* juga mengikuti segment Kota Madya dan Kota Kabupaten yang terdapat didalam provinsi tersebut. Perancangan desain jaringan menggunakan *Software OTN Planner*. Untuk provinsi Kalimantan Barat sendiri memiliki total 12 kota kabupaten dan 2 kota madya. Pada perancangan topologi jaringan *backbone* dengan menggunakan software *Optical Transport Network Planner* (OTN Planner) tersebut, terdapat 22 segment DWDM OTN yang diwakili oleh ke 12 Ibukota Kabupaten dan 2 Kota Madya yang ada pada jaringan backbone kabel optik provinsi Kalimantan Barat seperti gambar dibawah ini

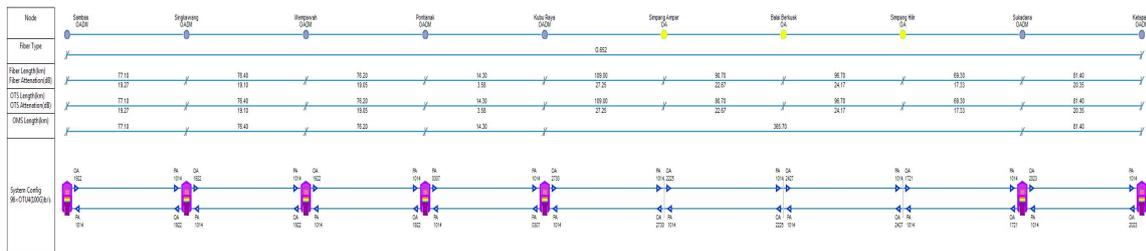


Gambar 2. Desain Topologi Jaringan Backbone Provinsi Kalimantan Barat (sumber dokumen penelitian)

Yang menarik dari topologi jaringan *backbone* Kalimantan Barat adalah jumlah site OLA lebih sedikit yaitu 9 site dari jumlah site DWDM OTN yang hanya berjumlah 14 site. Hal ini dikarenakan luas bentangan wilayah dan jarak antar kabupaten dan kota di provinsi Kalimantan Barat tidak terlalu berjauhan sehingga tidak membutuhkan banyak site OLA dibandingkan dengan provinsi lain di pulau Kalimantan sendiri. Jumlah site OLA yang terdapat di jaringan *backbone* Kalimantan Barat sendiri berjumlah 9 site OLA, lebih sedikit dibandingkan site DWDM OTN yang berjumlah 14 site. Site OLA pada jaringan *backbone* Kalimantan Barat terletak di kecamatan yang saling berhubungan dan berbatasan dengan kabupaten yang dilalui oleh segment kabel tersebut. Untuk segment Sambas – Ketapang terdiri dari 7 site DWDM OTN yaitu site (Sambas – Singkawang – Mempawah – Pontianak – Kubu Raya – Sukadana – Ketapang) dan 3 site Optical Line Amplifier (OLA) yang terdiri dari (Simpang Ampar – Balai Berkuak – Simpang Hilir). Untuk modul OA dan PA yang terpasang pada segment ini berjumlah 36 modul yang terpasang pada sisi Tx dan

Rx, dimana modul OA berjumlah 16 modul

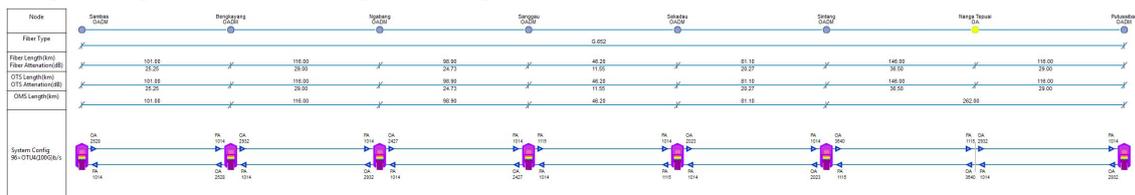
dan modul PA berjumlah 20 modul seperti pada gambar 3 dibawah ini



Gambar 3. Simulasi Segment Sambas – Ketapang

Sedangkan untuk segment Sambas – Putussibau terdiri dari 7 site DWDM OTN yaitu site (Sambas – Bengkayang – Ngabang – Sanggau – Sekadau – Sintang – Putussibau), dan 1 site OLA yaitu site Nanga Tepuai, dimana pada segment

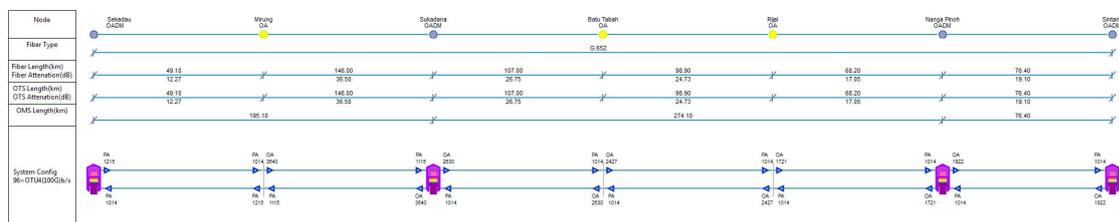
tersebut terpasang modul OA dan PA berjumlah 28 modul yang terpasang pada sisi Tx dan Rx, dimana modul OA berjumlah 12 modul dan modul PA berjumlah 16 modul seperti pada gambar 4 dibawah ini



Gambar 4. Simulasi Segment Sambas – Putussibau

Pada segment Sekadau – Sukadana – Sintang terdiri dari 4 site DWDM OTN yaitu site (Sekadau – Sukadana – Nanga Pinoh – Sintang) dan 3 site OLA yaitu site (Mirung – Batu Tabah – Rijal), dimana

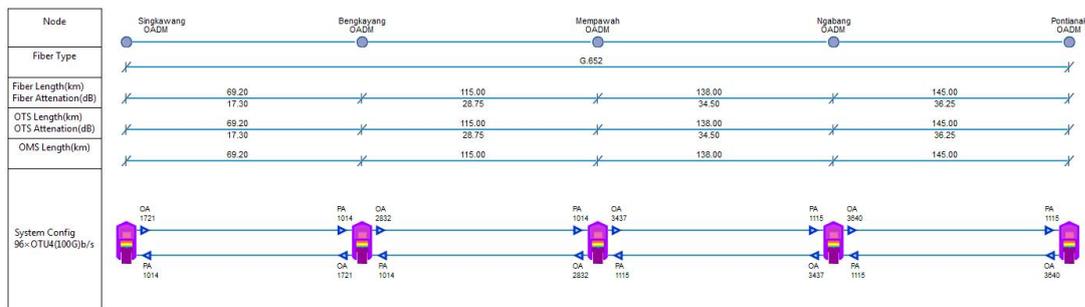
untuk modul OA dan PA yang terpasang pada segment tersebut berjumlah 24 modul yang terdiri dari modul OA berjumlah 10 modul dan modul PA berjumlah 14 modul seperti pada gambar 5 dibawah ini



Gambar 5. Simulasi Segment Sambas – Putussibau

Pada segment Singkawang – Pontianak murni terdiri dari 5 site DWDM OTN yaitu site (Singkawang – Bengkayang – Mempawah – Ngabang – Pontianak) dan tidak terdapat site OLA pada segment tersebut dikarenakan jarak antar site DWDM OTN yang berjumlah 5

site memiliki jarak < 157 km, dimana pada segment tersebut terdapat terpasang jumlah modul OA dan PA dengan jumlah total 16 modul yang terdiri dari 8 modul OA dan 8 modul PA seperti pada gambar 6 berikut ini



Gambar 6. Simulasi Segment Singkawang – Pontianak

Pada segment Singkawang – Ngabang hanya terdapat 2 site DWDM OTN yaitu site Singkawang dan site Ngabang, akan tetapi dikarenakan jarak antara kedua site yang cukup jauh > 157 km, maka dibutuhkan site OLA sebagai amplifier yang terletak diantara kedua site tersebut untuk memastikan bahwa sinyal

Tx dan Rx yang merambat pada kabel optik dapat mencapai perangkat DWDM OTN dengan hasil yang baik. Pada site Singkawang – Ngabang terdapat jumlah total modul 8 modul OA dan modul PA dimana modul OA berjumlah 4 modul dan modul PA berjumlah 4 modul seperti pada gambar 7 dibawah ini



Gambar 7. Simulasi Segment Singkawang – Ngabang

Tabel 1 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 Barat menggunakan Rumus

persamaan yang sudah ada pada BAB 8 sebelumnya. Dari rumus persamaan pada pembahasan OLPB, sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai dari *Optical Link Power Budget* (OLPB) seperti ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Parameter Data Optical Link Power Budget (OLPB)

No	Sites A Name	Sites B Name	Lcable (Km)	Cable Attn (dB/Km)	Cn Loss (dB)	JC Loss (dB)	Number JC	Margin (dB)
1	Sambas	Bengkayang	101	0.25	0.05	0.08	26	7
2	Sambas	Singkawang	77.1	0.25	0.05	0.08	20	7
3	Singkawang	Bengkayang	69.2	0.25	0.05	0.08	18	7
4	Singkawang	Malo Jelayan (OLA)	71.8	0.25	0.05	0.08	18	7
5	Malo Jelayan (OLA)	Ngabang	104	0.25	0.05	0.08	26	7
6	Singkawang	Mempawah	76.4	0.25	0.05	0.08	20	7
7	Bengkayang	Ngabang	116	0.25	0.05	0.08	29	7
8	Bengkayang	Mempawah	115	0.25	0.05	0.08	29	7
9	Mempawah	Ngabang	138	0.25	0.05	0.08	35	7
10	Mempawah	Pontianak	76.2	0.25	0.05	0.08	20	7
11	Ngabang	Sanggau	98.9	0.25	0.05	0.08	25	7
12	Ngabang	Pontianak	145	0.25	0.05	0.08	37	7
13	Pontianak	Kubu Raya	14.3	0.25	0.05	0.08	4	7
14	Kubu Raya	Tajan (OLA)	138	0.25	0.05	0.08	35	7
15	Tajan (OLA)	Sanggau	93.6	0.25	0.05	0.08	24	7
16	Kubu Raya	Simpang Ampar (OLA)	109	0.25	0.05	0.08	28	7
17	Simpang Ampar (OLA)	Balai Berkuak (OLA)	90.7	0.25	0.05	0.08	23	7
18	Balai Berkuak (OLA)	Simpang Hilir (OLA)	96.7	0.25	0.05	0.08	25	7
19	Simpang Hilir (OLA)	Sukadana	69.3	0.25	0.05	0.08	18	7
20	Sanggau	Sekadau	46.2	0.25	0.05	0.08	12	7
21	Sukadana	Mirung (OLA)	146	0.25	0.05	0.08	37	7
22	Mirung (OLA)	Sekadau	49.1	0.25	0.05	0.08	13	7
23	Sukadana	Batu Tabah (OLA)	107	0.25	0.05	0.08	27	7
24	Batu Tabah (OLA)	Rijal (OLA)	98.9	0.25	0.05	0.08	25	7
25	Rijal (OLA)	Nanga Pinoh	68.2	0.25	0.05	0.08	18	7
26	Sukadana	Ketapang	81.4	0.25	0.05	0.08	21	7
27	Sekadau	Sintang	81.1	0.25	0.05	0.08	21	7
28	Nanga Pinoh	Sintang	76.4	0.25	0.05	0.08	20	7
29	Sintang	Nanga Tepuai (OLA)	146	0.25	0.05	0.08	37	7
30	Nanga Tepuai (OLA)	Putussibau	116	0.25	0.05	0.08	29	7

Perhitungan OSNR untuk provinsi Kalimantan Barat menggunakan persamaan rumus pada pembahasan OSNR yang sudah ada sebelumnya. Tabel 2 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 2 dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan nilai OSNR.

Tabel 2. Parameter Data *Optical Signal Noise Ratio* (OSNR)

No	Sites A Name	Sites B Name	Gain (dB)	Noise Figure (dB)	Pmod (dBm)	Loss Attn/ α L (dB)
1	Sambas	Bengkayang	25.00	6.50	28.00	25.25
2	Sambas	Singkawang	19.00	6.50	22.00	19.27
3	Singkawang	Bengkayang	17.00	6.50	21.00	17.30
4	Singkawang	Malo Jelayan (OLA)	17.00	6.50	21.00	17.95
5	Malo Jelayan (OLA)	Ngabang	26.00	6.50	30.00	26.00
6	Singkawang	Mempawah	19.00	6.50	22.00	19.10
7	Bengkayang	Ngabang	29.00	6.50	32.00	29.00
8	Bengkayang	Mempawah	28.00	6.50	32.00	28.75
9	Mempawah	Ngabang	34.00	6.50	37.00	34.50
10	Mempawah	Pontianak	19.00	6.50	22.00	19.05
11	Ngabang	Sanggau	24.00	6.50	27.00	24.73
12	Ngabang	Pontianak	36.00	6.50	40.00	36.25
13	Pontianak	Kubu Raya	3.00	5.50	7.00	3.58
14	Kubu Raya	Tajan (OLA)	34.00	6.50	37.00	34.50
15	Tajan (OLA)	Sanggau	23.00	6.50	27.00	23.40
16	Kubu Raya	Simpang Ampar (OLA)	27.00	6.50	30.00	27.25
17	Simpang Ampar (OLA)	Balai Berkuak (OLA)	22.00	6.50	25.00	22.67
18	Balai Berkuak (OLA)	Simpang Hilir (OLA)	24.00	6.50	27.00	24.17
19	Simpang Hilir (OLA)	Sukadana	17.00	6.50	21.00	17.33
20	Sanggau	Sekadau	11.00	5.50	15.00	11.55
21	Sukadana	Mirung (OLA)	36.00	6.50	40.00	36.50
22	Mirung (OLA)	Sekadau	12.00	5.50	15.00	12.27
23	Sukadana	Batu Tabah (OLA)	26.00	6.50	30.00	26.75
24	Batu Tabah (OLA)	Rijal (OLA)	24.00	6.50	27.00	24.73
25	Rijal (OLA)	Nanga Pinoh	17.00	6.50	21.00	17.05
26	Sukadana	Ketapang	20.00	6.50	23.00	20.35
27	Sekadau	Sintang	20.00	6.50	23.00	20.27
28	Nanga Pinoh	Sintang	19.00	6.50	22.00	19.10
29	Sintang	Nanga Tepuai (OLA)	36.00	6.50	40.00	36.50
30	Nanga Tepuai (OLA)	Putussibau	29.00	6.50	32.00	29.00

Sedangkan untuk nilai dari OSNR sendiri masih masuk dalam kategori ideal ($20 \text{ dBm} < \text{OSNR} < 50 \text{ dBm}$) 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 dari OSNR tersebut. Tabel 9.7 dibawah ini menunjukkan perbandingan nilai OLPB dan OSNR.

Sedangkan untuk *Optical Power Sistem Margin* (OPSM) yang ada pada jalur backbone kabel optik pada segment Kalimantan Barat, semua site baik itu DWDM OTN dan OLA memiliki nilai sistem margin > 7 dB. Hal ini terjadi dikarenakan pada saat melakukan simulasi dan pemasangan modul OA dan PA ditemukan bahwa nilai dari *Output Power* modul PA disisi Rx mendapatkan peningkatan > 1 dBm lagi dari nilai sebelumnya (14 dBm) hal ini menjadi catatan bahwa didalam melakukan pemasangan modul OA dan PA perlu juga diperhatikan nilai akhir dari *Optical Link Power Budget* (OLPB) dimana nilai tersebut bisa dijadikan acuan untuk meningkatkan nilai output dari modul PA. Solusi ini adalah cara yang terbaik didalam melakukan perhitungan dan pengukuran besaran nilai dari *Output Power* baik disisi Tx maupun Rx dan disisi modul OA maupun PA. Akan tetapi secara keseluruhan performansi jaringan *backbone* masih bisa beroperasi dengan baik.

5. KESIMPULAN

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

1. Dari hasil simulasi *Optical Link Power Budget* (OLBP) 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. Pada design topologi jaringan DWDM OTN di provinsi Kalimantan Barat, 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.
3. 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.
4. Dari hasil simulasi dan analisa serta perhitungan nilai OLPB dan OSNR menunjukkan proyek pembangunan infrastruktur DWDM OTN di provinsi

Kalimantan Barat sangat layak untuk digelar sebagai proyek percontohan (*Pilot Project*) didalam menuju *Indonesia Digital Nation* (IDN).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Fitri Ayu Nurdiana, Sugito, Sofia Naning, “Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar – Maumere Menggunakan DWDM”, *JNTETI*, Vol 4, No 33, 2015.
- [2.] 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*.
- [3.] 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*
- [4.] Ibukota Indonesia direncanakan pindah ke provinsi Kalimantan Timur oleh pemerintah https://www.cnnindonesia.com/nasional/20190826115726-32_424625/jokowi-ibu-kota-baru-di-kalimantan-timur diakses 26 Agustus 2019.
- [5.] www.opticalpatchcable.com, FOCC “Tinjauan Umum Teknologi DWDM dan Komponen Sistem DWDM”, June 5, 2019
- [6.] www.packetlightnetwork.com ROADM “The Core of Agile Optical Networks”, diakses pada May, 28, 2015
- [7.] Ciena Corporation, “*Optical Transport Network (OTN)*” New Edition Expanded for Utilities. Issued by Ciena Corp @2015.
- [8.] 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.
- [9.] www.Optcore.net, “How to Calculate Link Power Budget?”, Reference Guide. “<https://www.optcore.net/how-to-calculate-the-fiber-link-budget/>”. Diakses pada tanggal 17 September 2020
- [10.] 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.
- [11.] <https://www.ques10.com/p/29974/what-is-rise-time-budget-analysis-derive-an-expr-1/> Diakses 17 September 2020
- [12.] Cisco System, Inc “*Introduction to DWDM Technology*” PDF Paper, issued by Cisco Headquarter, 2018 diakses pada tanggal 20 Desember 2019 dari sumber.
- [13.] <https://www.submarinenetworks.com/en/insights/next-generation-submarine-network-innovative-repeater-technology>
- [14.] <https://www.thefoa.org/tech/connID.htm><https://www.thefoa.org/conn/index.html>, type of fiber optic cable connector, diakses pada tanggal 19 November 2021

- [15.] <https://www.thefoa.org/tech/ref/termi-nation/fusion.html>, diakses pada tanggal 19 November 2020
- [16.] <https://www.techtargget.com/searchnetworking/definition/dense-wavelength-division-multiplexing-DWDM>, diakses pada tanggal 22 Oktober 2020
- [17.] <https://www.packetlight.com/technology/roadm>, diakses pada tanggal 17 Oktober 2019
- [18.] <https://www.ciena.com/insights/what-is/what-Is-roadm.html>, diakses pada tanggal 17 Oktober 2019