

ANALISIS METODE OPTIMUM UNEQUAL CHANNEL SEPARATION PADA EFEK FOUR WAVE MIXING DALAM SISTEM NG-PON2

ANALYSIS OF OPTIMUM UNEQUAL CHANNEL SEPARATION METHOD ON FOUR WAVE MIXING EFFECTS IN NG-PON2 SYSTEM

Satrio Priambodo¹, Akhmad Hambali², Brian Pamukti³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹satriopriambodo@students.telkomuniversity.ac.id, ²ahambali@telkomuniversity.ac.id,

³brianmp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

NG-PON2 merupakan teknologi di bidang komunikasi serat optik yang paling baru. Meskipun begitu dalam *Next Generation Gigabit Passive Optical Network Stage 2* (NG-PON2) sendiri masih terdapat efek non linier yang dapat menurunkan performansi, salah satunya adalah *Four Wave Mixing* (FWM). Penelitian ini dilakukan pada sistem NG-PON2 dengan jarak 30 km serta menggunakan bitrate masing-masing 40 Gbps untuk *upstream* dan 10 Gbps untuk *downstream*.

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini antara lain nilai *Power Received* setelah menggunakan *Optimum Golomb Ruler* (OGR) mengalami kenaikan sebesar 0,17-0,23% dengan nilai terbesar -22,22 dB, nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) setelah OGR diterapkan mengalami peningkatan dengan nilai terbesar 36,16 dB, Nilai *Q-Factor* dan *Bit Error Rate* (BER) setelah penerapan OGR mengalami peningkatan pada jarak 25-30 km.

Kata kunci : NG-PON2, *Four Wave Mixing*, *Optimum Golomb Ruler*.

Abstract

NG-PON2 is the most recent technology in the field of fiber optic communication. Even so, in the *Next Generation Passive Optical Network 2 Stage 2* (NG-PON2) there are still non-linear effects that can reduce performance, one of which is *Four Wave Mixing* (FWM). This research was conducted on NG-PON2 systems with a distance of 30 km and using each bitrate of 40 Gbps for *upstream* and 10 Gbps for *downstream*.

The results obtained in this study include the value of *Power Received* after using OGR has increased by 0.17-0.23% with the largest value of -22.22 dB, *Signal to Noise Ratio* (SNR) value after OGR applied has increased with the greatest value 36.16 dB, *Q-Factor Value* and *Bit Error Rate* (BER) after OGR implementation have increased at a distance of 25-30 km.

Keywords: NG-PON2, *Four Wave Mixing*, *Optimum Golomb Ruler*.

1. Pendahuluan

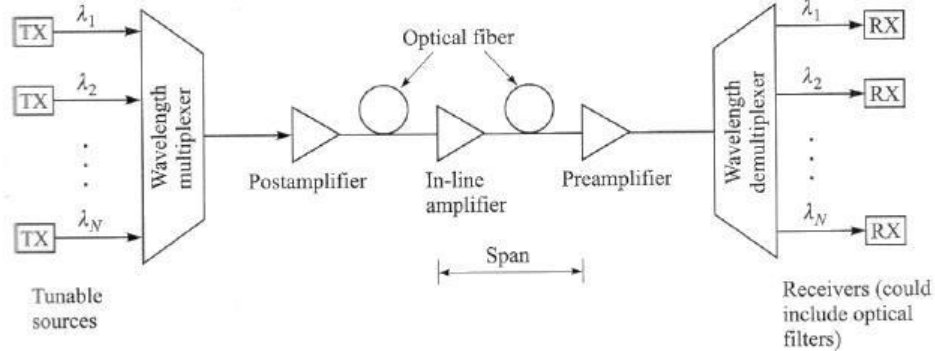
PON bisa dikatakan teknologi awal yang mendukung pengiriman suara dan data. Teknologi PON kemudian dikembangkan ke tingkat selanjutnya yaitu dengan nama *Gigabyte Passive Optical Network* (GPON) yang memiliki kecepatan yang lebih cepat dan dari segi keamanan lebih baik daripada PON. *New Generation Passive Optical Network Stage 2* (NG-PON2) merupakan pengembangan dari teknologi GPON yang memiliki standar *downstream* tidak kurang dari 40 Gbps sampai dengan 160 Gbps, *upstream* tidak kurang dari 10 Gbps sampai dengan 80 Gbps. Jenis *multiplexing* yang disarankan untuk teknologi NG-PON2 adalah *Time Wavelength Division Multiplexing* (TWDM).

Pada sistem komunikasi serat optik, tidak terkecuali NG-PON2 dapat ditemui suatu fenomena di mana terdapat efek yang dapat mengurangi kualitas dari sinyal yang ditransmisikan. Efek tersebut dikenal sebagai efek non linier pada komunikasi serat optik. Beberapa dari efek non linear yang dapat timbul pada sistem komunikasi serat optik adalah *Self-Phase Modulation* (SPM), *Cross-Phase Modulation* (XPM), *Four Wave Mixing* (FWM), *Stimulated Raman Scattering* (SRS), dan *Stimulated Brillouin Scattering* (SBS) [1]. *Optimum Golomb Ruler* dinilai merupakan salah satu solusi yang dapat diimplementasikan untuk mengatasi masalah efek non linier FWM.

2. Teori Penunjang

2.1 TWDM-PON

Time Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network (TWDM-PON) merupakan perangkat PON yang mengkombinasikan 2 teknik *multiplexing*, yaitu TDM (*Time Division Multiplexing*) yang memiliki fungsi dalam mentransmisikan sinyal informasi pada sisi *upstream* serta DWDM (*Dense Wavelength Multiplexing*) yang berperan pada sisi *downstream* [2].

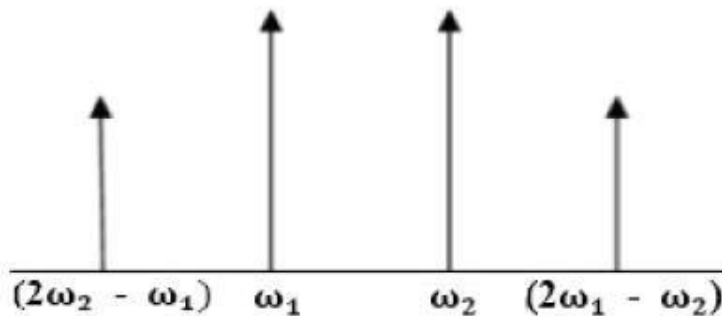


Gambar 2.1 Skema *Multiplexing* [2].

Sebuah *link* komunikasi optik yang baik dapat mentransmisikan banyak panjang gelombang yang berbeda pada satu serat secara bersamaan pada spektrum 1300-1600 nm. Terdapat teknik yang dapat menggabungkan beberapa masukan dengan panjang gelombang yang berbeda yang biasa disebut dengan teknik WDM. Skema WDM pada Gambar 2.1 mempunyai kesamaan dengan salah satu teknik *multiplexing* lainnya, yaitu *Frequency Division Multiplexing* (FDM) yang digunakan pada teknologi radio. Panjang gelombang di DWDM harus mempunyai spasi kanal untuk menghindari terjadinya interferensi antar *channel*. Contoh yang dapat diamati adalah *output* dari modulasi pada laser *distributed feedback* (DFB) memiliki *range* spektrum frekuensi antara 10-15 MHz, yang setara dengan *linewidth* 10-3 nm. Ketika menggunakan sumber tersebut, *guard band* yang digunakan adalah 50 GHz (0,4 nm), 100 GHz (0,8 nm) dan 200 GHz (1,6 nm) yang biasanya digunakan. Kemudian setiap panjang gelombang yang berbeda tersebut dimultipleksi pada satu saluran transmisi yang sama, sedangkan agar dapat diterima oleh *user*, maka dilakukan proses demultipleksi agar dapat menerima sinyal informasi sesuai dengan panjang gelombang tertentu [2].

2.2 Four Wave Mixing

Four Wave Mixing adalah fenomena nonlinier yang juga disebut sebagai proses parametrik orde ketiga. Proses parametrik berasal dari respon nonlinier elektron material terikat ke bidang optik yang diterapkan. Polarisasi yang terjadi dalam media adalah nonlinier. Besarnya diatur oleh *non linear susceptibilities*. Orde ketiga *susceptibilities* mengakibatkan terjadinya efek FWM pada komunikasi optik. Dalam FWM, 3 gelombang yang mempunyai frekuensi $\omega_i, \omega_j, \omega_k$ digabungkan untuk menghasilkan gelombang keempat pada frekuensi $\omega_i \pm \omega_j \pm \omega_k$ [3].



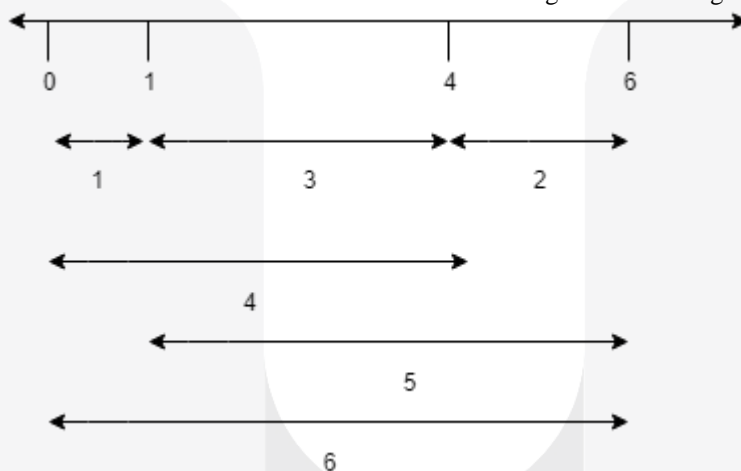
Gambar 2.2 Penggabungan 2 Gelombang [3].

Produk dari *mixing* terjadi pada atau disekitar gelombang asli yang dikirim. Gelombang baru yang dihasilkan tersebut akan menginterferensi sinyal asli, sehingga dapat dikatakan bahwa FWM menurunkan performansi sistem serta mengakibatkan terjadinya *crosstalk* dalam sistem komunikasi optik seperti sistem WDM. Efek FWM bervariasi tergantung pada level daya yang diberikan pada serat optik. Interferensi FWM tergantung pada bagaimana memilih jumlah kanal atau spasi kanal pada sistem komunikasi optik *multichannel* [3].

2.3 Optimum Golomb Ruler

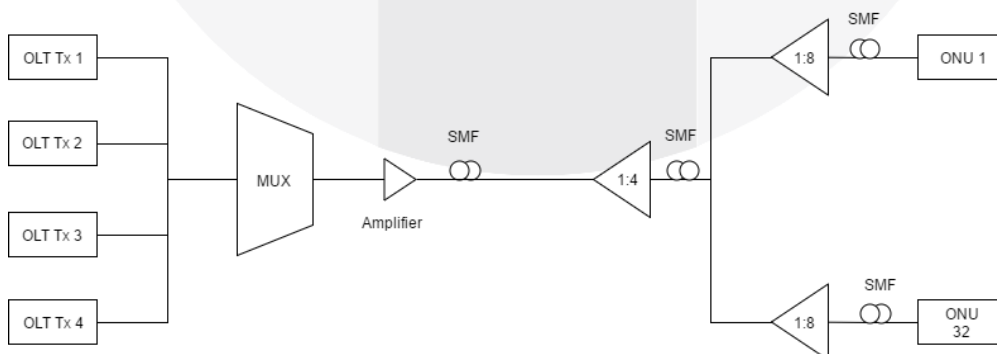
Istilah *Golomb Ruler* mengacu pada satu set bilangan bulat non-negatif yang disebut dengan tanda dimana selisih antar dua tanda berbeda satu sama lain. Perbedaan antara jumlah terbesar dan terkecil disebut sebagai panjang penggaris, dan sesuai dengan jarak terbesar untuk penggaris itu. Tanda pertama dari urutan ini adalah dengan konvensi di posisi nol.

Optimum Golomb Ruler (OGR) adalah *Golomb Ruler* dengan yang dimungkinkan untuk sejumlah tanda tertentu. OGR merupakan salah satu jenis algoritma yang dapat diterapkan untuk mengurangi efek yang ditimbulkan oleh FWM pada kabel serat optik. Algoritma OGR sendiri adalah urutan dari beberapa angka dengan nilai positif yang nilainya berdekatan, serta memiliki selisih yang berbeda antar setiap angkanya. Menggunakan konsep OGR, algoritma yang digunakan di sini untuk mengurangi efek FWM yang mengakibatkan peningkatan kinerja sistem WDM tanpa meningkatkan biaya tambahan dalam hal *bandwidth*. Menerapkan OGR untuk masalah alokasi saluran, sangat mungkin untuk mencapai jarak antar tanda paling efektif yang akan digunakan untuk alokasi saluran. Karena perbedaan antara dua tanda berbeda satu sama lain, frekuensi FWM baru yang dihasilkan tidak akan jatuh ke yang sudah ditetapkan untuk saluran operator. Namun, teknik ini menghasilkan peningkatan kebutuhan *bandwidth* dibandingkan dengan alokasi saluran yang menggunakan spasi kanal sama besar. Berikut adalah salah satu contoh OGR dengan 4 urutan angka [4]:



Gambar 2.3 Golomb Ruler dengan 4 Angka [4].

3. Perancangan Sistem

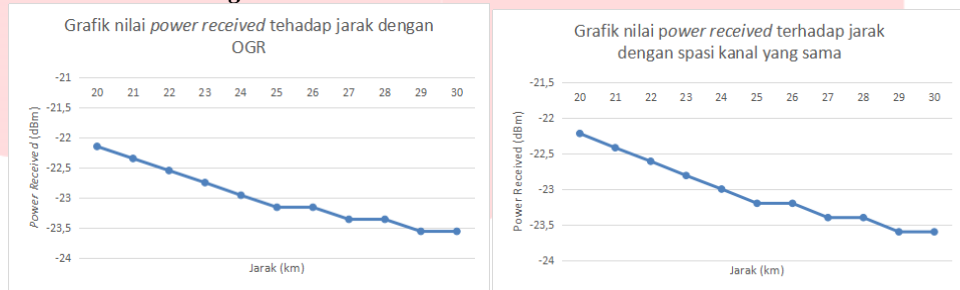


Gambar 3.1 Skema Rancangan Sistem.

Gambar 3.1 menunjukkan model sistem yang akan digunakan. Perancangan sistem pada penelitian kali ini berdasarkan topologi jaringan akses serat optik pada umumnya yang sudah digelar saat ini. Blok diagram sistem NG-PON2 pada enelitian ini terdiri dari tiga blok utama, pertama adalah blok *transmitter* atau pengirim, kedua blok medium transmisi, ketiga adalah *blok receiver* atau penerima. Model sistem ini menggunakan empat buah OLT untuk *transmitter* maupun *receiver* dengan *bitrate* tiap kanalnya sebesar 10 Gbps untuk *downstream* dan 5 Gbps untuk *upstream*, serta memiliki *slot* keluaran untuk kabel *feeder*. Pada ODN (media transmisi) menggunakan jarak transmisi sejauh 30 km dengan menggunakan kabel serat optik jenis *single mode fiber* [4].

4. Analisis Simulasi

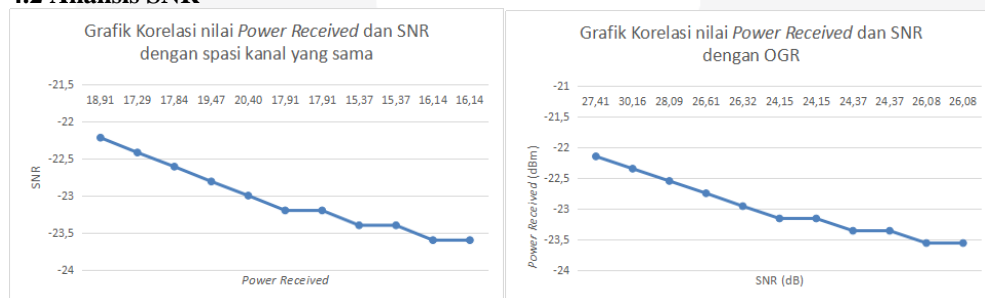
4.1 Analisis Power Link Budget



Gambar 4.1 Grafik nilai PLB: (a) tanpa OGR (b) dengan OGR

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa hasil simulasi dengan perangkat lunak menggunakan OGR pada jarak 20 km-30 km menunjukkan peningkatan nilai meskipun tidak signifikan. Dapat disimpulkan bahwa OGR dapat meningkatkan nilai PLB pada system.

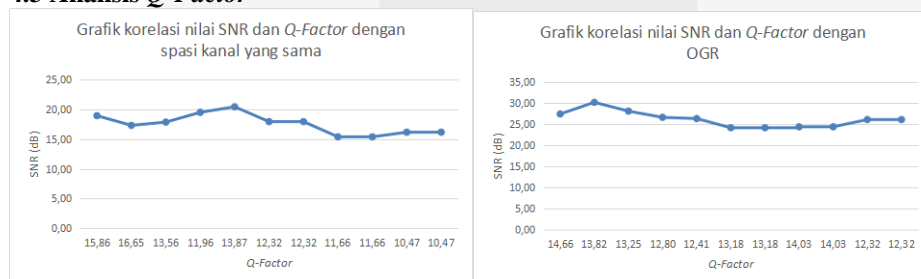
4.2 Analisis SNR



Gambar 4.2 Grafik nilai SNR: (a) tanpa OGR (b) dengan OGR

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa nilai SNR hasil dari simulasi dengan perangkat lunak pada jarak 20-30 km menunjukkan peningkatan yang signifikan saat OGR diterapkan. Dapat disimpulkan bahwa OGR efektif meningkatkan nilai SNR pada sistem.

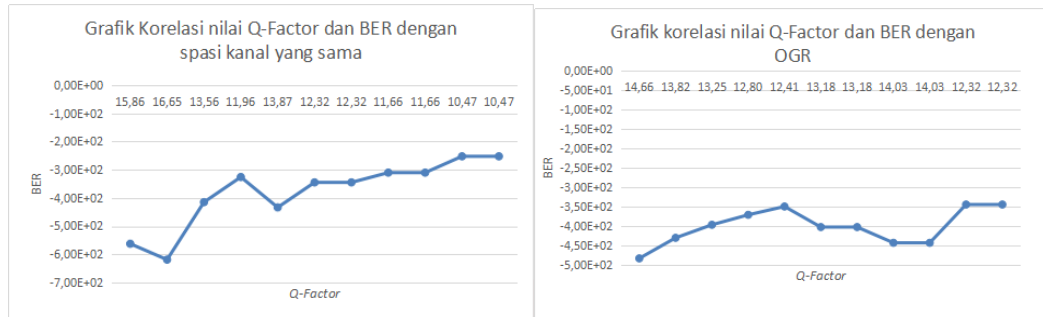
4.3 Analisis Q-Factor



Gambar 4.3 Grafik nilai Q-Factor: (a) tanpa OGR (b) dengan OGR

Dapat dilihat dari Gambar 4.3 bahwa nilai *Q-factor* dari hasil simulasi perangkat lunak pada jarak 20-30 km mengalami peningkatan nilai pada jarak 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30 km saat OGR diterapkan. Dapat disimpulkan bahwa OGR efektif meningkatkan *Q-Factor* pada jarak 25-30 km.

4.4 Analisis BER



Gambar 4.4 Grafik nilai BER: (a) tanpa OGR (b) dengan OGR.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai BER hasil dari simulasi perangkat lunak pada jarak 20-30 km mengalami peningkatan nilai pada jarak 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30 km saat OGR diterapkan. Dapat disimpulkan bahwa OGR efektif meningkatkan BER pada jarak 25-30 km.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis penelitian dengan sistem NG-PON2 dengan total jarak 20 hingga 30 km yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Power Received* pada saat OGR diterapkan mengalami peningkatan sebesar 0,17 - 0,32% dibandingkan saat menggunakan nilai spasi kanal yang sama besar yaitu 0, 1 THz.
2. Nilai SNR setelah OGR diterapkan mengalami peningkatan dengan nilai terbesar 36,16 dB. Sedangkan nilai SNR terbesar saat menggunakan nilai spasi kanal yang sama adalah 20,44 dB.
3. Nilai *Q-Factor* dan BER saat OGR diterapkan mengalami peningkatan pada jarak 23, 25, 26, 27, 28, 29, dan 30 km, sedangkan untuk jarak 20, 21, 22, dan 24 km, nilai *Q-Factor* dan BER mengalami penurunan dibandingkan sebelum OGR diterapkan.
4. *Optimum Golomb Ruler* efektif diterapkan untuk jarak antara 25 - 30 km karena nilai performansinya menunjukkan kenaikan daripada saat menggunakan spasi kanal yang sama besar.

Daftar Pustaka:

- [1] G. Keiser, "Chapter 11 Optical Amplifier", Optical Fiber Communications Fifth Edition. McGraw-Hill Singapore, 2015.
- [2] S. P. Singh and N. Singh, "Nonlinear effects in optical fibers: origin, management and applications," Progress In Electromagnetics Research, vol. 73, pp. 249–275, 2007.
- [3] S. Sugumaran, N. Sharma, S. Chitranshi, N. Thakur, and P. Arulmozhivarman, "Effect of four-wave mixing on wdm system and its suppression using optimum algorithms," International Journal of Engineering and Technology (IJET), vol. 5, no. 2, pp. 1432–1444, 2013.
- [4] S. N. Bhusari, V. U. Deshmukh, and S. S. Jagdale, "Analysis of self-phase modulation and four-wave mixing in fiber optic communication," in 2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT). IEEE, 2016, pp. 798–803.