

ARRAYED WAVEGUIDE GRATING PADA DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING

Arkidianabela Anggara Dewi^{*)}, Teguh Prakoso, dan Aghus Sofwan

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: arkidianabela@gmail.com

Abstrak

DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) adalah suatu teknik multiplexing yang mampu mentransmisikan lebih dari 400 panjang gelombang dalam satu serat optik. Laju pengiriman data menggunakan media serat optik dapat mencapai 1 Tbps atau 1.000 Gbps. DWDM merupakan suatu perbaikan dari WDM. Inti perbaikan yang dimiliki oleh teknologi DWDM terletak pada jenis filter, serat optik dan penguat amplifier. Jenis filter yang umum dipergunakan salah satunya adalah *Array Waveguide Grating* (AWG). Pada Penelitian ini dianalisis kinerja suatu *Array Waveguide Filters* (AWG) yang mampu digunakan pada DWDM. Pada Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 *software*. Pertama, menggunakan *software Optisystem 7* untuk memodelkan sistem DWDM. Kedua, menggunakan *software OptiBPM* untuk verifikasi AWG. Pada Optisystem didapatkan nilai konfigurasi DWDM yang optimal yaitu pada C Band dengan spasi kanal 50GHz dan jumlah wavelength 64. Sedangkan pada OptiBPM didapatkan untuk konfigurasi DWDM tersebut diperlukan AWG dengan dengan sudut orientasi 53 derajat, panjang FSR 1500um, lebar angular 11,4 derajat dengan ukuran 15000x10000um sehingga didapatkan nilai BER, Q-factor dan crosstalk yang memiliki perbedaan namun telah mencapai kriteria yaitu dengan Q factor antara 8,43 sampai dengan 14,09 sedangkan untuk BER dari $1,719 \times 10^{-40}$ sampai dengan $1,19 \times 10^{-17}$ dan crosstalk antara -149 dB sampai dengan -40,8 dB .

Kata Kunci : DWDM,AWG, Crosstalk.

Abstract

DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) is a multiplexing technique that capable of transmitting over 400 wavelengths in a single optical fiber. The rate of data transmission using fiber optic can reach 1 Tbps or 1,000 Gbps. DWDM is an improvement of WDM. The essence improvements possessed by DWDM technology is in the type of filter, optical fiber and amplifier. Common types of filters used are the *Array Waveguide Grating* (AWG). This final project analyzed the performance of an *Array Waveguide Filters* (AWG) that capable of being used on DWDM. In this Final Project is done by using 2 software. First, use *Optisystem 7* software to model DWDM system. Secondly, use *OptiBPM* software for AWG verification. In *Optisystem*, the optimum DWDM configuration value is C Band with 50 GHz channel spacing and 64 wavelength. While in *OptiBPM* obtained for DWDM configuration AWG is required with orientation angle 53 degree, FSR 1500um length, angular width 11,4 degree with size 15000x10000um to get the value of BER, Q-factor and crosstalk that have differences but has reached the criteria that is with Q factor between 8.43 to 14.09 while for BER from $1,719 \times 10^{-40}$ up to $1,19 \times 10^{-17}$ and crosstalk between - 149 dB up to -40.8 dB.

Keywords : DWDM,AWG, Crosstalk.

1. Pendahuluan

Sistem komunikasi serat optik merupakan sistem komunikasi yang mampu melakukan pengiriman data dalam jumlah besar dengan kehandalan sistem yang baik.. Untuk mendukung kinerja dalam sistem komunikasi serat optik, diperlukan teknik yang menunjang yaitu teknik *multiplexing*. Salah satunya adalah teknik *multiplexing* WDM (*Wavelength Division Multiplexing*). Namun penggunaan WDM memiliki kelemahan, yaitu ke-

nonlinieran serat optik dan efek dispersi yang *significant* menyebabkan terbatasnya jumlah panjang gelombang yaitu 2 - 8 buah saja [1].

Seiring meningkatnya kebutuhan transmisi data dikembangkan teknik *multiplexing* yang lain yaitu DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) yang mampu mentransmisikan lebih dari 400 panjang gelombang dalam satu serat optik. Dimana dari segi

infrastruktur sendiri praktis hanya terjadi penambahan peralatan pemancar dan penerima saja untuk masing-masing panjang gelombang yang dipergunakan. Inti perbaikan yang dimiliki oleh teknologi DWDM terletak pada jenis filter, serat optik dan amplifier. Jenis filter yang umum dipergunakan di dalam sistem DWDM ini antara lain *Dichroic Interference Filters* (DIF), *Fiber Bragg Gratings* (FBG), *Array Waveguide Filters* (AWG) and *Hybrid Fused Cascaded Fiber* (FCF) dengan Mach-Zehnder (M-Z) *interferometers* [2].

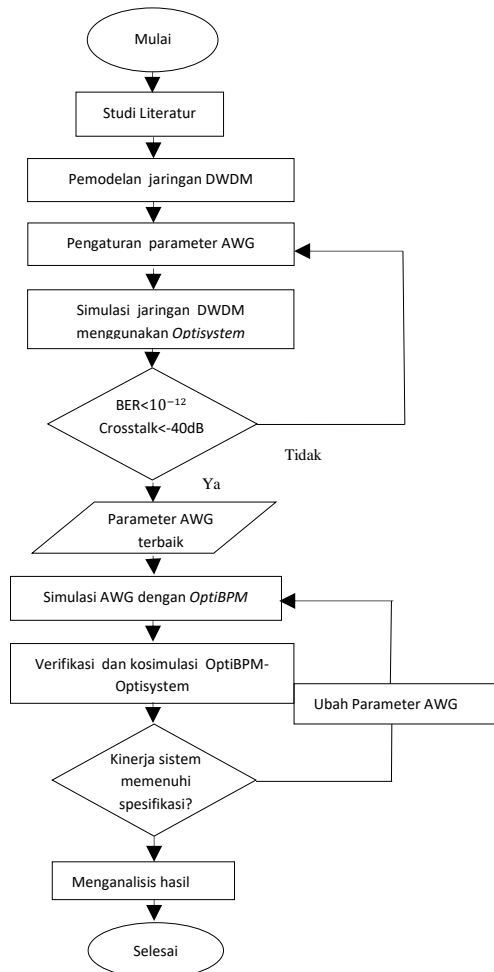
Pada teknik multiplexing, dapat digunakan *Arrayed Waveguide Grating* (AWG) sebagai *multiplexer* dan *demultiplexer* dengan jumlah kanal yang besar dan rugi-rugi yang relatif kecil serta memberikan solusi untuk memperkecil kemungkinan *insertion loss* dan terjadinya *crosstalk* seperti yang telah dibuktikan oleh Oplink (2012)[3]. Adapun penelitian lain yang telah dilakukan Amitabha Banerjee (2005) telah menggunakan *Arrayed Waveguide Grating* (AWG) sebagai teknik *multiplexing*, [4] tetapi masih belum memberikan hasil yang memuaskan. Selain itu adapun Afif (2013) mengenai analisis performansi AWG pada WDM PON [5]. Kemudian Freza (2015) meneliti tentang perancangan *Array Waveguide Grating* (AWG) pada jaringan *wavelength division multiplexing* (WDM) untuk *C-Band* [6] namun mendapatkan nilai *crosstalk* yang cukup besar. Berdasarkan *review* tersebut, dalam penelitian ini dibahas mengenai *array waveguide grating* pada perancangan jaringan DWDM.

2. Metode

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan pendukung, baik berupa perangkat keras maupun perangkat lunak. Perangkat-perangkat yang digunakan antara lain:

1. Personal Computer (PC) dengan sistem operasi 64 bit
2. Microsoft Windows 7 Ultimate
3. Optisystem 7.0
4. OptiBPM

Pada bagian ini dijelaskan mengenai proses perancangan. Pada bagian pertama akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang dilakukan serta diagram alir dari proses perancangan. Bagian kedua menjelaskan mengenai pembuatan simulasi jaringan serat optik dengan teknologi DWDM menggunakan *software* Optisystem. Bagian ketiga menjelaskan mengenai penentuan spesifikasi *arrayed waveguide grating* yang akan digunakan. Bagian keempat akan menjelaskan mengenai verifikasi serta *kosimulasi arrayed waveguide grating* menggunakan *software* OptiBPM. Untuk lebih jelas untuk perancangan dijelaskan pada diagram alir perancangan AWG. Diagram alir proses perancangan AWG pada DWDM ditampilkan oleh Gambar 1.

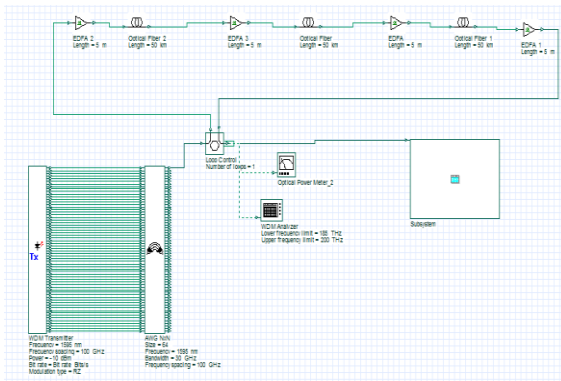


Gambar 1. Diagram alir proses Perencanaan AWG pada DWDM

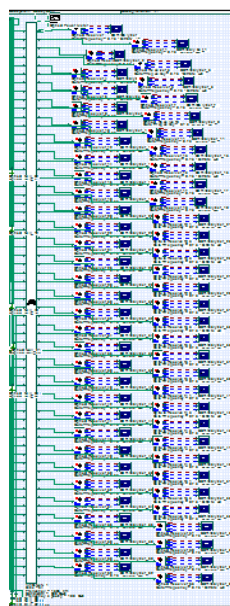
Skenario yang digunakan dalam Penelitian ini diambil dari spesifikasi sistem DWDM. Spesifikasi tersebut sekaligus merupakan parameter yang digunakan dalam Penelitian ini. Parameter tersebut terdiri dari jumlah *wavelength*, spasi kanal, dan rentang frekuensi.

2.1. Desain Sistem DWDM

Pertama, membuat rancangan model jaringan DWDM dengan menggunakan AWG, akan dilakukan verifikasi terhadap model jaringan yang akan dibuat dengan mengikuti standar ITU-T G697 mengenai DWDM. Model jaringan WDM menggunakan DWDM secara umum dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 merupakan Model Jaringan AWG yang tersusun atas transmitter, multiplexer, loop, serat optik, amplifier, dan *subsystem* 1. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3 Subsystem1 tersusun atas demultiplexer, *optical null*, receiver dan *BER visualizer* dengan jumlah 64 kanal.



Gambar 2. Model Jaringan DWDM menggunakan AWG pada Optisystem



Gambar 3. Subsystem Model Jaringan DWDM menggunakan AWG pada Optisystem

Setelah melakukan perancangan jaringan menggunakan optisystem dilakukan pengaturan parameter

2.2. Pengaturan Parameter

Parameter-parameter yang digunakan dalam memodelkan dan mensimulasikan adalah sebagai berikut. Tabel 1 menunjukkan Parameter umum yang digunakan pada Optisystem.

Tabel 1. Global Parameter Pada Optisystem

Parameter	Nilai	Satuan
Bit rate	2400000000	Bits/s
Time window	1.28E-8	S
sample rate	160000000000	Hz
Sequence length	64	Bits
Sample per bit	32	
Number of sample	2048	

pengaturan parameter serat optik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Serat Optik pada Optisystem

Parameter	Nilai	Satuan
Reference Wavelength	1550	Nm
Attenuation	0.2	dB/km
Length	100	Km
Lower Calculation Limits	1200	Nm
Upper Calculation Limits	1700	Nm

Pengaturan parameter pada WDM transmitter pada Table 3, dimana jumlah output, spasi frekuensi yang akan dicari.

Tabel 3. Parameter WDM Transmitter pada Optisystem

Parameter	Nilai	Satuan
Number of output port	32,64	Bits/s
Frequency	1550,1595	Nm
Frequency Spacing	12.5,50,100	GHz
Power	-10	dBm
Linewidth	0.1	MHz
Extinction ratio	30	dB
RIN	-130	dB/Hz
Measured Power	10	dBm

Pada parameter multiplexer-nya yang digunakan pada model jaringan ini adalah AWG NxN, dengan pengaturan parameter pada AWG NxN seperti pada Tabel 4

Tabel 4. Parameter AWG NxN pada Optisystem

Nama	Nilai	Satuan
Size	32,64	
Configuration	Mux/Demux	
Frequency	1550,1595	nm
Bandwidth	10	GHz
Frequency Spacing	12.5, 50, 100	GHz
Depth	100	dB
Insertion Loss	0	dB
Filter type	Gaussian	
Filter order	2	

Pada AWG NxN pengaturan konfigurasi pada Optisystem dapat mengubah fungsi dari AWG menjadi multiplexer atau demultiplexer.

2.3. Perancangan AWG pada OptiBPM

Proses dalam mensimulasikan AWG digunakan software OptiBPM dikarenakan software Optisystem, yang merupakan software utama pada penelitian ini dapat memanggil file OptiBPM. Hal tersebut memudahkan dalam proses kosimulasi. Tahapan pembuatannya adalah sebagai berikut:

2.3.1. Penentuan Spesifikasi Arrayed Waveguide Grating

Penentuan Spesifikasi AWG didapatkan dari hasil simulasi pada Optisystem. Dimana pada Optisystem,

disimulasikan jaringan serat optik menggunakan teknologi DWDM.. Pembuatan AWG dilanjutkan dengan melakukan perhitungan dimensi fisik dari AWG yang bisa didapatkan dari perhitungan secara teoritis.

Berikut merupakan perhitungan jumlah kanal input dan output maksimal juga jumlah waveguide maksimal. Pada perhitungan digunakan indeks refraksi 1,444 dan indeks refraksi group 1,462 karena bahan yang digunakan dalam simulasi AWG menggunakan OptiBPM adalah silica dengan indeks refraksi 1,444.

1. Orde Difraksi

$$m = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{1565}{1565 - 1535} = 43.7143 \quad (1)$$

2. Perbedaan Panjang Array

$$\Delta L = \frac{m\lambda_0}{n_c} = \frac{43.7143 \cdot 1550}{1.444} = 46,923 \quad (2)$$

3. Panjang Fokal Slab Waveguide

$$L_f = \frac{d^2 n_s n_c}{m \Delta \lambda n_g} = \frac{(0,005 \text{ nm})^2 \cdot 1.5 \cdot 1.444}{43.7143 \cdot 0,8 \cdot 1,462} = 1059,10$$

4. Free Spectral Range

$$FSR = \frac{\lambda_0 n_c}{m n_g} = \frac{1550 \cdot 1,444}{43,7143 \cdot 1,462} = 35,0065 \quad (3)$$

5. Jumlah Maksimum dari Input/Output Kanal

$$N_{max} = \text{integer} \left(\frac{FSR}{\Delta \lambda} \right) = \text{integer} \left(\frac{35,0065}{0,8} \right) = 44 \quad (4)$$

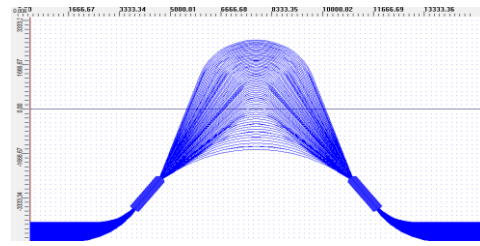
6. Jumlah Arrayed Waveguides

$$N_{array} = 4N_{max} = 4 \cdot \text{integer} \left(\frac{FSR}{\Delta \lambda} \right) = 176 \quad (5)$$

Pada perhitungan diatas, terlihat nilai dari jumlah kanal maksimal pada range 1535-1565 (C band) dengan spasi kanal 100GHz atau 0,8 nm diperoleh maksimal 44 kanal dan maksimal 176 waveguide dan dengan spasi kanal 50 GHz atau 0,4 nm diperoleh maksimal 88 kanal dan maksimal 352 waveguide Dalam Penelitian ini dirancang AWG untuk 32 dan 64 kanal sehingga secara perhitungan yang memenuhi syarat untuk 64 kanal adalah spasi kanal 50GHz dan untuk 32 kanal yang memenuhi syarat adalah 100GHz

2.3.2. Perancangan Dimensi AWG menggunakan OptiBPM

Simulasi menggunakan perangkat lunak OptiBPM untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan hasil perancangan AWG dengan spesifikasi yang diperoleh dari Optisystem. Gambar 4 menunjukkan layout pembuatan rancangan AWG pada OptiBPM



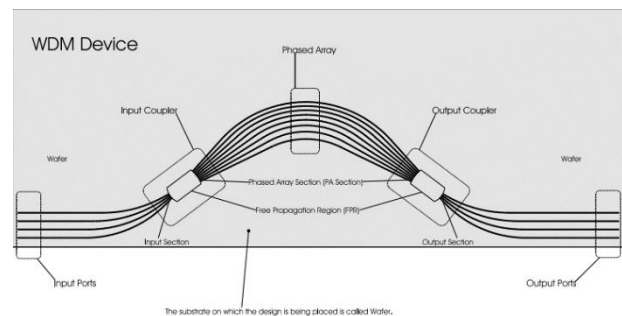
Gambar 4. Layout AWG menggunakan OptiBPM

Setelah membuat layout seperti terlihat pada Gambar 4 langkah selanjutnya mengatur parameter-parameter seperti diperlihatkan pada Tabel 5

Tabel 5. Parameter AWG pada OptiBPM

Parameter	Nilai
IOwgSeparation	2
PAwgSeparation	2
CouplerLength	1500
PAwgLength	25
IOwgLength	25
TipSeparation	8000
InTipPosX	-3766.667
InTipPosZ	3416.667
LengthIncrement	100
InitialLengthIncrement	500
OrientationAngle	53
NumberOfAWgs	64
AngularWidth	11.41807
IONumber	64
PortSeparation	12
ConnectionOffset	0
WaferLength	15000 um
WaferWidth	10000 um
WaveguideWidth	1 um

Pada Table 5 merupakan ukuran struktur AWG yang akan dirancang pada optiBPM. Untuk mempermudah dalam pengaturan parameter AWG pada OptiBPM Pada Gambar 5 diperlihatkan gambar keterangan struktur AWG secara umum agar pengaturan parameter-parameternya sesuai.



Gambar 5. Struktur AWG secara umum[6]

2.3.3. Pengujian dan Analisis AWG

Pengujian AWG yang berupa Perbandingan hasil antara penggunaan AWG hasil simulasi OptiBPM dengan penggunaan AWG pada Optisystem dalam penerapannya

pada jaringan serat optik dengan teknologi DWDM. Dalam pengujian, Optisystem memanggil file OptiBPM, agar file pada OptiBPM dapat dipanggil ke Optisystem, file OptiBPM yang semula menggunakan format .bpd harus diubah ke format .s.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Hasil Simulasi Optisystem

Analisa yang dilakukan berdasarkan nilai *Bit Error Rate* (BER) dan *Q factor* terlebih dahulu kemudian nilai *crosstalk*. Nilai toleransi BER untuk sistem DWDM yaitu maksimal 10^{-12} , kemudian untuk *Q factor* yaitu minimal 6, sedangkan untuk *crosstalk* yaitu maksimal -40 dB.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil simulasi jaringan DWDM menurut BER dan Q factor

No	Band	jumlah wavelength	kanal spasi	BER < 10^{-12}	Q Factor > 6
1			12,5 GHz	memenuhi	memenuhi
2		32	50 GHz	memenuhi	memenuhi
3			100 GHz	Tidak	Tidak
7	C		12,5 GHz	memenuhi	memenuhi
8		64	50 GHz	memenuhi	memenuhi
9			100 GHz	Tidak	Tidak
13			12,5 GHz	memenuhi	memenuhi
14		32	50 GHz	memenuhi	memenuhi
15			100GHz	Tidak	Tidak
19	L		12,5 GHz	memenuhi	memenuhi
20		64	50GHz	Tidak	Tidak
21			100GHz	memenuhi	memenuhi

Pada Tabel 6 terlihat nilai BER dan Q factor pada spasi kanal 100 GHz tidak memenuhi syarat. Hal tersebut dikarenakan nilai dari BER pada beberapa kanal mencapai 1 hal tersebut dikarenakan semakin besar spasi kanal (dengan jumlah input yang sama) orde difraksi dan perbedaan panjang jalur akan turun sedangkan FSR yang dibutuhkan semakin besar, mengakibatkan terjadinya array putus yang menyebabkan nilai BER mencapai 1.

Begitu pula Dari Tabel 7 didapatkan hampir semua nilai dari spasi kanal 12,5 GHz tidak memenuhi syarat hal tersebut dikarenakan banyak kanal yang crosstalknya tidak mencapai -40dB. Hal tersebut disebabkan oleh semakin kecil spasi kanal maka interferensi akan semakin besar dan menyebabkan crosstalk yaitu *adjacent channel crosstalk* semakin besar.

Tabel 7. Rekapitulasi hasil simulasi jaringan DWDM menurut crosstalk

kategori	Band	jumlah wavelength	kanal spasi	Crosstalk < -40dB
1			12,5 GHz	Tidak memenuhi
2		32	50GHz	memenuhi
3			100GHz	memenuhi
7	C		12,5 GHz	Tidak memenuhi
8		64	50GHz	memenuhi
9			100GHz	memenuhi
13			12,5 GHz	Tidak memenuhi
14		32	50GHz	memenuhi
15			100GHz	memenuhi
19	L		12,5 GHz	Tidak memenuhi
20		64	50GHz	Tidak memenuhi
21			100GHz	memenuhi

Tabel 8. Rekapitulasi hasil simulasi jaringan DWDM BER, Q factor dan crosstalk

kategori	Band	jumlah wavelength	kanal spasi	BER < 10^{-12} Q Factor > 6	Crosstalk < -40dB
1			12,5 GHz	memenuhi	Tidak memenuhi
2		32	50GHz	memenuhi	memenuhi
3			100GHz	Tidak	memenuhi
7	C		12,5 GHz	memenuhi	Tidak memenuhi
8		64	50GHz	memenuhi	memenuhi
9			100GHz	Tidak	memenuhi
13			12,5 GHz	memenuhi	Tidak memenuhi
14		32	50GHz	memenuhi	memenuhi
15			100GHz	Tidak	memenuhi
19	L		12,5 GHz	memenuhi	Tidak memenuhi
20		64	50GHz	Tidak	Tidak
21			100GHz	memenuhi	memenuhi

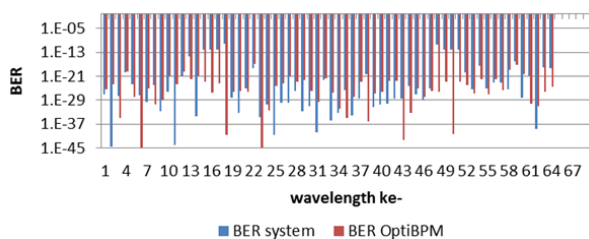
Evaluasi berdasarkan variasi parameter yang telah dilakukan desain, dimana dilihat dari Tabel 8 yang memenuhi baik dari BER, Qfactor dan Crosstalk adalah kategori 2 yaitu jumlah wavelength 32 pada band C pada spasi kanal 50 GHz, kategori 8 yaitu jumlah wavelength 64 pada band C pada spasi kanal 50 GHz dan kategori 14 dengan jumlah wavelength 32 pada band L dan spasi kanal 50 GHz. Dengan pertimbangan jumlah wavelength yang lebih banyak adalah 64, maka konfigurasi DWDM terbaik adalah jumlah kategori 8 yaitu jumlah wavelength 64 pada band C dengan spasi kanal 50 GHz.

3.2. Verifikasi AWG

Verifikasi AWG menggunakan *software OptiBPM*. Verifikasi berupa co-simulasi ini bertujuan untuk mengetahui parameter – parameter yang diperlukan pada sebuah jaringan DWDM apakah telah terpenuhi dengan menggunakan AWG yang didapat dari konfigurasi DWDM terbaik tadi dan apakah AWG benar-benar berfungsi sebagai multiplexer untuk memperoleh kinerja DWDM yang optimal. Pada sub bab ini berisi perbandingan dari masing–masing parameter yaitu perbandingan BER, *Q Factor*, dan *Crosstalk* dari konfigurasi DWDM terbaik antara ketika menggunakan *software Optisystem* dan *software OptiBPM*.

3.2.1. Perbandingan BER

Gambar 6 berikut adalah perbandingan antara konfigurasi DWDM terbaik menggunakan *software Optisystem* dan *software OptiBPM* berdasarkan nilai BER.

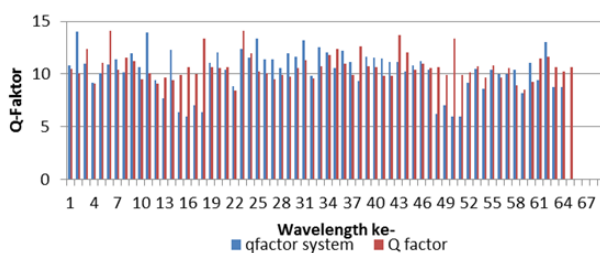


Gambar 6. Perbandingan BER antara AWG dengan *Optisystem* dan *OptiBPM*

Dari grafik pada Gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa perbandingan antara nilai BER saat menggunakan AWG *Optisystem* dan AWG *OptiBPM* terdapat perbedaan. Hal ini terjadi karena parameter – parameter AWG antara AWG *Optisystem* dan AWG *OptiBPM* tidak sama persis sehingga mengakibatkan perbedaan. Meskipun terdapat perbedaan, keduanya mempunyai nilai BER yang layak yaitu dibawah 10^{-12} pada setiap *wavelength*-nya.

3.2.2. Perbandingan *Q Factor*

Gambar 7 berikut adalah perbandingan antara konfigurasi DWDM terbaik menggunakan *software Optisystem* dan *software OptiBPM* berdasarkan nilai *Q Factor*.

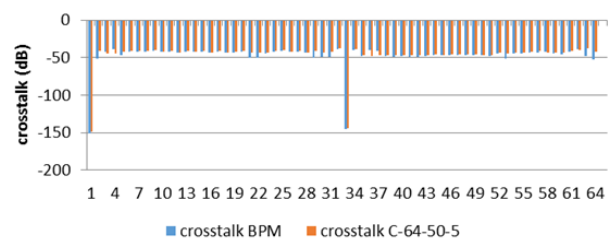


Gambar 7. Perbandingan *Q Factor* antara AWG dengan *Optisystem* dan *OptiBPM*

Dari grafik pada Gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa perbandingan antara nilai *Q Factor* saat menggunakan AWG *Optisystem* dan AWG *OptiBPM* terdapat perbedaan. Hal ini terjadi karena parameter – parameter AWG antara AWG *Optisystem* dan AWG *OptiBPM* tidak sama persis sehingga mengakibatkan perbedaan. Meskipun terdapat perbedaan, keduanya mempunyai nilai *Q Factor* yang layak yaitu diatas 6 pada setiap *wavelength*-nya.

3.2.3. Perbandingan *Crosstalk*

Gambar 8 berikut adalah perbandingan antara konfigurasi DWDM terbaik menggunakan *software Optisystem* dan *software OptiBPM* berdasarkan nilai *crosstalk*.



Gambar 8. Perbandingan *Crosstalk* antara AWG dengan *Optisystem* dan *OptiBPM*

Dari grafik pada Gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa perbandingan antara nilai *crosstalk* saat menggunakan AWG *Optisystem* dan AWG *OptiBPM* terdapat perbedaan. Hal ini terjadi karena parameter – parameter AWG antara AWG *Optisystem* dan AWG *OptiBPM* tidak sama persis sehingga mengakibatkan perbedaan. Nilai *crosstalk* saat menggunakan AWG *Optisystem* maupun saat menggunakan AWG *OptiBPM* sama – sama memiliki nilai *crosstalk* yang kurang layak yaitu lebih besar dari -40dB.

Di samping perbedaan – perbedaan yang terjadi, secara fungsional untuk verifikasi AWG sudah memenuhi. Hal ini dibuktikan dengan layaknya nilai BER dan *Q factor* yang berarti AWG benar berfungsi sebagai *demultiplexer*.

3.3. Analisis AWG pada *Opti BPM*

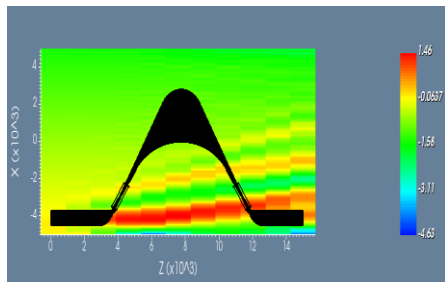
Pada Analisa AWG, digunakan *OptiBPM analyzer*, dimana pada sub bab ini dibagi menjadi 2 yaitu mengenai *optical field propagation* dan *refractive index propagation*. AWG pada *OptiBPM* ini dirancang diatas *waver* dengan ukuran panjang 15000 nm dan lebar 10000 nm. Untuk lebih jelas, informasi tentang parameternya dapat dilihat pada Tabel 5 dengan hasil

Pada Gambar 9 propagasi disini digunakan *Transverse Electric* pada pengaturan parameter, yang artinya hanya memancarkan medan magnet pada arah polarisasinya.

3.4. Analisis AWG pada Opti BPM

Pada Analisa AWG, digunakan OptiBPM analyzer, dimana pada sub bab ini dibagi menjadi 2 yaitu mengenai *optical field propagation* dan *refractive index propagation*. AWG pada OptiBPM ini dirancang diatas waver dengan ukuran panjang 15000 nm dan lebar 10000 nm. Untuk lebih jelas, informasi tentang parameternya dapat dilihat pada Tabel 5 dengan hasil

Pada Gambar 9 propagasi disini digunakan Transverse Electric pada pengaturan parameter, yang artinya hanya memancarkan medan magnet pada arah polarisasi nya



Gambar 9. *Optical field Propagation* pada AWG

Dimana pada Gambar 9 terlihat nilai polarisasi terkecil bernilai -3.922 dB pada posisi -5000 dengan titik potong 15000, dan nilai tertinggi pada posisi -4000 mencapai 1,46 dengan titik potong 6090.

4. Kesimpulan

Didapatkan nilai untuk konfigurasi jaringan DWDM terbaik adalah dengan jumlah wavelength 64 pada band C dengan spasi kanal 50 GHz. Hal tersebut sesuai perhitungan bahwa untuk kanal 64 wavelength diperlukan spasi kanal 50GHz. Setelah dilakukan kosimulasi menggunakan OptiBPM didapatkan nilai BER, Q-factor dan crosstalk yang memiliki perbedaan namun telah mencapai kriteria yaitu dengan Q factor antara 8,43 sampai dengan 14,09 sedangkan untuk BER dari $1,719 \times 10^{-40}$ sampai dengan $1,19 \times 10^{-17}$ dan crosstalk antara -149 dB sampai dengan -40,8 dB dengan sudut orientasi 53 derajat, panjang FSR 1500um, lebar angular 11,4 derajat dengan ukuran 15000x10000um

Referensi

[1]. Anindita, Adelia Ika. Analisis Kinerja Jaringan DWDM Model Multisite Sederhana Menggunakan Cisco Transport Planner Release. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Undip. 2014.

[2]. Oplink, "Arrayed Waveguide Grating Multiplexer/Demultiplexer" Oplink Communications Inc, 2012.

[3]. Amitabha Banerjee, dkk, *Wavelength-Division-Multiplexed Passive Optical Network (WDM-PON) Technologies for Broadband Access: a Review [Invited]*, Journal of Optical Networking, Vol. 4, No. 11, 2005.

[4]. Saifudin, Afif. Analisa Performansi Arrayed Waveguide Grating (AWG) Pada Jaringan Wavelength Division Multiplexing (WDM) Gigabit-Passive Optical Network (GPON). Laporan Tugas Akhir UIN SUSKA. 2014.

[5]. Hariadi, Frezza Oktaviana. Perencanaan Arrayed Waveguide Grating (AWG) untuk Wavelength Division Multiplexing (WDM) pada C-Band. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro ITS. 2015.

[6]. Manalu, Donda Maria Tiurma. *Analisis Perancangan Jaringan Serat Optik DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) Untuk Link Medan – Langsa*. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara. 2012.

[7]. *Optical Monitoring for dense wavelength division multiplexing: General Characteristics*, ITU-T Standard G. 697, 2018.

[8]. ITU, "Optical fibre, cables and systems" Agrawal G. P., *Fiber-Optic Communication Systems*, 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, 2002.

[9]. P. Ignatia G. D., "Perancangan Jaringan Akses Fiber to the Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di Private Village, Cikoneng", Tugas Akhir, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 2015.

[10]. Keiser G., *Optical Fiber Communication*, 4th Edition. Singapore: McGraw-Hill, 2008.

[11]. *Arrayed Waveguide Grating. OptiBPM Operations Guide*. USA : OptiBPM, Inc. 2012.

[12]. Gerd Keiser, "Optical Fiber Communication third edition", Mc Graw Hill International Edition, 2000

[13]. Research Centre for Microtechnology "Arrayed Waveguide Gratings: tiny structures for big ideas, Application Note, FHV Research" DWDM 05, 2010

[14]. Gerd Keiser, "Optical Fiber Communication 4th edition", Mc Graw Hill International Edition, 2010

[15]. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Gigabit-Capable Passive Optical Network (G-PON): General Characteristics*, ITU-T Standard G.984.1, 2008.

[16]. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*, ITU-T Standard G.984.2, 2003.

[17]. *Gigabit-Capable Passive Optical Network (G-PON): Transmission Convergence Layer Specification*, ITU-T Standard G.984.3, 2014.

[18]. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Gigabit-Capable Passive Optical Network (G-PON): ONT Management and Control Interface Specification*, ITU-T Standard G.984.4, 2008.