

Analisis dan Simulasi Performansi Teknologi *Coarse Wavelength Division Multiplexing* pada Jaringan *Fiber To The Home* Plasa Telkom Kota Banjar Patroman Menggunakan Optisystem

The Analysis and Performance Simulation of Coarse Wavelength Division Multiplexing Technology on The Fiber to The Home Network of *Plasa Telkom Kota Banjar* *Patroman* by Optisystem

Wildan Tri Wahyudi^{1,*}, Fauza Khair², Imam Muhammadi Pradono Budi³

^{1,3}Program Studi SI Teknik Telekomunikasi, ²Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi,
Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. D. I Panjaitan No. 128, Purwokerto 53116, Jawa Tengah, Indonesia

^{1,*}Penulis korespondensi: 13101112@st3telkom.ac.id

²fauza.khair@ittelkom-pwt.ac.id, ³imam@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Perkembangan dunia teknologi telekomunikasi yang sangat pesat, mengakibatkan kebutuhan manusia akan layanan komunikasi seperti video, voice, dan data semakin meningkat maka diperlukan jaringan yang dapat memberikan performansi yang lebih baik, saat ini penggunaan serat optik sebagai media transmisi digunakan pada Fiber to the home (FTTH), dan teknologi Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) yang merupakan teknologi transmisi serat optik yang mengombinasikan beberapa panjang gelombang yang berbeda dalam sebuah serat optik dengan spacing channel 20 nm. Pada penulisan skripsi ini mengambil sampel di kota Banjar Patroman, sebagai kota kecil yang sedang berkembang dalam bidang telekomunikasi dimana media transmisi yang awalnya berupa kabel tembaga diganti menjadi kabel serat optik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan teknologi CWDM apabila diimplementasikan pada FTTH dimana dibuat simulasi dengan empat daerah di kota Banjar Patroman dengan jarak yang berbeda. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software Optisystem versi 15, dan dilakukan perhitungan parameter kelayakan Link Power Budget, Rise Time Budget, dan Bit Error Rate (BER). Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan teknologi CWDM pada FTTH menghasilkan daya terima sebesar -25,76 dBm dengan BER $2,9 \times 10^{-14}$ pada jalur 1, sebesar -25,93 dBm dengan BER $7,43 \times 10^{-13}$ pada jalur 2, sebesar -26,18 dBm dengan BER $1,09 \times 10^{-11}$ pada jalur 3, dan sebesar -27 dBm dengan BER $2,14 \times 10^{-8}$ pada jalur 4. Hasil dari Rise Tme Budget sebesar 0,06708 ns untuk jalur 1, sebesar 0,0806 ns untuk jalur 2, sebesar 0,1007 ns untuk jalur 3, dan sebesar 0,1643 ns untuk jalur 4.

Kata Kunci : Serat optik, *Fiber To The Home*, *Coarse Wavelength Division Multiplexing*, Optisystem 15

Abstract

The development of telecommunications technology is very rapid, resulting in human needs for communication services such as video, voice, and data increasing, so a network that can provide better performance is needed.

Optical fiber as a transmission medium is currently used in Fiber To The Home (FTTH) and Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) technology. CWDM is a fiber optic transmission technology that combines several different wavelengths in an optical fiber with a channel spacing of 20 nm. In writing this thesis, samples were taken in Banjar Patroman City, a small city developing in telecommunications where the transmission medium, which was initially a copper cable, was replaced with a fiber optic cable. This study aims to determine the feasibility of CWDM technology when implemented in FTTH, where simulations are made with four areas in Banjar Patroman with different distances. The simulation was carried out using Optisystem software version 15, and the feasibility parameters were calculated for Link Power Budget, Rise Time Budget, and Bit Error Rate (BER). The simulation results show that the use of CWDM technology in FTTH produces a receiving power of: -25.76 dBm with a BER of 2.9×10^{-14} on line 1; 25.93 dBm with a BER of 7.43×10^{-13} on line 2; -26,18 dBm with a BER of 1.09×10^{-11} on line 3; and -27 dBm with a BER of 2.14×10^{-8} on line 4. The results from the Rise Time Budget are 0.06708 ns for line 1, 0.0806 ns for lane 2, 0.1007 ns for line 3, and 0.1643 ns for line 4.

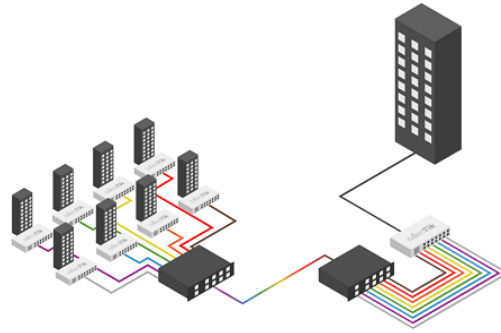
Keywords: Optical fiber, *Fiber To The Home*, *Coarse Wavelength Division Multiplexing*, Optisystem 15

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan pada dunia teknologi berpengaruh juga pada sektor telekomunikasi, dimana terdapat peralihan pada media kabel transmisi. Awalnya media transmisi ini menggunakan kabel tembaga, sekarang beralih pada penggunaan kabel serat optik. Untuk tujuan mendapatkan kecepatan transfer data yang bagus, serat optik menjadi solusi yang terus dikembangkan oleh perusahaan penyedia layanan komunikasi demi kepuasan pelanggannya[1-2]. Begitu juga dengan Plasa Telkom Kota Banjar Patroman Jawa Barat yang dalam masa peralihan media transmisi dari kabel tembaga menjadi *all fiber* untuk daerah – daerah pelosok pedesaan. Terhitung dari tahun 2017 peralihan ke serat optik ini terus dikembangkan hingga mencapai pelosok desa di Kota Banjar Patroman. Salah satu teknologi transmisi serat optik ada yang dikenal dengan teknologi *Coarse Wavelength Division Multiplexing* (CWDM), CWDM sendiri adalah suatu teknologi yang mentransmisikan beberapa panjang gelombang yang berbeda melalui serat optik tunggal. Di kota Banjar Patroman untuk pemasangan layanan internet pada pelanggan digunakan jaringan akses Fiber To The Home (FTTH), FTTH yaitu jaringan internet yang ditransmisikan menggunakan serat optik hingga sampai ke rumah pelanggan. Meninjau keunggulan teknologi CWDM tersebut, dan melihat kondisi geografis dari Kota Banjar Patroman sebagai kota kecil yang sedang berkembang pada teknologi transmisi serat optik, teknologi CWDM ini dapat diterapkan pada jaringan akses FTTH untuk kota Banjar Patroman.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan simulasi dengan menggunakan Optisystem.15 untuk merancang jaringan akses Fiber to The Home (FTTH) dengan penerapan teknologi *Coarse Wavelength Division Multiplexing* (CWDM), mengambil sampel pada empat daerah di kota Banjar Patroman yaitu Perumahan Balokang untuk jalur 1, Perumahan Banjar untuk jalur 2, Perumahan Doboku untuk jalur 3 dan Perumahan Taman Sari Indah Langensari untuk jalur 4. Dengan perbedaan jarak antara lain 3,985 KM untuk Perumahan Balokang, 4,8 KM untuk Perumahan Banjar, 6 KM untuk Perumahan Doboku dan 9,8 KM untuk Perumahan Taman Sari Indah Langensari akan diuji kelayakan dengan menghitung *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget*, serta akan meninjau kelayakan dari hasil simulasi berupa *Bit Error Rate*, *Q-factor* dan hasil simulasi dari *Link Power Budget*.

Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) merupakan suatu teknologi *wavelength division multiplexing* (WDM) yang memiliki *channel spacing* lebih lebar dibandingkan dengan teknologi DWDM. Berbeda dari teknologi WDM lainnya, teknologi CWDM ini menggunakan spektrum *band* yang lebih luas, spektrum *band* yang digunakan tidak terbatas pada satu atau dua *band* saja. Selain itu, teknologi CWDM dapat juga digunakan pada serat optik jenis *multi mode* atau *single mode* walaupun teknologi CWDM memiliki jarak jangkauan sinyal yang lebih pendek dibandingkan dengan teknologi DWDM [3]. Teknologi CWDM diimplementasikan sebagai pengembangan *transport* data pada proses transmisi untuk mempercepat transfer data dan meningkatkan *bandwidth* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Konfigurasi CWDM Secara Umum

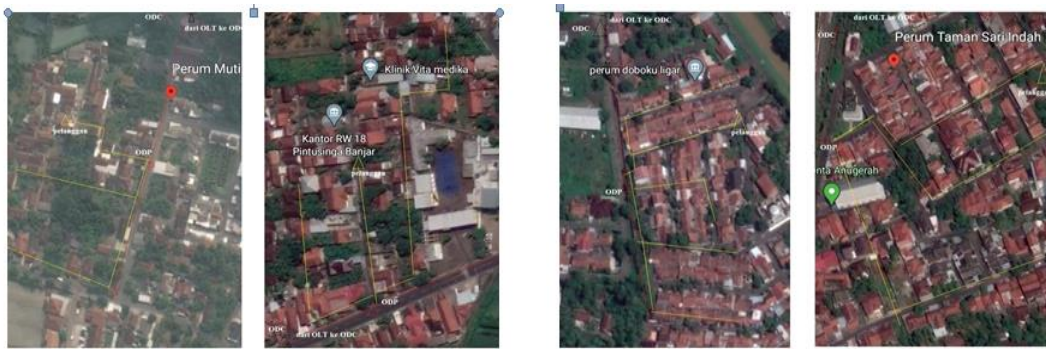
Pada dasarnya, sistem *CWDM* merupakan sekumpulan *transmitter* sebagai sumber optik yang memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Panjang gelombang yang berbeda-beda ini merupakan bentuk sinyal dari berbagai *service* yang akan disalurkan melalui serat optik. Sebelum disalurkan ke dalam serat optik, sinyal ini mengalami proses *multiplexing* di *transmitter*. Kemudian, pada sisi *receiver*, sinyal tersebut *demultiplexing* kembali dan dipisahkan berdasarkan panjang gelombangnya masing-masing. Teknologi *CWDM* berkembang dari keterbatasan pada sistem transmisi serat optik yang ada, dimana pertumbuhan trafik pada sejumlah *backbone* meningkat sangat pesat sehingga kapasitas *bandwidth* yang tersedia tidak mampu lagi mengakomodasi lonjakan trafik tersebut. Hal ini menjadi dasar pemikiran untuk memanfaatkan jaringan yang ada dibandingkan membangun jaringan baru yang tentunya akan menghabiskan biaya yang sangat besar. Selain itu, *CWDM* dapat diintegrasikan pada jaringan *transport* yang ada, termasuk *Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*. Oleh karena itu, teknologi *CWDM* yang beroperasi dalam sinyal dan domain optik memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan kapasitas transmisi yang besar dalam suatu jaringan.

Fiber To The Home (FTTH) didefinisikan sebagai arsitektur jaringan kabel serat optik yang dibuat hingga sampai ke rumah – rumah atau ruangan dimana terminal berada. Teknologi ini sepenuhnya jaringan optik dari penyedia layanan ke pengguna. Pada FTTH sistem transmisi sinyal optik dari penyedia layanan (provider) ke pengguna dengan penghantar yang digunakan berupa serat optik. Perkembangan teknologi ini berkaitan dengan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan pada penggunaan kabel tembaga. Perkembangan teknologi ini di dorong dengan adanya layanan yang di kenal sebagai istilah Triple Play Services yaitu sebuah layanan dimana pelanggan dapat mengakses internet dengan cepat, suara (jaringan telepon, PSTN) dan video (TV Kabel) dalam satu infrastruktur. Infrastruktur jaringan FTTH secara umum dari sisi transmitter (Optical Line Terminal /OLT) hingga receiver (Optical Network Unit/ONU) [4].

Penelitian –penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Arlita Guskarini dengan judul jurnal “Analisis Implementasi Perangkat Untuk Jaringan Akses *Fiber To The Home (FTTH)* Menggunakan Teknologi *Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM)* Studi Kasus Di Rumah Kos Sukabirus”[1]. Selain itu juga penelitian yang dilakukan oleh Satrio Arief Wibowo dengan judul “Analisis Pengujian Implementasi Perangkat *Fiber To The Home (FTTH)* Dengan Optisystem Pada *LINK STO Cijawura Ke Batununggal Regency Cluster Permai*”[2]. Serta penelitian dari Fikri Haikal dengan judul “Analisis Performansi Teknologi *CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)* Pada Jaringan *ODC (Optical Distribution Cabinet) STO-Cijaura Menggunakan Optisystem* [3]. Pembahasan utama dari ketiga jurnal tersebut adalah mengenai transmisi kabel optik dengan jaringan akses FTTH. Fokus pada teknologi CWDM, CWDM merupakan teknologi yang dapat menjadi solusi akan kebutuhan jaringan akses untuk di daerah perkotaan atau metropolitan. Teknologi CWDM sesuai untuk wilayah metro (<80km) karena biaya yang lebih rendah untuk meningkatkan kapasitas hingga 18 saluran. dengan bahasan mengenai transmisi serat optik menggunakan teknologi CWDM yang diterapkan pada jaringan FTTH akan diukur dengan pengukuran parameter kelayakan diantaranya *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, dan *Bit Error Rate (BER)*. Pada ketiga jurnal ini didapat parameter kelayakan diantaranya hasil *Link Power Budget* yang berada diatas *level sensitivity* penerima yaitu -28 dBm, nilai *Rise Time Budget* berada dibawah nilai waktu pengkodean NRZ sebesar 0.28 ns, dan hasil BER yang lebih kecil dari 10^{-9} .

II. METODE PENELITIAN

Langkah pertama meliputi pengambilan data yang dilakukan dengan cara pengambilan data lapangan di Plasa Telkom Banjar Patroman. Meninjau kondisi geografis kota Banjar Patroman yang memiliki luas wilayah 131,97 KM² dan kepadatan penduduk sebanyak 182,819 jiwa, untuk mendapatkan layanan internet di kota Banjar Patroman terpusat di perusahaan Plasa Telkom, yang terletak di jalan Jl, Perintis Kemerdekaan No. 9, Kota Banjar. Perumahan – perumahan di kota Banjar Patroman menjadi salah satu pasar Plasa Telkom untuk jasa pemasangan internet menggunakan serat optic seperti digambarkan pada Gambar 2. Pada penelitian ini menentukan CWDM sebagai teknologi untuk transmisi kabel serat optik, sesuai standar ITU-T G.694.2 dan G.652 tahun 2003 CWDM memiliki 18 panjang gelombang dengan *spacing channel* 20 nm[5-6].



Gambar 2 Peta sampel beberapa lokasi wilayah penelitian

Perhitungan kinerja transmisi jaringan dilihat salah satunya dari nilai *Link Power Budget*. *Link Power Budget* merupakan parameter yang memastikan *link* yang telah dirancang memiliki daya yang diterima tidak melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Tidak kurang dari level daya minimal sesuai dengan parameter daya yang telah distandarisasi oleh ITU-T dengan nilai maksimal yaitu sebesar 28 dB. Untuk melakukan perhitungan redaman total sistem α_{total} (dB) dapat dilakukan menggunakan rumus [7-8] :

$$\alpha_{total} = L \cdot \alpha_{serat} + N_c \cdot \alpha_c + N_s \cdot \alpha_s + \alpha \cdot S_p \quad (1)$$

Untuk menghitung nilai daya terima dan margin daya dapat dihitung dengan rumus :

$$P_{rx} = P_{tx} + \alpha_{total} + SM \quad (2)$$

$$M = (P_{tx} - P_r) - \alpha_{total} - SM \quad (3)$$

dengan: Panjang serat optik L , redaman serat optik α_{serat} (dB/Km), jumlah konektor N_c , redaman konektor α_c (dB/buah), jumlah sambungan N_s , redaman sambungan α_s , daya keluaran sumber optik P_t (dBm), sensitivitas daya detector P_r (dBm), *safety margin* SM (berkisar 6-8 dB), dan redaman *splitter* S_p (dB).

Perhitungan *Rise Time Budget* merupakan metode untuk menentukan keterbatasan akibat pengaruh dispersi pada saluran transmisi bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi bit rate transmisi yang diinginkan. Pada umumnya, total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70% dari satu periode bit NRZ (*Non-Return-to-Zero*) atau tidak melebihi 35% dari satu periode bit untuk data RZ (*Return-to-Zero*). Untuk melakukan perhitungan *Rise Time Budget* dapat menggunakan rumus [7-8] :

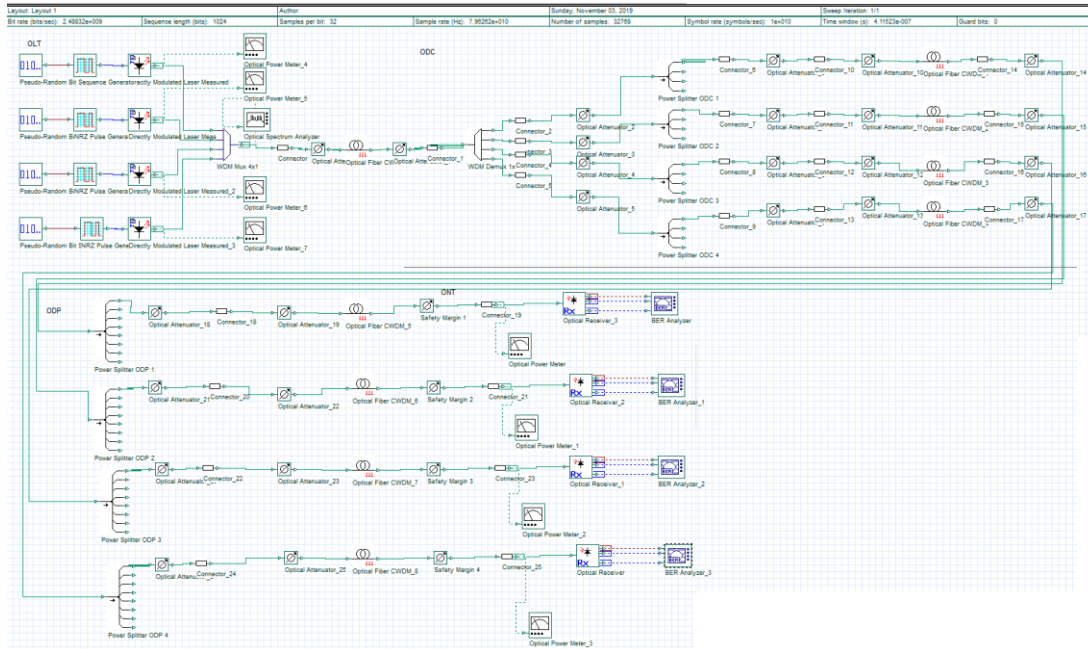
$$t_{system} = (ttx^2 + tmat^2 + tmod^2 + trx^2)^{1/2} \quad (4)$$

dengan: Rise time budget t_{system} (ns), rise time transmitter ttx (ns), serat *single mode* $ttx = 0$, rise time receiver trx (ns).

Bit Error Rate (BER) merupakan sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya. Pada serat optik, redaman total komponen harus kecil agar daya yang mencapai detektor cahaya dapat dideteksi. Untuk sistem digital, kualitas sistem dinyatakan dengan BER. Maka sensitivitas daya sistem harus memenuhi persyaratan sistem BER, pada serat optik dibutuhkan nilai BER sebesar 10^{-9} . Sedangkan standar untuk Q-factor minimum adalah bernilai 6[9-10].

Penelitian ini mengambil empat panjang gelombang CWDM yaitu 1551 nm, 1571 nm, 1591 nm dan 1611 nm. Jaringan akses yang digunakan adalah jaringan akses FTTH, yaitu adalah sebuah jaringan akses yang mentransmisikan data melalui kabel serat optik hingga mencapai rumah pelanggan, urutan jaringan FTTH diawali dari OLT (Optical Line Terminal) dalam studi kasus ini adalah Plasa Telkom Banjar Patroman, dilanjutkan ke ODC (Optical Distribution Cabinet). Pada perancangan simulasi dibuat empat sampel ODC yaitu ODC-FAH pada jalur 1, ODC-FAK pada jalur 2, ODC-FEH pada jalur 3 dan ODC-FEG pada jalur 4. Dari ODC akan dilanjutkan pada ODP (*Optical Distribution Point*) dan terakhir akan dilanjutkan ke ONT (*Optical Network Terminal*) atau ONU (*Optical Network Unit*) di rumah pelanggan. Perancangan *Fiber To The Home* (FTTH) dengan teknologi *Coarse Wavelength Division Multiplexing* (CWDM) ini, akan mentransmisikan data ke beberapa panjang gelombang yang berbeda pada *Multiplexer*. Data yang dibagi kedalam panjang gelombang yang berbeda tersebut akan digabungkan kembali disisi *Demultiplexer*. Simulasi akan dilakukan dengan Optisystem versi 15, rangkaian FTTH – CWDM dimasukkan ke *software* simulasi Optisystem dengan urutan blok OLT, blok CWDM, blok ODC, blok ODP dan blok ONT/ONU. Parameter yang diamati yaitu *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Q-factor* dan *Bit Error Rate*, dimana akan dilakukan perhitungan *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget*, serta hasil simulasi berupa *Q-factor*, *Bit Error Rate* dan selain dari hasil perhitungan *Link Power Budget* didapatkan nilai dari hasil simulasi. Pada tahap selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan analisis dari hasil simulasi yang terkait dengan tujuan penelitian.

Perancangan simulasi pada Optisystem dapat dilihat pada Gambar 3, dimana dari blok OLT terhubung ke blok CWDM dengan komponen WDM MUX 4:1 dan WDM DEMUX 4:1 dimana pada blok CWDM ini data akan dibagi ke beberapa panjang gelombang pada WDM MUX 4:1 dan akan di satukan kembali disisi WDM DEMUX 4:1. Dilanjutkan ke blok ODC dengan *splitter* 1:4 dengan redaman 7,25 dB lalu ke blok ODP dengan *splitter* 1:8 dengan redaman 10,38 dB terakhir dilanjutkan ke blok ONT/ONU. Tabel 1 menunjukkan nilai pembentuk jaringan pada simulasi untuk melakukan perhitungan *Link Power Budget*.



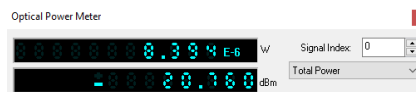
Gambar 3 Rangkaian Simulasi

Tabel 1 Parameter *Link Power Budget*

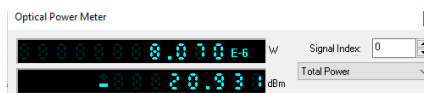
No.	Parameter	Nilai
1	Daya Keluaran Sumber optik (Ptx)	1,5 dBm
2	Bit Rate	2,48832 Gbps
3	Panjang (L) Jalur 1	3,985 KM
	Panjang (L) Jalur 2	4,8 KM
	Panjang (L) Jalur 3	6 KM
	Panjang (L) Jalur 4	9,8 KM
4	Redaman Konektor	0,25 dB
5	Redaman Attenuator	0,1 dB
6	Jumlah Konektor	8 pcs
7	Jumlah Attenuator	8 pcs
8	Splitter 1:4	7,25 dB
9	Splitter 1:8	10,38 dB

III. PEMBAHASAN

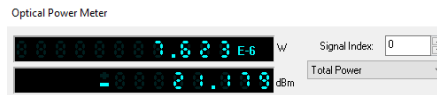
Berdasarkan hasil simulasi rangkaian FTTH dengan teknologi CWDM maka didapat *output* berupa daya terima (P_{RX}) pada OPM (*Optical Power Meter*), dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 4 Hasil OPM 1



Gambar 5 Hasil OPM 2



Gambar 6 Hasil OPM 3



Gambar 7 Hasil OPM 4

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan 1, 2, dan 3 menghasilkan data daya terima dan redaman total. Selain hasil dari perhitungan, diperoleh hasil nilai dari simulasi untuk data daya terima dan redaman total seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Simulasi *Link Power Budget*

Jalur	Hasil Simulasi Redaman Total (<i>atotal</i>)	Hasil Simulasi Daya Terima (PRX)
Jalur 1	22,26 dBm	-20,76 dBm
Jalur 2	22,437 dBm	-20,931 dBm
Jalur 3	22,679 dBm	-21,179 dBm
Jalur 4	23,718 dBm	-22,219 dBm
Standar nilai	< 28 dBm	-28 dBm

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Link Power Budget*

Jalur	Perhitungan Redaman Total (<i>atotal</i>)	Perhitungan Daya Terima (PRX)
Jalur 1	27,26 dBm	-25,76 dBm
Jalur 2	27,43 dBm	-25,93 dBm
Jalur 3	27,68 dBm	-26,18 dBm
Jalur 4	28,5 dBm	-27 dBm
Standar nilai	< 28 dBm	-28 dBm

Berdasarkan tabel hasil perhitungan dan hasil dari simulasi yang diperoleh adanya selisih nilai sebesar 5 dBm untuk redaman total dan -5 dBm untuk daya terima (PRX). Redaman total hasil dari simulasi didapatkan kelayakan pada semua jalur karena memenuhi nilai standar 28 dBm. Sedangkan redaman total hasil perhitungan didapatkan kelayakan pada jalur 1, jalur 2 dan jalur 3. Untuk jalur 4 tidak memenuhi kelayakan karena melebihi nilai standar 28 dBm. Hasil daya terima (PRX) pada hasil simulasi dan hasil perhitungan diperoleh kelayakan pada setiap jalur karena telah memenuhi standar -28 dBm. Dapat disimpulkan hasil dari simulasi seluruh jalurnya memenuhi kelayakan, sedangkan pada hasil perhitungan kelayakan diperoleh pada jalur 1, jalur 2 dan jalur 3. Untuk jalur 4 tidak memenuhi kelayakan pada redaman total (*atotal*) sebesar 28,5 dBm namun memenuhi pada daya terima (PRX) sebesar -27 dBm.

Perhitungan Rise Time Budget dapat dilakukan menggunakan rumus persamaan 4. Parameter yang diperlukan untuk melakukan perhitungan Rise Time Budget dapat dilihat pada Tabel 4 dan hasilnya pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 kelayakan sistem untuk Rise Time Budget, pengkodean NRZ dapat dilakukan dengan $t_{system} < 70\%$. Maka pengkodean NRZ ini diperoleh sebesar 0,28 ns. Meninjau pada hasil perhitungan *Rise Time Budget* didapat hasil pada jalur 1 dihasilkan 0,2518 ns < 0,28 ns jalur 1 memenuhi kelayakan, untuk jalur 2 dihasilkan 0,2561 ns < 0,28 ns, dan jalur 3 dihasilkan 0,2636 ns < 0,28 ns maka pada jalur 1, jalur 2 dan jalur 3 memenuhi kelayakan karena tidak melebihi 0,28 ns. Sedangkan untuk jalur 4 mendapatkan hasil perhitungan sebesar 0,2963 ns yang berarti pada perhitungan jalur 4 tidak memenuhi kelayakan karena melebihi dari pengkodean NRZ yaitu 0,28 ns.

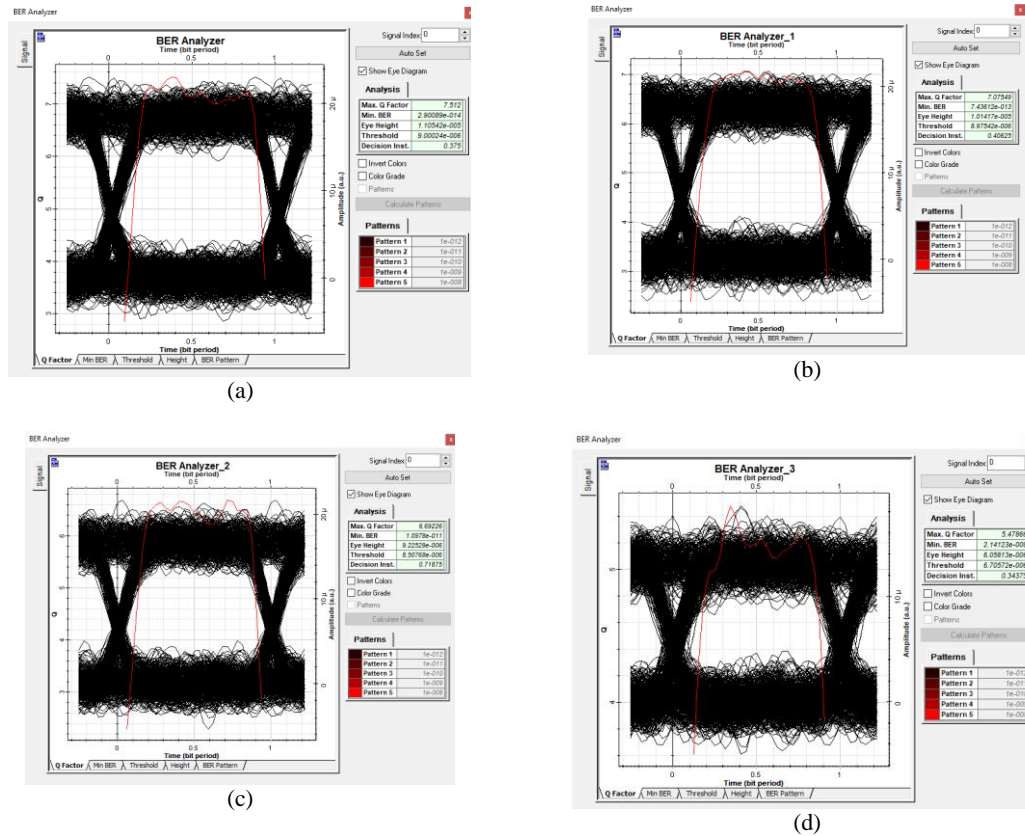
Tabel 4 Parameter *Rise Time Budget*

Parameter	Nilai
Panjang Gelombang	1551 nm
Lebar Spektrum	1 nm
Rise Time Transmitter	0,15 ns
Rise Time Receiver	0,19 ns
Dispresi Material 1551	0,01746 ns/nm.km
Bit Rate	2.48832 Gbps
Pengkodean NRZ	0.28 ns

Tabel 5 Hasil Perhitungan *Rise Time Budget*

RISE TIME BUDGET	
tr (NRZ)	0,28 ns
t _{system} (jalur 1)	0,2518 ns
t _{system} (jalur 2)	0,2561 ns
t _{system} (jalur 3)	0,2636 ns
t _{system} (jalur 4)	0,2963 ns

Nilai *Bit Error Rate* dan *Q Factor* diperoleh dari hasil simulasi, dan dapat dilihat pada *BER analyzer* seperti pada gambar 8.



Gambar 8 BER Analyzer: (a). Jalur 1, (b). Jalur 2, (c). Jalur 3, dan (d). Jalur 4

Tabel 6. Hasil *Bit Error Rate* (BER) Dan *Q-Factor*

	Nilai BER	Q factor
Standar	10^{-9}	6
Jalur 1	$2,90089 \times 10^{-14}$	7,512
Jalur 2	$7,43612 \times 10^{-13}$	7,07549
Jalur 3	$1,0978 \times 10^{-11}$	6,69226
Jalur 4	$2,14123 \times 10^{-8}$	5,47866

Nilai BER didapatkan dari hasil pengukuran simulasi. Pengukuran yang telah dilakukan mendapatkan hasil seperti pada Tabel 6. Berdasarkan hasil Min. BER dan Q -factor yang dihasilkan simulasi rancangan pada jalur 1, jalur 2 dan jalur 3 memenuhi kelayakan karena masih memenuhi standar Min. BER dan Q -factor, dimana nilai standar BER adalah 10^{-9} dan nilai standar Q -factor adalah 6. Sedangkan untuk jalur 4 karena nilai yang dihasilkan sebesar $2,14123 \times 10^{-8}$ untuk Min. BER, dan 5,47866 untuk Q -factor dapat dikatakan hasil tersebut tidak memenuhi standar.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh nilai *Bit Error Rate* (BER) sebesar $2,90089 \times 10^{-14}$ dan Q -factor sebesar 7,512 pada jalur 1. Nilai BER sebesar $7,43612 \times 10^{-13}$ dan Q -factor sebesar 7,07549 pada jalur 2. Nilai BER sebesar $1,0978 \times 10^{-11}$ dengan Q -factor sebesar 6,69226 pada jalur 3. Nilai BER sebesar $2,14123 \times 10^{-8}$ dan Q -factor sebesar 5,47866. Dapat disimpulkan rancangan pada jalur 1 sampai jalur 3 memenuhi kelayakan karena masih memenuhi standar Min. BER dan Q -factor, dimana nilai standar BER adalah 10^{-9} dan nilai standar Q -factor adalah 6. Sedangkan untuk jalur 4 karena nilai yang dihasilkan sebesar $2,14123 \times 10^{-8}$ untuk Min. BER, dan 5,47866 untuk Q -factor dapat dikatakan hasil tersebut tidak memenuhi standar. Berdasarkan hasil simulasi *Link Power Budget* diperoleh nilai daya terima (P_{RX}) sebesar -20,76 dBm sedangkan hasil perhitungan P_{RX} diperoleh nilai sebesar -25,76 dBm untuk jalur 1. Hasil simulasi P_{RX} pada jalur 2 diperoleh nilai sebesar -20,931 dBm dan hasil perhitungannya sebesar -25,93 dBm. Untuk hasil simulasi P_{RX} pada jalur 3 diperoleh nilai sebesar -21,179 dBm dan hasil perhitungannya sebesar -26,18dBm. Selanjutnya hasil simulasi P_{RX} pada jalur 4 diperoleh nilai sebesar -22,218 dBm dan hasil perhitungannya sebesar -27dBm. Maka dapat disimpulkan hasil P_{RX} memenuhi kelayakan karena berada di standar nilai -28 dBm. Berdasarkan hasil perhitungan *Rise Time Budget* diperoleh nilai pada jalur 1 sebesar 0,2518 ns, untuk jalur 2 diperoleh nilai sebesar 0,2561 ns, dan jalur 3 diperoleh nilai sebesar 0,2636 ns, maka pada jalur 1 sampai jalur 3 memenuhi kelayakan karena tidak melebihi 0,28 ns. Sedangkan untuk jalur 4 diperoleh hasil perhitungan sebesar 0,2963 ns yang berarti pada perhitungan jalur 4 tidak memenuhi kelayakan karena melebihi dari pengkodean NRZ yaitu 0,28 ns.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Guskarini, "Analisis Implementasi Perangkat Untuk Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) Studi Kasus Di Rumah Kos Sukabirus," *Bandung Univ. Telkom*, 2014.
- [2] S. A. Wibowo, "Analisis Pengujian Implementasi Perangkat Fiber To The Home (FTTH) Dengan Optisystem Pada Link STO Cijawura ke Batununggal Regency Cluster Permai," *Bandung Univ. Telkom*, 2015.
- [3] F. Haikal, "Analisis Performansi Teknologi CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) Pada Jaringan ODC (Optical Distribution Cabinet) STO-Cijaura Menggunakan Optisystem," *Bandung Univ. Telkom*, 2014.
- [4] J.A. K. Putri, "Analisis Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM)," *Purwokerto Inst. Teknol. Telemat. Telkom Purwokerto*, 2017.
- [5] ITU-T G.694.2, "Spectral Grids For WDM Applicatios: CWDM Wavelength Grid," *ITU-T. ITU-T*, 2003.
- [6] ITU-T G.652, "Characteristics of a Single-mode Optical Fibre and Cable," *ITU-T. ITU - T*, 2016.
- [7] Firdaus, "Performansi Jaringan Fiber Optik Dari Sentral Office Hingga Ke Pelanggan Di Yogyakarta," *Yogyakarta Univ. Islam Indones.*, 2016.
- [8] M. Rahmansyah, "Analisis Optical Power Budget Dan Rise Time Budget Pada Jaringan Fiber To The Home Berbasis Passive Optical Network," *Surabaya Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2017.
- [9] Rahmania, "Analisis Power Budget Jaringan Komunikasi Serat Optik Di PT. Telkom Akses Makassar," *Makassar Univ. Muhammadiyah Makassar*, 2019.
- [10] S. T. C. Widiyanto, "Simulasi dan Analisis Jaringan Fiber To The X (FTTX) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) (Studi Kasus Pada Purwokerto Timur)," *Purwokerto Sekol. Tinggi Teknol. Telemat. Telkom Purwokerto*, 2017.