

SIMULASI DAN ANALISIS *JARINGAN TIME AND WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING PASSIVE OPTICAL NETWORK* MENUJU *NEXT GENERATIO NETWORK*

Windy Herlin Ali ¹⁾

¹⁾Teknik Telekomunikasi, Telkom University
Jl. Sukabirus 50 Bandung
Email : windyherlinali@gmail.com

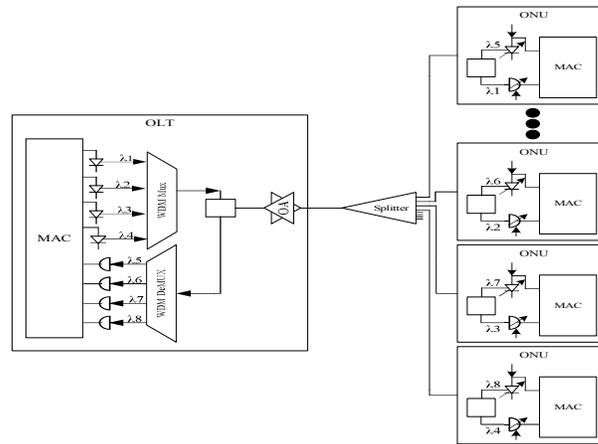
Abstrak . Saat ini *access network* diharapkan mampu memberikan layanan komunikasi *voive*, video dan data. Layanan *TriplePlay* dengan bit rate 2.5/1 Gbps terkadang tidak mampu mengatasi kebutuhan bandwidth sehingga dibutuhkan suatu migrasi *access network* agar dapat menghasilkan bandwidth yang lebih besar. Menurut *The Full Service Access Netwrok (FSAN)*, *Time and Wavelength Division Multiplexing (TWDM)* dipilih pada April 2012 sebagai solusi dari migrasi menuju teknologi *Next Generation Passive Optical Network (NG-PON)*. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan dan simulasi serta analisis arsitektur jaringan TWDM-PON menggunakan software *Optisystem*. Pembahasan akan mengulas kelayakan migrasi G-PON menuju TWDM-PON untuk bit rate 10 Gbps arah *downstram* dan *upstream* dengan mengganti sistem pada server yaitu *single OLT* menjadi *stacking 4 buah OLT*. Pengukuran terhadap kelayakan jaringan TWDM-PON dilakukan dengan merubah parameter panjang link yaitu 10 dan 20 km serta jumlah user. Analisis didekati dengan perhitungan SNR dan *Q Factor*. Hasil simulasi dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa jaringan TWDM-PON mampu menaikan bandwidth sebesar 10 Gbps pada jaringan 32, 64, 128 dan 256 user. Jaringan 32, 64, 128 dan 256 user memiliki performansi yang baik dengan maksimum SNR berturut-turut sebesar 26.828 dB, 26.828 dB, 26.814 dB dan 26.790 dB.

Kata kunci: TWDM-PON, *Stacking OLT*, SNR, *Q Factor*

1 Pendahuluan

Perkembangan dunia teknologi komunikasi dan informasi yang semakin cepat dan pesat mengakibatkan bertambahnya kebutuhan masyarakat akan layanan akses komunikasi yang handal, cepat dan efisien. Teknologi komunikasi serat optik saat ini adalah *Gigabite Passive Optical Network (G-PON)* yang dikembangkan dan disahkan pada 2003 oleh *International Telecommunication Unioin (ITU-T)* [1]. G-PON diaplikasikan di Indonesia dan diimplementasikan dalam bentuk *Fiber To The x (FTT-x)*. *Fiber to The Home (FTTH)* merupakan salah satu jenis dari FTTx yang berperan sebagai *access network*. Contoh dari penerapan FTTH adalah layanan *Triple Play Indihome* dengan bit rate 2.5/1 Gbps. Teknologi G-PON menggunakan *Time Division Multiplexing (TDM)* untuk proses transmisi arah *downstream* dan *Time Division Multiple Access* untuk transmisi arah *upstream* [2]. TDM merepresentasikan infomrasi ke dalam *time slot* lalu digabungkan dan ditransmisikan ke dalam satu kanal serat optik dengan panjang gelombang tertentu [2].

Pengembangan dari G-PON adalah NG-PON2 atau yang dikenal dengan TWDM-PON yang dikembangkan oleh *Full Service Access Network* dan ITU-T. Menurut standar ITU-T Rec G.989.1 dengan metode *stacking 4 XG-PON* dan menggunakan empat pasang panjang gelombang $\{(\lambda_1, \lambda_5), (\lambda_2, \lambda_6), (\lambda_3, \lambda_7), (\lambda_5, \lambda_8)\}$ di sisi *transmitter* dan sisi *receiver* seperti pada Gambar 2.1 akan menghasilkan agregat 40 Gbps (4 x 10 Gbps) arah *downstream* dan 10 (4 x 2.5 Gbps) Gbps arah *upstream*. Hal ini menjadikan TWDM-PON sebagai dasar *Next Generation Passive Optical Network Stage 2 (NG-PON2)* [3]. TWDM-PON berperan sebagai *access network* dengan panjang *link* maksimum 40 km. TWDM-PON distandarisasi oleh ITU-T Rec G.989.1 pada 2013.

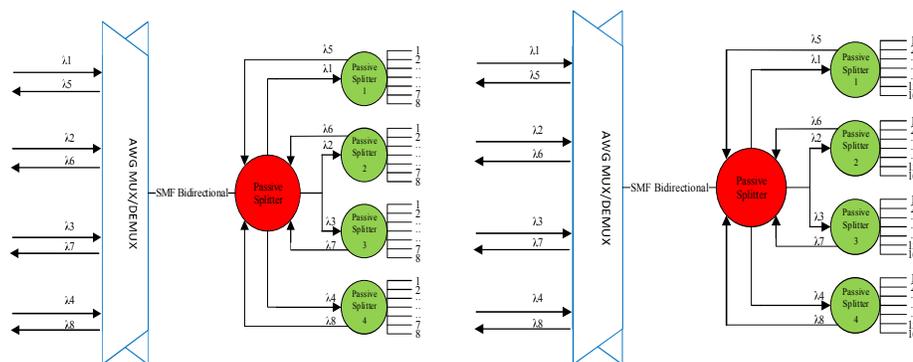


Gambar 1. Arsitektur Jaringan TWDM-PON [3]

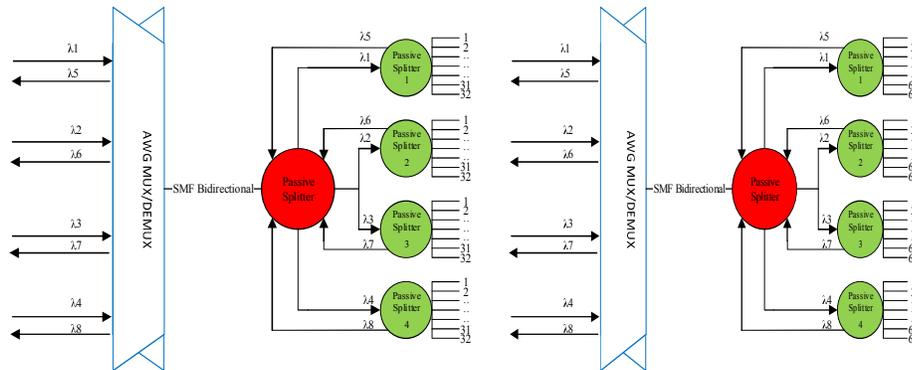
Menurut standar ITU-T G.989, TWDM mentransmisikan informasi dengan 3 jenis *bit rate* yaitu *Basic Rate* (9.95328 Gbps/2.48832 Gbps), *Rate Option 1* (9.95328 Gbps/9.95325 Gbps) dan *Rate Option 2* (2.48832 Gbps/2.48832 Gbps). TWDM menggunakan panjang gelombang 1596-1603 nm, spasi antar panjang gelombang 100 Ghz, menggunakan *Scrambled NRZ*. Panjang *link* TWDM-PON adalah 20 – 40 km. Daya kirim TWDM berkisar antar 0-10 dBm untuk *bit rate* 2.48832 Gbps arah *downstream* dan 3-11 dBm untuk *bit rate* 9.95328 Gbps arah *downstream* serta 0-9 dBm untuk *bit rate* 2.48832 Gbps arah *upstream* dan 4-9 dBm untuk *bit rate* 9.95328 Gbps arah *upstream*. *Dispersion range* yaitu 0-420 ps/nm untuk panjang *link* 20 km dan 0-840 ps/nm untuk panjang *link* 40 km . Minimum nilai BER adalah 10^{-9} setara dengan nilai SNR sebesar 10.79 [4].

Pengaplikasian dari TWDM-PON ialah layanan *Pay-As-You-Grow* dimana kapasitas *bandwidth* dapat ditambah secara langsung dengan penambahan panjang gelombang [3]. Hal ini memungkinkan setiap *Operator Service Provider* (OSP) dapat meminta *bandwidth* sesuai dengan kebutuhannya. Selain itu, TWDM-PON memungkinkan layanan *Local Loop Unbuilding* (LLU) dimana setiap *Operatar Service Provider* mempunyai kesempatan untuk memiliki satu atau lebih OLT yang dikhususkan untuk layanan akses komunikasi pada jaringanya [5].

Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap simulasi arsitektur jaringan TWDM-PON dengan *bit rate* 10 Gbps (4 x 2.5 Gbps) pada panjang *link* 10 dan 20 km. Arsitektur jaringan TWDM-PON dirancang untuk melayani jumlah *user* yang berbeda-beda sehingga terdapat 4 skenario penelitian dimana skenario 1 dengan jumlah *user* 32 ONU, skenario 2 dengan jumlah *user* 64 ONU, skenario 3 dengan jumlah *user* 128 ONU dan skenario 4 dengan jumlah *user* 256 ONU. Kualitas jaringan dilihat dari nilai SNR dan *Q Factor*.

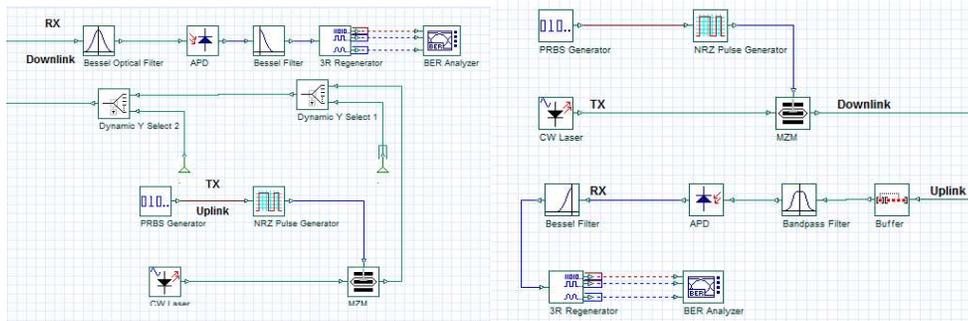


Gambar 2. Skenario Jaringan TWDM-PON (a) 32 ONU (b) 64 ONU



Gambar 3. Skenario Jaringan TWDM-PON (a) 128 ONU (b) 256 ONU

Pemodelan jaringan TWDM-PON dilakukan pada *software Optisystem*. Gambar 4 adalah *Transmitter* dan *Receiver* pada Jaringan TWDM-PON. *Transmitter* dimodelkan sebagai OLT pada sisi sentral dan *Reciver* dimodelkan sebagai ONU di sisi *user*.



Gambar 4. Simulasi TWDM-PON (a) OLT (b) ONU

Jaringan TWDM-PON bersifat *bidirectional* sehingga OLT dan ONU berperan sebagai *transceiver*. Gambar 4 (a) menjelaskan tentang sistem OLT yang disimulasikan. Untuk pentransmisian arah *downstream* menggunakan panjang gelombang 1596 nm untuk OLT 1, 1596.8 nm untuk OLT 2, 1597.6 nm untuk OLT 3 dan 1598.4 untuk OLT 4. Sinyal cahaya dipancarkan oleh *CW Laser* dengan minimum daya sebesar 0 dBm dan maksimum daya sebesar 10 dBm. Informasi dihasilkan oleh *PRBS Generator* dengan kapasitas 2.5 Gbps per OLT dan dikodekan *NRZ Pulse Generator*. Sinyal cahaya dan sinyal informasi dimodulasi menggunakan *Mach Zehnder Modulator* dengan *Extinction Ratio* sebesar 10. Sinyal cahaya akan dikirimkan sampai ke ONU dengan panjang *link* yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu 10 dan 20 km. Gambar 4 (b) menjelaskan tentang sistem ONU yang disimulasikan. Penerima informasi terdiri dari *Bessel Optical Filter* yang berguna untuk meloloskan sinyal cahaya dengan panjang gelombang yang diinginkan dan memblokir panjang gelombang yang tidak diinginkan. Sinyal keluaran *Bessel Optical Filter* akan ditangkap oleh APD untuk diubah menjadi sinyal elektrik. Sinyal elektrik keluaran APD masuk ke *Low Pass Filter* yang berguna untuk meloloskan sinyal informasi dengan frekuensi yang rendah. Sinyal elektrik akan mengalami regenerasi pada 3R dan kualitas sinyal dilihat pada *BER Analyzer*. *BER Analyzer* menampilkan nilai *Q Factor* pada setiap skenario. Dari nilai *Q Factor* maka akan didapatkan nilai SNR dengan Persamaan (1).

$$SNR = 10 \times \log_{10} (2 \times Q \text{ Factor}) \quad (1)$$

Tabel 1. Parameter Simulasi TWDM-PON

Perangkat	Parameter	Nilai
PRBS Generator	Bit Rate	2.5 Gbps
Pulse Generator	Line Coding	NRZ
Downstream Laser	Power	0 dBm _(10 km) , 3 dBm _(20 km) (Skenario 1) 4 dBm _(10 km) , 6 dBm _(20 km) (Skenario 2) 7 dBm _(10 km) , 9 dBm _(20 km) (Skenario 3) 10dBm _(10 km) (Skenario 4)
DS Laser US Laser	Wavelength	1596 – 1598.4 nm 1524 – 1526.4 nm
Optical Fiber	Ref. Wavelength	1550 nm
	Length	10 dan 20 km
	Attenuation	0.21dB/km
AWG	Frequency	1596
	Bandwidth	0.33 nm
	Freq. Spacing	0.8 nm
APD	Avalanche Gain	10
	Responsitivity	0.85 A/W
	Ionization Ratio	0.45
	Resistance	30 Ohm

2 Pembahasan

Hasil yang didapatkan pada simulasi tiap skenario terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi

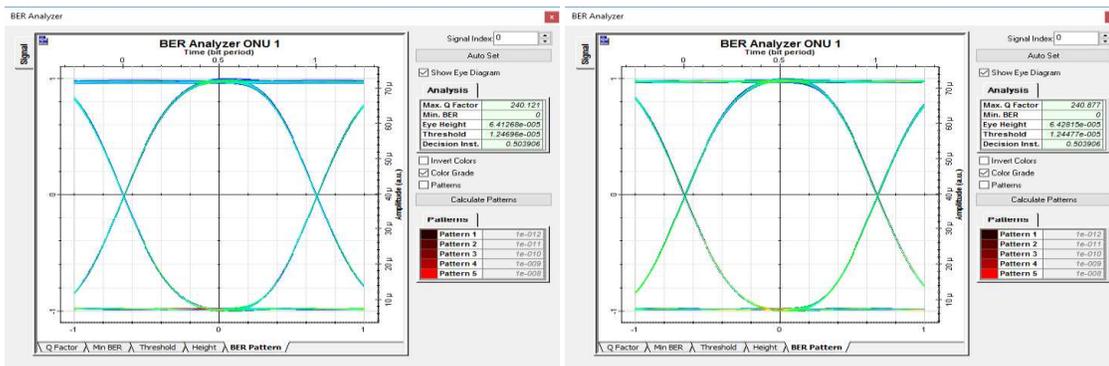
Jarak	Arah Transmisi	Skenario 1 (32 ONU)		Skenario 2 (64 ONU)		Skenario 3 (128 ONU)		Skenario 4 (256 ONU)	
		SNR (dB)	QF	SNR (dB)	QF	SNR (dB)	QF	SNR (dB)	QF
10	DS	26.828	240.877	26.814	240.121	26.814	240.142	26.06	239.685
	US	26.815	240.183	26.804	239.565	26.796	239.147	26.790	238.771
20	DS	26.530	224.924	26.521	224.431	26.520	224.390		
	US	26.521	224.454	26.508	223.805	26.503	223.503		

Pada Skenario 1 untuk panjang *link* 10 km dan 20 km memiliki performansi yang baik ditunjukkan dari nilai *Q Factor* yang berada di atas *thershold* yaitu 6. Terlihat bahwa nilai *Q Factor* pada panjang *link* 10 km lebih besar dari nilai *Q Factor* pada panjang *link* 20 km. Hal ini diakibatkan oleh redaman serat optik sebesar 0.21 dB/km sehingga panjang *link* 10 km memiliki redaman sebesar 2.1 dB sedangkan panjang *link* 20 km memiliki redaman yang lebih besar yaitu 4.2 dB.

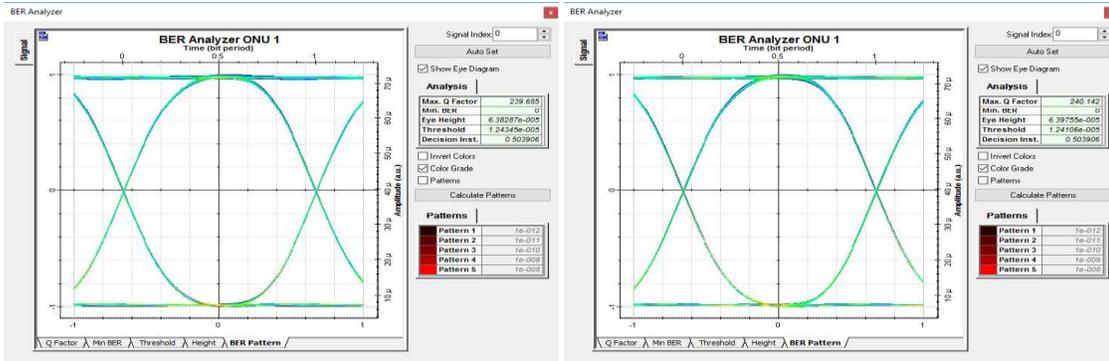
Pada Skenario 2 untuk panjang *link* 10 dan 20 km memilki performansi yang baik ditunjukkan dari nilai *Q Factor* yang melebihi 6. Terlihat bahwa nilai *Q Factor* skenario 2 mendekati nilai *Q Factor* skenario 1. Hal ini diakibatkan pada skenario 2 menggunakan daya kirim yang lebih besar dari skenario 1 sehingga kualitas jaringan masih dapat dipertahankan walupun mengalami *loss* akibat pembagian daya sebesar 12 dB. Terlihat juga bahwa SNR panjang *link* 10 km lebih besar dari SNR panjang *link* 20 km yang diakibatkan oleh redaman serat optik seperti yang telah dijelaskan pada analisis skenario 1.

Pada Skenario 3 untuk panjang *link* 10 dan 20 km memiliki performansi yang baik ditunjukkan dari nilai *Q Factor* yang melebihi 6. Pada skenario 3, *loss* yang dialami akibat pembagian daya pada *passive splitter stage 2* sebesar 15.05 dB. Oleh karena *loss* yang semakin tinggi maka daya kirim pada skenario 3 untuk panjang *link* 10 dan 20 km dinaikan terhadap skenario 1 dan 2. Hasilnya menunjukkan bahwa jaringan masih dalam kondisi baik walaupun daya kirim belum mencapai batas maksimum.

Pada Skenario 4 untuk panjang *link* 10 km memiliki performansi yang baik ditunjukkan dari nilai *Q Factor* melebihi 6. Skenario 4 tidak disimulasikan pada panjang *link* 20 km oleh karena setelah melakukan perhitungan Margin Daya, terdapat nilai Margin daya di bawah 0 sehingga jaringan dianggap tidak layak untuk diimplementasikan. Daya kirim pada skenario 4 adalah daya kirim maksimum yaitu 10 dBm dengan memperhitungkan *loss* jaringan yang lebih besar dibandingkan dengan skenario 1, 2 dan 3.



Gambar 4. Eye Diagram (a) 32 ONU 10 km (b) 64 ONU 10 km



Gambar 5. Eye Diagram (a) 128 ONU 10 km (b) 256 ONU 10 km

Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan *Eye Diagram* hasil simulasi dari jaringan TWDM-PON seluruh skenario pada panjang *link* 10 km. Terlihat bahwa terdapat bukaan mata yang baik setiap skenario. Hal ini menunjukkan bahwa setiap skenario TWDM-PON memiliki kualitas sinyal yang baik.

3 Simpulan

- TWDM-PON mampu menaikan *bandwidth* sebesar 10 Gbps pada transmisi arah *downstream*
- Dibutuhkan pengaturan daya kirim yang baik dengan memperhitungkan *loss* jaringan yang dimodelkan sehingga jaringan tetap dalam kondisi yang baik. Jaringan 32 ONU menggunakan daya kirim maksimum sebesar 3 dB, jaringan 64 ONU menggunakan daya kirim maksimum sebesar 6 dB, jaringan 128 ONU menggunakan daya kirim maksimum sebesar 9 dB dan jaringan 260 ONU menggunakan daya kirim maksimum sebesar 10 dB.
- Nilai SNR maksimum untuk seluruh skenario jaringan adalah 26.828 dB dan SNR minimum adalah 26.06 dB.

- d) Nilai Q Factor maksimum untuk seluruh skenario jaringan adalah 240.877 dan Q Factor minimum adalah 223.503.
- e) Semakin besar panjang *link* yang digunakan maka *loss* jaringan akan semakin besar

Daftar Pustaka

- [1]. ITU-T, *G.984.2 Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) : Physical Media Dependent (PMD) Layer*, March 2003.
- [2]. G. Keisar, *Optical Fiber Communication*, Boston: McGraw-Hill, 2015.
- [3]. Y. Luo, X. Zhou and F. Effenberger, "Time- and Wavelength- Division Multiplexed Passive Optical Network (TWDM-PON) for Next-Generation Network PON Stage 2 (NG-PON2)," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 31, pp. 587-593, February 2013.
- [4]. ITU-T, *G.989.2 40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG-PON2): Physical media dependent (PMD) layer specification*, December 2014.
- [5]. H. Nakamura, "Tutorial NG - PON2 Technologies," NTT Access Network Service Systems Laboratories, 2013.
- [6]. V. Sharma and D. D. Kaur, "Review On Multiplexing Techniques in Optical Communication System," *European Sceintific Journal*, vol. 2, pp. 88-94, October 2015
- [7]. Goyal, Rakesh; Kaler, S R;, "Performance Investigation of Bidirectional Hybrid (Wavelength-Division Multiplexing/Time-Division Multiplexing) Passive Optical Network," *Optoelectronics and Advanced Material*, vol. 8, pp. 663-667, 2014
- [8]. Full Service Access Network, "FSAN Highlights & NG-PON2 Standards Update," 4 February 2015.
- [9]. Peter Vetter-Bell Labs, "Tutorial Next Generation Optical Access Technologies," Alcatel-Lucent, 2012.
- [10]. A. Mishra and P. Mishra, "Optical Communication with Time Division Multiplexing (OTDM) and Hybrid WDM/OTDM PON," *International Journal of Science and Research*, vol. 3, no. 12, pp. 1681-1684, December 2012.