

## SISTEM PERANCANGAN FIBER OPTIK MENGGUNAKAN OPTISYSTEM PADA DAERAH PAGARDEWA HINGGA TERBANGGI BESAR

Alisya Odilia Shafira<sup>1</sup>, M. Renaldi Nugraha Pratama<sup>2</sup>, Melia Sari<sup>3</sup>, Iwan Pahendra<sup>4</sup>, Puspa Kurniasari<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32 Indralaya Sumatera Selatan, Indonesia

Corresponding author: alisyao diliashafira@gmail.com

**ABSTRAK:** *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* merupakan salah satu teknologi telekomunikasi dengan menggunakan media serat optik. Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi, penting untuk meningkatkan kecepatan pengiriman dan menerima data dengan menjaga biaya yang lebih efisien. DWDM memanfaatkan cahaya dengan panjang gelombang sebagai saluran informasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan merancang jaringan fiber optik dengan metode *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* pada daerah Pagardewa hingga Terbanggi Besar dengan jarak sekitar 120 kilometer menggunakan Optisystem. Pada proses perancangan ini menggunakan parameter input, seperti Q Factor, BER, OSNR dan kekuatan sinyal yang diukur menggunakan OPM. Nilai-nilai parameter ini diperoleh melalui simulasi perancangan jaringan dengan menggunakan *Software Optisystem*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai Q Factor menunjukkan sebesar 14.6454, nilai BER sekitar  $605933e^{-49}$ , OSNR sebesar 73.330013 Db, dan yang terakhir kekuatan sinyal yang diukur pada dua titik, pada titik pertama -17,638 dBm bernilai dan titik kedua bernilai -25.704 dBm.

Kata Kunci : DWDM, Q Factor, BER, OSNR, Kekuatan Sinyal

**ABSTRACT:** *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* is a telecommunications technology that utilizes optical fiber as its medium. With the advancement of telecommunications technology, it is crucial to enhance data transmission speed while maintaining cost efficiency. DWDM leverages different wavelengths of light as information channels. This research aims to analyze and design a fiber optic network using *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* from Pagardewa to Terbanggi Besar, covering a distance of approximately 120 kilometers using Optisystem. In the design process, input parameters such as Q Factor, Bit Error Rate (BER), Optical Signal-to-Noise Ratio (OSNR), and signal power measured using Optical Power Meter (OPM) are considered. These parameter values are obtained through network design simulations using Optisystem software. The simulation results indicate a Q Factor of approximately 14.6454, a BER value of approximately  $605933e^{-49}$ , an OSNR of 73.330013 dB, and signal power measurements at two points: -17.638 dBm at the first point and -25.704 dBm at the second point.

Key words: DWDM, Q Factor, BER, OSNR, Signal Power

### PENDAHULUAN

Saat ini, kemajuan teknologi mengalami pertumbuhan yang sangat pesat, terutama dalam perkembangan perangkat lunak maupun perkembangan telekomunikasi. Teknologi telekomunikasi menjadi sangat penting dalam kehidupan masyarakat, terutama internet yang telah menjadi kebutuhan pokok. Tingkat kebutuhan yang signifikan terhadap internet membuat permintaan akan kecepatan transfer data yang lebih tinggi dan bandwidth yang lebih besar.

Layanan komunikasi saat ini telah berevolusi dari yang semula hanya bisa layanan suara, sekarang sudah bisa mendukung triple play (suara, video dan data). Salah satu media transmisi yang cocok untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah serat optik, atau yang biasa dikenal dengan istilah fiber optic. Teknologi komunikasi

menggunakan fiber optic ini mengandalkan cahaya untuk mentransfer data dari satu titik ke titik lainnya melalui serat optik tersebut. Fiber Optic dipilih sebagai alternatif dengan keunggulan yang dimiliki. Keunggulan fiber optic seperti kapasitas jaringan yang luas, bandwidth yang besar, biaya yang rendah dan loss yang tidak terlalu tinggi (Agus Pratama et al. 2020).

Teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)* merupakan Teknik transmisi yang menggunakan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dengan tujuan sebagai kanal informasi, sehingga setelah dilakukan proses multiplexing seluruh gelombang tersebut dapat ditransmisikan menggunakan serat optik sebagai media penghantarnya. Tetapi teknik ini memiliki kelemahan, saat jarak transmisi terlalu jauh sering kali membuat daya sinyal melemah, hal tersebut dapat merugikan karena adanya rugi-rugi sepanjang lintasan.

Sehingga diperlukannya gambaran dalam perancangan jaringan yang akan digunakan (Ridho et al. 2020).

Penelitian ini dilakukan agar mendapatkan gambaran infrastruktur perancangan jaringan optik pada daerah Pagar Dewa hingga Terbanggi Besar dengan bantuan simulasi perancangan jaringan yang dibuat menggunakan *software* OptiSystem. Simulasi ini memiliki tujuan untuk menghasilkan gambar tentang bagaimana jaringan tersebut akan terbentuk berdasarkan perancangan yang dilakukan. Setelah perancangan selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja dari jaringan serat optik yang telah dibangun. Diharapkan bahwa hasil dari penelitian ini akan memberikan solusi dan panduan dalam merancang jaringan yang efektif dan dapat diterapkan di masa depan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Fiber Optik

Fiber optik adalah salah satu media transmisi dengan kapasitas pengiriman data dalam jumlah yang besar dan berkualitas tinggi. Berbeda dengan media transmisi lain, pada fiber optik gelombang pembawa tidak terdiri dari gelombang elektromagnetik, melainkan dengan memanfaatkan sinar dan juga cahaya laser. Penggunaan serat optik semakin berkembang di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dikarenakan serat optik yang memungkinkan penggunaannya dapat mengirimkan data serta informasi secara cepat dan tepat. Di Indonesia, serat optik dapat digunakan untuk mengirimkan sebuah data, telekomunikasi, maupun penggunaan internet (Hakim and Ramadhan 2021).

### 2. DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*)

DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) adalah suatu metode transmisi yang mengoperasikan cahaya dengan berbagai panjang gelombang sebagai saluran-saluran informasi yang berbeda. Ini memungkinkan untuk menggabungkan semua panjang gelombang ini melalui proses multiplexing sehingga dapat ditransmisikan melalui satu serat optik Tunggal (Mustika, Hambali, and Maulana 2019).

### 3. OLT

Optical Line Terminal (OLT) merupakan perangkat aktif yang berperan sebagai bagian dari jaringan akses optik berdasarkan teknologi Passive Optical Network. OLT memiliki peran penting sebagai titik penghubung utama dalam jaringan yang menghubungkan satu atau lebih jaringan distribusi optik (Nurwahidah 2021).

### 4. Optical Distribution Cabinet (ODC)

ODC atau Optical Distribution Cabinet merupakan perangkat pasif yang ditempatkan pada luar ruangan (outdoor). ODC menggunakan material khusus dengan bentuk kotak yang berfungsi sebagai tempat untuk

menginstal sambungan kabel serat optik. ODC juga memiliki fungsi sebagai splitter atau sebagai pembagi satu serat optik menjadi beberapa serat optik lainnya, biasanya ODC menggunakan splitter 1:4 (Muliandhi, Faradiba, and Nugroho 2020).

### 5. Optical Distribution Point (ODP)

Optical Distribusi Point atau ODP merupakan titik distribusi sebagai terminasi kabel optic dan memiliki karakteristik tahan terhadap korosi dan cuaca. Fungsi dari ODP adalah untuk menginstal sambungan jaringan optik single-mode terutama untuk menghubungkan kabel fiberoptik distribusi dengan kabel drop. Didalam ODP, terdapat beberapa perangkat seperti optical pigtail, connector adaptor, dan splitter room (Sains et al. 2023).

### 6. Optical Network Termination (ONT)

Optical Network Termination merupakan perangkat yang berada di sisi pelanggan yang menyediakan antarmuka baik data, video ataupun suara. ONT mengubah sinyal optik yang ditransmisikan dari OLT dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik yang diperlukan.

### 7. Konektor

Konektor adalah sebuah alat yang dibutuhkan sebagai bagian perlengkapan dari kabel fiber optik yang difungsikan sebagai sambungan pada ujung terminal untuk menjadi sarana penghubung kabel fiber optik. Konektor terbagi dalam beberapa jenis yang beragam dan macam-macam bentuk. Alat ini juga digunakan sesuai dengan kebutuhan (Rahmadi Islam 2018).

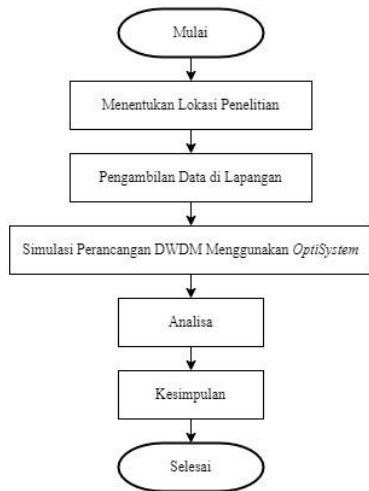
### 8. Optisystem

Optisystem merupakan sebuah perangkat lunak simulator yang dirancang untuk perencanaan merancang jaringan serat optik sebelum diterapkan langsung di lapangan. *Software* ini dilengkapi dengan antarmuka berbasis GUI (Graphical User Interface) yang mencakup tata letak proyek, komponen jaringan, model komponen, tampilan grafik dan power meter. Dengan menggunakan Optisystem dapat mengatur parameter redaman yang akan diterima oleh perangkat, menganalisis grafik tingkat kesalahan bit (BER), menghitung nilai Q faktor dan membuat eye diagram (Aulia, Fitri, and Asril 2021).

## METODE PENELITIAN

### 1. Alur Perancangan

Perencanaan dalam penelitian ini melibatkan beberapa langkah yang harus dilalui untuk menyelesaikannya, dan informasi ini dapat dipresentasikan melalui diagram alur yang tercantum dalam gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Alur Perancangan Penelitian

## 2. Penentuan Lokasi Perancangan

Dalam penelitian ini kami memfokuskan membuat perencanaan fiber optik pada lintasan wilayah dari Pagardewa hingga Terbanggi Besar dengan jarak sejauh 120 kilometer. Keputusan ini didasarkan pada pertimbangan strategis untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif dan representatif terhadap area yang relevan dengan tujuan dari penelitian ini.

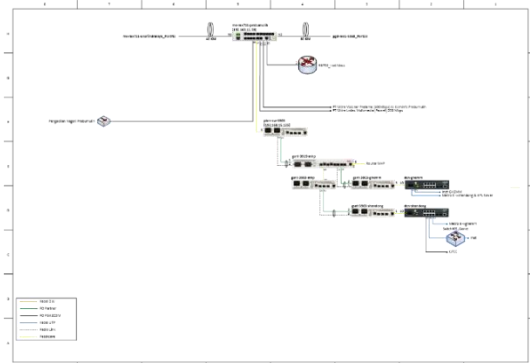


Gambar 2. Lokasi Perancangan Jaringan Optik

## 3. Pengambilan data di Lapangan

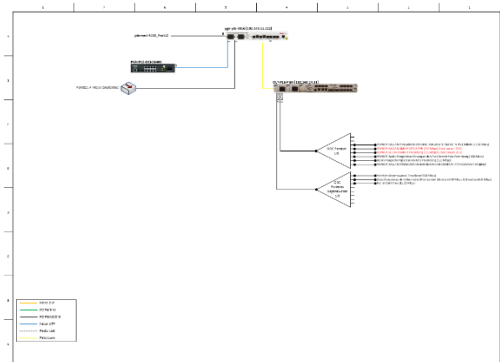
Data yang diukur yaitu denah OLT hingga ke ONT yang digunakan dalam proses perancangan ini, kemudian dilakukan pengukuran untuk setiap perangkat yang digunakan.

## 4. Simulasi Perancangan Jaringan DWDM menggunakan optisystem



Gambar 3. Diagram POP Daerah Pagardewa

Gambar 3, menunjukkan rancangan jaringan fiber pada daerah Pagardewa. Gambar tersebut digunakan sebagai alat untuk memvisualisasikan struktur dan konfigurasi jaringan fiber yang akan digunakan serta mengukuri dan memantau kinerja jaringan tersebut. Rancangan fiber pada daerah pagardewa ini nantinya akan dihubungkan dengan rancangan yang ada pada daerah terbanggi besar.



Gambar 4. Diagram POP Daerah Terbanggi Besar

Gambar 4 menunjukkan perancangan jaringan fiber pada daerah Terbanggi Besar. Perancangan fiber ini terhubung dengan perancangan pada daerah Pagar Dewa. Koneksi antara kedua daerah ini akan memungkinkan pertukaran data yang efisien, memperluas cakupan layanan jaringan fiber dan meningkatkan konektivitas secara keseluruhan. Perancangan fiber pada daerah ini berpotensi memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat, dengan memastikan akses yang lebih baik ke infrastruktur teknologi informasi yang handal.

Tabel 1 Perangkat dan Komponen Perancangan Jaringan Berdasarkan Data Lapangan

No	Perangkat/Komponen	Jumlah
1	Rectifier	2 pcs
2	Controller	2 pcs
3	Module	8 pcs
4	AC	3 pcs
5	Battery Rectifier	32 pcs

6	Timer AC	1 pcs
7	UPS	1 pcs
8	FM 200	1 pcs
9	APAR	1 pcs

Tabel 1 merupakan komponen dalam perancangan jaringan berdasarkan data yang dari lapangan. Perancangan jaringan ini khususnya pada daerah Pagar Dewa hingga Terbanggi Besar, yang mengharuskan penggunaan kabel serat optik dengan panjang sekitar 120 kilometer.

Tabel 2 Perangkat dan Komponen Perancangan Jaringan pada Optisystem

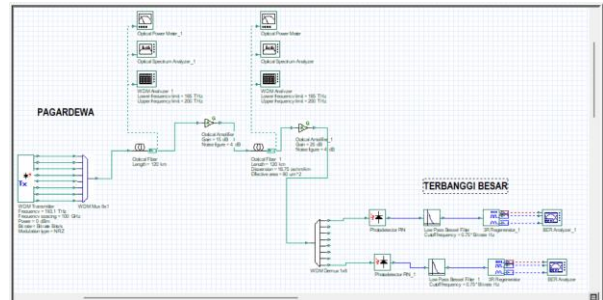
No	Perangkat/Komponen	Jumlah
1	WDM Transmitter	1 pcs
2	Optical Fiber	2 pcs
3	WDM Mux 8x1	1 pcs
4	Optical Amplifier	60 km x 2
5	WDM Analyzer	1 pcs
6	Optical Spectrum Analyzer	1 pcs
7	WDM Demux 1x8	1 pcs
8	Photodetector PIN	2 pcs
9	3R Regenerator	2 pcs
10	BER Analyzer	2 pcs

Tabel 2 merupakan komponen apa saja yang digunakan dalam perancangan jaringan dengan menggunakan software Optisystem sebagai platform perancangan dan simulasi. Optisystem merupakan perangkat lunka yang sering digunakan dalam industri telekomunikasi dan optik untuk merancang, mensimulasikan dan menganalisis jaringan komunikasi optik.

Tabel 3 Parameter Perancangan Jaringan FTTH dengan Optisystem

No.	Parameter	Nilai
1	Bit Rate (BR)	2.4 Gbps
2	Sensitivity	-28 db
3	Wavelength (Downlink)	1550 m
4	Optical Transmit Power	4 dBm
5	Dispersi Material Optik	16.75 ps/nm/km
6	Lebar Spektrum	1 nm
7	Tipe Modulasi	NHz
9	Noise Figure Amplifier	0.2 dB/km
10	Frequency	191 Thz

Gambar di bawah ini menunjukkan implementasi dari perencanaan jaringan yang menggunakan perangkat lunak Optisystem.



Gambar 5. Hasil Perancangan Jaringan Fiber Optik Daerah Pagar Dewa - Terbanggi Besar Menggunakan Optisystem

### 5. Pengolahan Data Hasil Simulasi

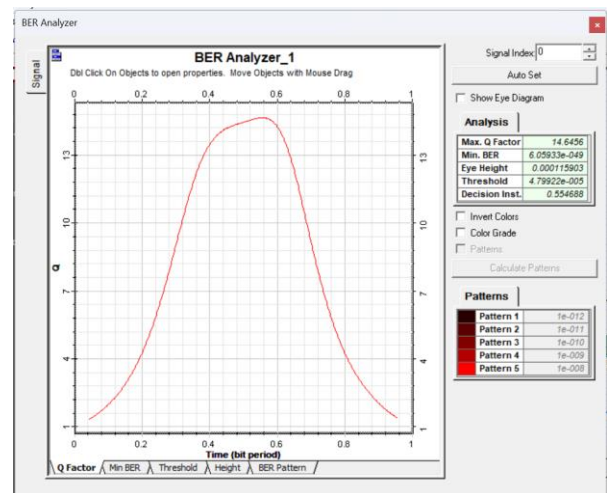
Data yang dihasilkan dari perancangan nantinya akan melibatkan pengukuran daya input dan juga pengukuran daya output pada setiap perangkat. Selain itu, dapat mencakup data mengenai Optical Signal to Noise Ratio (OSNR) yang dapat diukur menggunakan WDM analyzer serta nilai Bit Error Rate (BER) dan Q Factor yang dapat diukur menggunakan BER analyzer.

### 6. Analisa, Penarikan Kesimpulan dan Pembuatan Laporan

Setelah dilakukan perhitungan dari hasil simulasi dan memperoleh data yang didapatkan maka selanjutnya dapat melakukan analisa dan menarik kesimpulan dari rancangan ini.

### HASIL

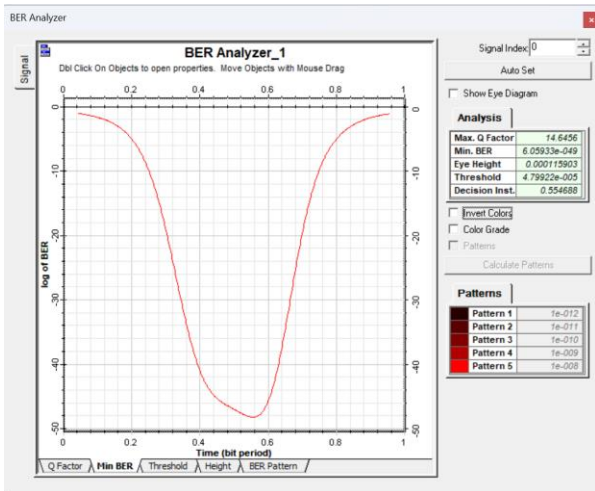
Berikut merupakan hasil yang didapatkan dalam perancangan jaringan menggunakan software Optisystem



Gambar 6. Hasil Grafik Q Factor pada Optisystem

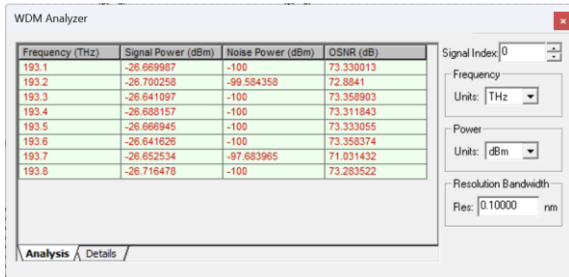
Pada simulasi ini didapatkan nilai Q factor sebesar 14.6454 pada BER Analyzer seperti pada gambar 6. Secara singkat Q factor merupakan sebuah presentase

kualitas dan efisiensi sebuah perancangan jaringan optik. Pada Q factor yang didapatkan memiliki grafik yang diawal naik lalu terjadi penurunan.



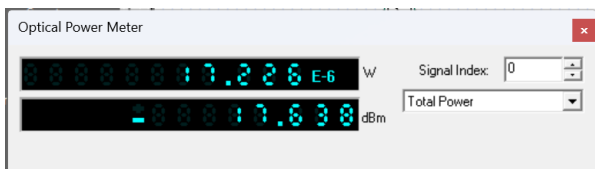
Gambar 7. Hasil Grafik Min. Bit Error Rate (BER) pada Optisystem

Hasil simulasi menunjukan nilai Min Bit Error Rate (BER) yang didapatkan adalah  $605933e^{-49}$  seperti pada gambar 7. Min Bit Error Rate (BER) merupakan nilai persentase yang menunjukkan kemungkinan error bit pada sebuah rancangan.

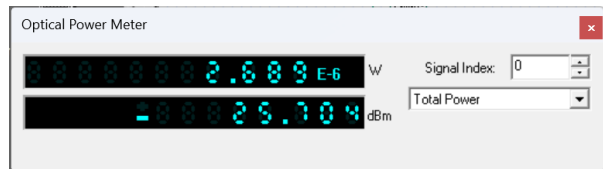


Gambar 8. Hasil Optic Signal to Noise Ratio (OSNR) pada Optisystem

Gambar 8 menampilkan hasil dari simulasi perancangan jaringan Pagardewa hingga Terbanggi Besar yang ditampilkan melalui WDM Analyzer. Terdapat data mengenai Optical Signal to Noise Ratio (OSNR) yang menunjukan hasil antara 71 hingga 73 dB, tetapi pada penelitian ini hanya diambil 1 nilai OSNR yaitu 73.330013 dB. OSNR merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur nilai sinyal optik.



Gambar 9. Hasil Signal Power Fiber Optik 1 Pada Optisystem



Gambar 10. Hasil Signal Power Fiber Optik 2 Pada Optisystem

Gambar 9 dan 10 menampilkan data yang diperoleh oleh Optical Power Meter 1 dan 2. Pengukuran ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekuatan sinyal pada lokasi masing-masing. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kekuatan sinyal pada fiber optik 1 adalah sekitar -17.638 dBm, sementara kekuatan sinyal pada fiber optik 2 adalah sekitar -25.704 dBm.

Tabel 4 Hasil Simulasi Menggunakan Optisystem

No	Data yang diambil	Nilai
1	Q Factor	14.6454
2	Bit Error Rate (BER)	$605933e^{-49}$
3	Optical Signal to Noise Ratio (OSNR)	73.330013 dB
4	Optical Power Meter 1	-17,638 dBm
5	Optical Power Meter 2	-25.704 dBm

## PEMBAHASAN

Dari simulasi perancangan simulasi optik yang telah dilakukan dengan menggunakan optisystem, dalam penelitian ini berhasil memperoleh sejumlah data yang dapat dianalisa guna menilai sejauh mana keberhasilan dalam perancangan jaringan optik dari Pagardewa hingga Terbanggi Besar. Analisis ini bertujuan untuk menentukan apakah jaringan optik tersebut sudah memenuhi kriteria kinerja yang diinginkan atau belum.

Hasil simulasi menunjukan bahwa Q Factor yang didapatkan sebesar 14.6454 yang mengindikasikan performa jaringan optik dari pagardew hingga terbanggi Besar sangat baik. Standar kualitas dalam komunikasi optik untuk Q Fcator biasanya hanya memerlukan nilai di atas 6. Dengan hasil Q factor yang melebihi standar tersebut, maka hasil dari simulasi ini dikatakan berhasil memenuhi standar yang ditetapkan.

Pada nilai Bit Error Rate (BER) pada simulasi menunjukan nilai yang didapatkan, yaitu  $605933e^{-49}$ . Yang jauh lebih rendah daripada standar yang berlaku pada jaringan optik. Standar umum untuk jaringan optik pada nilai BER Stadar jaringan optik yang dimiliki adalah kurang dari  $10^{-9}$ . Dengan demikian, hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa kualitas transmisi data dalam jaringan optik Pagardewa hingga Terbanggi Besar berada dalam kualitas yang baik, dengan tingkat kesalahan bit yang rendah.

Hasil Optic Signal to Noise Ratio (OSNR) yang didapatkan pada simulasi ini adalah 73.330013 dB, yang secara signifikan melebihi standar yang umumnya diterapkan dalam jaringan optik. Standar OSNR yang diharapkan dalam jaringan optik adalah lebih dari 15 dB. Dengan demikian hasil OSNR yang tercatat dalam

simulasi menunjukkan bahwa jaringan optik Pagar dewa hingga Terbanggi Besar bisa dikatakan baik dengan transmisi data yang handal dan berkualitas tinggi.

Selain nilai Q Factor, BER, OSNR terdapat nilai mengenai kekuatan sinyal pada dua titik. Pada titik pertama, tercatat bahwa kekuatan sinyal mencapai 17,638 dBm, sementara pada titik kedua memiliki nilai 25,404 dBm. Data ini memberikan gambaran mengenai distribusi kekuatan sinyal optik dalam jaringan optik yang akan dirancang.

Tabel 5 Hasil Simulasi dan Data Standar Jaringan

No	Parameter	Standar	Hasil
1	Q Factor	>6	24.8214
2	BER	$< 10^{-9}$	$605933e^{-49}$
3	OSNR	>15	73.330013

## KESIMPULAN

Dalam penelitian mengenai simulasi perancangan jaringan optik dari daerah Pagar dewa hingga Terbanggi Besar menggunakan Optisystem didapatkan sejumlah data dan dianalisa untuk menilai kinerja keseluruhan jaringan. Hasil simulasi mengindikasikan bahwa perancangan jaringan optik tersebut telah mencapai tingkat keberhasilan yang baik. Q Factor yang didapatkan mencapai 14.6454 melebihi dari nilai standar minimal yang diperlukan. Selain itu nilai Bit Error Rate (BER) yang lebih rendah dari standar jaringan optik menunjukkan tingkat kesalahan bit yang rendah, mencerminkan keandalan jaringan. Dan juga OSNR yang melebihi nilai standar menunjukkan bahwa sinyal optik dalam jaringan yang baik. Serta nilai kekuatan sinyal yang didapatkan dari OPM pada dua titik menunjukkan hasil yang bagus. Secara keseluruhan, hasil simulasi ini memberikan keyakinan bahwa perancangan jaringan Pagar dewa hingga Terbanggi Besar telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dalam komunikasi optik.

Dengan Q Factor yang tinggi, BER yang rendah, dan OSNR yang melebihi standar, jaringan ini memiliki potensi untuk memberikan kinerja unggul dalam berbagai aplikasi yang memerlukan transmisi data yang handal. Selain itu, pemahaman tentang distribusi kekuatan sinyal optik di dalam jaringan akan membantu dalam perawatan dan pengoptimalan jaringan di masa depan. Dengan demikian, hasil simulasi ini memberikan pandangan positif tentang kemampuan jaringan optik yang telah dirancang untuk mendukung kebutuhan komunikasi modern antara Pagar dewa dan Terbanggi Besar.

## DAFTAR PUSTAKA

Agus Pratama, Al et al. 2020. "Perancangan Jaringan FttH Dengan Teknologi Gpon Menggunakan Algoritma Genetika Dan Optisystem." *Jurnal teknik elektro universitas Tanjungpura* 2: 1–11.

Aulia, Siska, Silvia Fitri, and Aprinal Adila Asril. 2021.

"Perancangan Dan Pengukuran Performansi Jaringan Fiber To the Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network Menggunakan Aplikasi Optisystem Di Kelurahan Surau Gadang." *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer* 11(2): 22–27.

Hakim, Teten Dian, and Doni Ramadhan. 2021. "Optimalisasi Trafik Voice Dan Enodeb Dengan Migrasi Media Transmisi Radio Microwave Menjadi Fiber Optik (Studi Kasus Site Harapan Jaya Bekasi)." 9(3).

Mahjud, Ichsan et al. 2022. "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) PT. Telkom Indonesia (Persero) Tbk Witel Makassar Di Desa Bontomanai Bulukumba." *Jurnal Teknologi Elekterika* 19(2): 123.

Muliandhi, Puri, Erlia Husna Faradiba, and Bayu Adi Nugroho. 2020. "Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH Dengan Perangkat OLT Mini Untuk Layanan Indihome Di PT. Telkom Akses Witel Semarang." *Elektrika* 12(1): 7.

Mustika, Tiara, Akhmad Hambali, and Irfan Maulana. 2019. "Analisis Performansi Pengaruh Non-Linearitas Four Wave Mixing (FWM) Pada Sistem Komunikasi Jarak Jauh Berbasis DWDM." *e-Proceeding of Engineering* 6(2): 3451–60.

Nurwahidah, Maria. 2021. "Analisis Jarak Jangkauan Jaringan Fiber To The Home ( FttH ) Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network ( Gpon ) Berdasarkan Link Power Budget." *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika* (September): 203–7.

Rahmadi Islam. 2018. "Fractional Calculus for Continuum Mechanics - Anisotropic Non- Locality." (3): 1–13.

Ridho, Sahid et al. 2020. "Perancangan Jaringan Fiber to the Home (FTTH) Pada Perumahan Di Daerah Urban." *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* 9(1): 94–103.

Sains, Jurnal Kolaboratif et al. 2023. "Analisis Redaman Fiber Optik Dengan Menggunakan Pemodelan Software Optisystem." 6(7): 630–39.