

**DESAIN DAN ANALISIS JARINGAN FIBER TO THE BUILDING
(FTTB) DI GRAHA REKTORAT UM**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN DAN ANALISIS JARINGAN FIBER TO THE BUILDING
(FTTB) DI GRAHA REKTORAT UM

SKRIPSI
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 27 Juli 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dosen Pembimbing

Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPM
NIP. 19730520 200801 1 013

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.
NIP. 195807281987011001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 26 Juli 2018

Mahasiswa,

Arum Kusuma Sakti
NIM. 145060301111072



RIWAYAT HIDUP

Arum Kusuma Sakti, Trenggalek, 30 September 1995 anak dari ayah Suparlan dan Ibu Nanik Yunaeri, SD sampai SMA di kabupaten Trenggalek lulus SMA tahun 2014, lulus program sarjana teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2018.

Malang . Juli 2018

Penulis



Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Ayah, ibu dan kakak.

Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta, atas dorongan yang kuat, kebijaksanaan dan do'a.

Malang, Juli 2018

Penulis





RINGKASAN

Arum Kusuma Sakti, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Desain dan Analisis Jaringan Fiber To The Building (FTTB) di Graha Rektorat UM*, Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.

Gedung Graha Rektorat UM adalah gedung yang terdiri dari 9 lantai, dimana gedung ini banyak digunakan oleh mahasiswa untuk keperluan tertentu dan pusat pelayanan mahasiswa dari berbagai fakultas dan jurusan.

Masalah dalam layanan akses yang cepat salah satunya adalah kapasitas *bandwidth*. Salah satu media transmisi yang dapat mengatasi masalah kecepatan akses adalah menggunakan serat optik. Karena serat optik memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar. Jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) merupakan solusi dari permasalahan kecepatan akses karena jaringan ini memiliki *bandwidth* yang lebar serta dapat memenuhi layanan *triple play*, seperti suara, video, dan data.

Desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) pada Graha Rektorat UM menggunakan *software Optisystem* 7.0 serta dilakukan analisis terhadap desain yang telah dibuat. Hasil dari desain jaringan FTTB akan dianalisis mengenai performansi desain jaringan ini yang meliputi *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, dan *SNR*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *BER* berbanding lurus terhadap jarak, nilai *SNR* berbanding terbalik terhadap jarak, nilai daya total lebih besar dari total redaman, dan nilai maksimum rise time masih dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan.

Kata Kunci: FTTB, *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, *SNR*, Optisystem

SUMMARY

Arum Kusuma Sakti, *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, July 2018, Design and Analysis of Fiber To The Building (FTTB) Network at Graha Rektorat UM, Academic Supervisor: Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.*

Graha Rektorat UM building is a 9 storeys building, here mostly students attend for certain purposes and there is some student service centers of various faculties and majors.

Problems in fast access services one of which is bandwidth capacity. One of the transmission media that can overcome the problem of access speed is using optical fiber. Because fiber optics have large bandwidth capacity. With these conditions, it takes a network with a higher speed. Fiber To The Building (FTTB) network is a very strategic solution because this network has a wide bandwidth. It also supports triple play services, such as voice, video, and data.

The design of Fiber To The Building (FTTB) network at Graha Rektorat UM uses Optisystem 7.0 software and analyzed the design that has been made. The results of FTTH network design will be analyzed on the design performance of this network which includes Link Power Budget, Link Rise Time Budget, BER, and SNR.. The results showed that the value of BER is directly proportional to the distance, the SNR value is inversely proportional to the distance, the total power is greater than the total attenuation, and the maximum rise time value is still lower than the maximum value applied.

Keywords: FTTB, *Link Power Budget, Link Rise Time Budget, BER, SNR, Optisystem*

PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain dan Analisis Jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM” yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Tidak lupa pula shalawat serta salam selalu penulis sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju ke jalan yang terang.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Bapak, Ibu, Kakak, dan seluruh keluarga besar tercinta, Bapak Suparlan, Ibu Nanik Yunaeri, serta Kakak Gini Pranila Kanus Yunaeri dan semua keluarga besarku. Terima kasih untuk dukungan dan doa yang tak pernah putus yang diberikan.
2. Bapak Ir. Hadi Suyono.,S.T.,M.T.,Ph.D.,IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ali Mustofa.,S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro.
5. Ibu Ruṣmi Ambarwati,S.T., M.T. selaku KKDK konsentrasi telekomunikasi yang banyak memberikan pengarahan dalam hal akademik dan penulisan skripsi.
6. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak waktu dan tenaganya untuk membimbing dari awal, memberikan saran, nasehat-nasehat, dan pelajaran
7. Bapak Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T. selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan pengarahan serta bimbingan akademik.
9. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
10. Teman-teman DIODA 2014 atas segala bantuan dan kebersamaan yang telah diberikan selama masa studi.
11. Teman-teman konsentrasi Teknik Telekomunikasi Universitas Brawijaya, terutama Muthia Rahma yang telah memberi penulis banyak informasi dan bantuan terkait skripsi penulis.
12. Teman dekat penulis, Ayoga Diar Anarki yang tiada hentinya memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dorongan semangat, dan bantuan kepada penulis.
13. Teman-teman penulis (Charina Mustika, Benti Nor S) yang tiada henti memberikan semangat dan perhatian kepada penulis.

14. Dan untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan dengan kajian dibidang telekomunikasi.

Malang, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|------------------------------------------------------------------|---------|
| PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR..... | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 2 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II DASAR TEORI..... | 5 |
| 2.1 Jaringan Lokal Akses Fiber (Jarlokaf)..... | 5 |
| 2.1.1 Jenis Kabel Serat Optik | 6 |
| 2.2 <i>Pasive Optical Network</i> (PON)..... | 7 |
| 2.3 <i>Gigabit Passive Optical Network</i> | 8 |
| 2.3.1 Arsitektur GPON | 9 |
| 2.4 Arsitektur Jaringan Lokal Akses Serat Optik (Jarlokaf) | 9 |
| 2.5 Konfigurasi Kabel Feeder untuk Desain FTTX | 11 |
| 2.6 <i>Optical Line Terminal</i> (OLT)..... | 13 |
| 2.7 <i>Optical Network Unit</i> (ONU) | 13 |
| 2.8 <i>Optical Distribution Network</i> (ODN)..... | 14 |
| 2.9 <i>Optical Distribution Frame</i> (ODF) | 15 |
| 2.10 <i>Optical Distribution Cabinet</i> (ODC)..... | 15 |
| 2.11 Layanan <i>Triple Play</i> | 17 |
| 2.12 Parameter Performansi Sistem | 18 |
| 2.12.1 <i>Link Power Budget</i> | 18 |
| 2.12.2 <i>Link Rise Time Budged</i> | 19 |
| 2.12.3 <i>Bit Error Rate</i> (BER) | 20 |
| 2.12.4 <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) | 20 |
| 2.13 <i>Software OpticSystem</i> 7.0..... | 20 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| BAB III METODE PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Jenis dan Cara Pengambilan Data | 23 |
| 3.1.1 Data Primer..... | 23 |
| 3.1.2 Data Sekunder..... | 24 |
| 3.2 Variabel dan Cara Analisis Data | 24 |
| 3.2.1 Variabel Data..... | 24 |
| 3.2.2 Cara Analisis Data | 24 |
| 3.3 Kerangka Solusi Permasalahan | 25 |
| 3.3.1 Data Primer..... | 25 |
| 3.3.2 Data Sekunder..... | 25 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 Desain Jaringan <i>Fiber To The Building</i> di Graha Rektorat UM | 29 |
| 4.1.1 <i>Connector</i> | 31 |
| 4.1.2 <i>Splitter</i> | 32 |
| 4.1.3 WDM <i>Coupler</i> | 32 |
| 4.1.4 <i>Optical Transmitter</i> | 32 |
| 4.1.5 BER <i>Analyzer</i> | 32 |
| 4.1.6 <i>Optical Power Meter</i> | 33 |
| 4.1.7 <i>Optical Fiber</i> | 33 |
| 4.2 Perhitungan <i>Link Power Budget</i> | 35 |
| 4.2.1 <i>Link Power Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm | 35 |
| 4.2.2 <i>Link Power Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm | 42 |
| 4.3 Perhitungan <i>Link Rise Time Budget</i> | 49 |
| 4.3.1 <i>Link Rise Time Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm..... | 50 |
| 4.3.2 <i>Link Rise Time Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm..... | 54 |
| 4.4 Desain Jaringan <i>Fiber To The Building</i> (FTTB) di Graha Rektorat UM | 58 |
| 4.4.1 Desain Jaringan FTTB dengan <i>Optisystem 7.0</i> | 58 |
| 4.4.2 Hasil Variasi Jarak ODP..... | 62 |
| BAB V PENUTUP | 93 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 93 |
| 5.2 Saran | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA | 95 |

DAFTAR TABEL

| No. | Judul | Halaman |
|-----|--------------------------------------------------------|---------|
| | Tabel 2.1 Perbandingan Karakteristik Serat Optik | 7 |
| | Tabel 2.2 Standar dari Teknologi GPON..... | 8 |
| | Tabel 4.1 Tabel redaman <i>splitter</i> | 32 |
| | Tabel 4.2 perhitungan jumlah data rate..... | 34 |
| | Tabel 4.3 Spesifikasi komponen yang digunakan..... | 34 |





DAFTAR GAMBAR

| No. | Judul | Halaman |
|------------|------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1 | Konfigurasi Dasar DLC | 5 |
| Gambar 2.2 | Konfigurasi AON/PON..... | 6 |
| Gambar 2.3 | Serat Optik <i>single-mode</i> dan <i>multi-mode</i> | 7 |
| Gambar 2.4 | Arsitektur : a) TDM- PON b) WDM-PON | 8 |
| Gambar 2.5 | Arsitektur GPON..... | 9 |
| Gambar 2.6 | Konfigurasi FTTB | 10 |
| Gambar 2.7 | Konfigurasi FTTC..... | 11 |



| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.8 Konfigurasi FTTH..... | 11 |
| Gambar 2.9 Konfigurasi Ring..... | 12 |
| Gambar 2.10 Konfigurasi Star | 12 |
| Gambar 2.11 Konfigurasi Buss..... | 12 |
| Gambar 2.12 Blok Diagram OLT | 13 |
| Gambar 2.13 Blok Diagram ONU | 14 |
| Gambar 2.14 Sistem Kerja ODN | 15 |
| Gambar 2.15 <i>Optical Distribution Frame</i> (ODF)..... | 15 |
| Gambar 2.16 <i>Optical Distribution Cabinet</i> (ODC) | 16 |
| Gambar 2.17 Software Simulasi OpticSystem..... | 20 |
| Gambar 3.1 Diagram alir tahapan kajian | 23 |
| Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> diagram alir data primer | 25 |
| Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> kerangka solusi permasalahan optimasi desain jaringan | 26 |
| Gambar 4.1 desain OLT <i>downstream</i> | 29 |
| Gambar 4.2 desain OLT <i>upstream</i> | 29 |
| Gambar 4.3 desain ODC <i>downstream</i> | 30 |
| Gambar 4.4 desain ODC <i>upstream</i> | 30 |
| Gambar 4.5 desain ODP <i>downstream</i> | 30 |
| Gambar 4.6 desain ODP <i>upstream</i> | 30 |
| Gambar 4.7 desain ONT <i>downstream</i> | 31 |
| Gambar 4.8 desain ONT <i>upstream</i> | 31 |
| Gambar 4.9 Komponen konektor..... | 31 |
| Gambar 4.10 Komponen <i>Optical Transmitter</i> | 32 |
| Gambar 4.11 Komponen <i>BER Analyzer</i> | 33 |
| Gambar 4.12 Komponen <i>Optical Power Meter</i> | 33 |
| Gambar 4.13 Komponen <i>Optical Fiber</i> | 34 |
| Gambar 4.14 <i>Link Power Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm <i>upstream</i> | 36 |
| Gambar 4.15 rugi serat optik | 36 |
| Gambar 4.16 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT | 37 |
| Gambar 4.17 Jumlah splicing | 37 |
| Gambar 4.18 Rugi konektor..... | 37 |
| Gambar 4.19 Rugi splitter 1:16..... | 38 |
| Gambar 4.20 Rugi splitter 1:2..... | 38 |
| Gambar 4.21 Rugi WDM coupler..... | 38 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.22 rugi serat optik | 39 |
| Gambar 4.23 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT | 40 |
| Gambar 4.24 Jumlah splicing | 40 |
| Gambar 4.25 Rugi konektor..... | 40 |
| Gambar 4.26 Rugi splitter 1:16..... | 41 |
| Gambar 4.27 Rugi splitter 1:2..... | 41 |
| Gambar 4.28 Rugi WDM coupler..... | 41 |
| Gambar 4.29 <i>Link Power Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm <i>downstream</i> | 43 |
| Gambar 4.30 rugi serat optik | 43 |
| Gambar 4.31 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT | 44 |
| Gambar 4.32 Jumlah splicing | 44 |
| Gambar 4.33 Rugi konektor..... | 45 |
| Gambar 4.34 Rugi splitter 1:16..... | 45 |
| Gambar 4.35 Rugi splitter 1:2..... | 45 |
| Gambar 4.36 Rugi WDM coupler..... | 46 |
| Gambar 4.37 rugi serat optik | 47 |
| Gambar 4.38 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT | 47 |
| Gambar 4.39 Jumlah splicing | 47 |
| Gambar 4.40 Rugi konektor..... | 48 |
| Gambar 4.41 Rugi splitter 1:16..... | 48 |
| Gambar 4.42 Rugi splitter 1:2..... | 48 |
| Gambar 4.43 Rugi WDM coupler..... | 49 |
| Gambar 4.44 <i>Link Rise Time Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm <i>upstream</i> | 50 |
| Gambar 4.45 <i>Link Rise Time Budget</i> pada panjang gelombang 1550 nm | 54 |
| Gambar 4.46 jarak OLT dengan ODP | 59 |
| Gambar 4.47 Desain jaringan FTTB <i>downstream</i> | 60 |
| Gambar 4.48 desain jaringan FTTB <i>upstream</i> | 61 |
| Gambar 4.49 jarak 1,004 km <i>downstream</i> | 62 |
| Gambar 4.50 <i>optical power meter</i> | 63 |
| Gambar 4.51 <i>signal power</i> | 63 |
| Gambar 4.52 <i>noise power</i> | 63 |
| Gambar 4.53 jarak 1,008 km <i>downstream</i> | 64 |
| Gambar 4.54 <i>optical power meter</i> | 65 |

| | |
|----------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.55 <i>signal power</i> | 65 |
| Gambar 4.56 <i>noise power</i> | 65 |
| Gambar 4.57 jarak 1,012 km <i>downstream</i> | 66 |
| Gambar 4.58 <i>optical power meter</i> | 66 |
| Gambar 4.59 <i>signal power</i> | 67 |
| Gambar 4.60 <i>noise power</i> | 67 |
| Gambar 4.61 jarak 1,016 km <i>downstream</i> | 68 |
| Gambar 4.62 <i>optical power meter</i> | 68 |
| Gambar 4.63 <i>signal power</i> | 69 |
| Gambar 4.64 <i>noise power</i> | 69 |
| Gambar 4.65 jarak 1,02 km <i>downstream</i> | 69 |
| Gambar 4.66 <i>optical power meter</i> | 70 |
| Gambar 4.67 <i>signal power</i> | 70 |
| Gambar 4.68 <i>noise power</i> | 70 |
| Gambar 4.69 jarak 1,024 km <i>downstream</i> | 71 |
| Gambar 4.70 <i>optical power meter</i> | 71 |
| Gambar 4.71 <i>signal power</i> | 72 |
| Gambar 4.72 <i>noise power</i> | 72 |
| Gambar 4.73 jarak 1,028 km <i>downstream</i> | 72 |
| Gambar 4.74 <i>optical power meter</i> | 73 |
| Gambar 4.75 <i>signal power</i> | 73 |
| Gambar 4.76 <i>noise power</i> | 73 |
| Gambar 4.77 jarak 1,032 km <i>downstream</i> | 74 |
| Gambar 4.78 <i>optical power meter</i> | 74 |
| Gambar 4.79 <i>signal power</i> | 75 |
| Gambar 4.80 <i>noise power</i> | 75 |
| Gambar 4.81 jarak 1,036 km <i>downstream</i> | 75 |
| Gambar 4.82 <i>optical power meter</i> | 76 |
| Gambar 4.83 <i>signal power</i> | 76 |
| Gambar 4.84 <i>noise power</i> | 76 |
| Gambar 4.85 jarak 1,004 km <i>upstream</i> | 77 |
| Gambar 4.86 <i>optical power meter</i> | 77 |
| Gambar 4.87 <i>signal power</i> | 78 |
| Gambar 4.88 <i>noise power</i> | 78 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.89 jarak 1,008 km <i>upstream</i> | 78 |
| Gambar 4.90 <i>optical power meter</i> | 79 |
| Gambar 4.91 <i>signal power</i> | 79 |
| Gambar 4.92 <i>noise power</i> | 79 |
| Gambar 4.93 jarak 1,012 km <i>upstream</i> | 80 |
| Gambar 4.94 <i>optical power meter</i> | 80 |
| Gambar 4.95 <i>signal power</i> | 81 |
| Gambar 4.96 <i>noise power</i> | 81 |
| Gambar 4.97 jarak 1,016 km <i>upstream</i> | 81 |
| Gambar 4.98 <i>optical power meter</i> | 82 |
| Gambar 4.99 <i>signal power</i> | 82 |
| Gambar 4.100 <i>noise power</i> | 82 |
| Gambar 4.101 jarak 1,02 km <i>upstream</i> | 83 |
| Gambar 4.102 <i>optical power meter</i> | 83 |
| Gambar 4.103 <i>signal power</i> | 84 |
| Gambar 4.104 <i>noise power</i> | 84 |
| Gambar 4.105 jarak 1,024 km <i>upstream</i> | 84 |
| Gambar 4.106 <i>optical power meter</i> | 85 |
| Gambar 4.107 <i>signal power</i> | 85 |
| Gambar 4.108 <i>noise power</i> | 85 |
| Gambar 4.109 jarak 1,028 km <i>upstream</i> | 86 |
| Gambar 4.110 <i>optical power meter</i> | 86 |
| Gambar 4.111 <i>signal power</i> | 87 |
| Gambar 4.112 <i>noise power</i> | 87 |
| Gambar 4.113 jarak 1,032 km <i>upstream</i> | 87 |
| Gambar 4.114 <i>optical power meter</i> | 88 |
| Gambar 4.115 <i>signal power</i> | 88 |
| Gambar 4.116 <i>noise power</i> | 88 |
| Gambar 4.117 jarak 1,036 km <i>upstream</i> | 89 |
| Gambar 4.118 <i>optical power meter</i> | 89 |
| Gambar 4.119 <i>signal power</i> | 90 |
| Gambar 4.120 <i>noise power</i> | 90 |
| Gambar 4.121 Grafik nilai BER terhadap panjang serat optik <i>downstream</i> | 90 |
| Gambar 4.122 Grafik nilai BER terhadap panjang serat optik <i>upstream</i> | 91 |

Gambar 4.123 Grafik nilai SNR terhadap panjang serat optik *downstream*..... 91

Gambar 4.124 Grafik nilai SNR terhadap panjang serat optik *upstream* 92





DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1 Desain jaringan FTTB di Graha Rektorat UM | 98 |
| Lampiran 2 Grafik hasil desain jaringan FTTB di Graha Rektorat UM | 100 |
| Lampiran 3 Sistematika pembuatan desain jaringan <i>Fiber To The Building</i> (FTTB) <i>downstream</i> menggunakan <i>software Optisys 7.0</i> | 104 |
| Lampiran 4 Sistematika pembuatan desain jaringan <i>Fiber To The Building</i> (FTTB) <i>upstream</i> menggunakan <i>software Optisys 7.0</i> | 106 |
| Lampiran 5 Tabel nilai BER dan SNR | 108 |
| Lampiran 6 Diagram Jaringan | 109 |

Lampiran 7 Spesifikasi Kmponen 109



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut laporan SOTI Connectivity pada Q1 2017 dari Akamai, Indonesia menempati peringkat ke 77 dunia dalam hal rata-rata kecepatan internet. Indonesia memiliki kecepatan internet di angka 7,2Mbps. Salah satu infrastruktur di Indonesia yang membutuhkan kecepatan akses adalah gedung-gedung yang banyak digunakan untuk keperluan komunikasi. Gedung Graha Rektorat UM adalah gedung yang terdiri dari 9 lantai, dimana gedung ini banyak digunakan oleh mahasiswa untuk keperluan tertentu dan pusat pelayanan mahasiswa dari berbagai fakultas dan jurusan. Dengan kondisi tersebut, maka dibutuhkan sebuah jaringan dengan kecepatan yang lebih tinggi.

Masalah dalam layanan akses yang cepat salah satunya adalah kapasitas *bandwidth*. Salah satu media transmisi yang dapat mengatasi masalah kecepatan akses adalah menggunakan serat optik. Karena serat optik memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar.

Salah satu teknologi dalam *fiber optic* adalah teknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*). Teknologi ini dapat mengatasi permasalahan dalam kecepatan akses, karena teknologi ini dapat meningkatkan kapasitas *bandwidth*. Selain itu, teknologi ini juga dapat melayani 3 layanan dalam satu alat, yaitu suara, video, dan data. Salah satu jenis dari FTTx yang sering menggunakan teknologi GPON adalah FTTB (*Fiber To The Building*).

Banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat efisiensi atau kualitas unjuk kerja dari suatu sistem serat optik, seperti adanya rugi-rugi, *dispersi*, *power loss*, dan lain sebagainya. Besarnya rugi-rugi tergantung jarak yang ditempuh, karakteristik bahan serat optik, dan penggunaan komponen-komponen pendukung yang dibutuhkan dalam suatu jaringan (Fazra Habib dkk, 2015). Pada perancangan dan desain jaringan *Fiber To The X* (FTTx) untuk memperoleh hasil yang baik harus memiliki nilai link budget dibawah 28 dB dan total redaman yang rendah (Arief Yahya, 2012: 13). Guna meningkatkan dan memperbaiki kualitas unjuk kerja dari sistem komunikasi serat optik yaitu *Fiber To The Building* (FTTB) dibutuhkan analisis pada parameter *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, dan *SNR*.

Pada skripsi ini akan didesain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) pada Graha Rektorat UM serta dilakukan analisis terhadap desain yang telah dibuat. Pembahasan yang

akan dilakukan meliputi desain jaringan FTTB, serta analisis mengenai performansi desain jaringan ini yang meliputi *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, dan *SNR*. Analisis yang digunakan menggunakan aplikasi *optisystem* 7.0, dimana aplikasi ini memiliki kelebihan sebagai aplikasi simulasi secara *open source* atau aplikasi yang memberikan kebebasan pengguna untuk menggunakan software sesuai keinginan, memodifikasi sesuai kebutuhan, dan mendistribusikannya kepada pengguna lain secara gratis.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah kecepatan akses dan *bandwidth* dalam teknologi komunikasi tidak dapat dipenuhi dengan media transmisi kabel tembaga. Media transmisi yang dapat memenuhi kebutuhan *bandwidth* dan kecepatan akses adalah *fiber optic*. Maka perlu adanya desain dan analisis jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) untuk mendapatkan kebutuhan yang diinginkan. Sehingga pada skripsi ini akan mengkaji tentang desain dan analisis jaringan FTTB di Gedung Graha Rektorat UM. Maka rumusan masalah yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Gedung Graha Rektorat UM?
2. Berapa nilai dari perhitungan performansi *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, dan *SNR*?
3. Bagaimana analisis dari nilai perhitungan performansi yang didapat?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada skripsi ini meliputi ruang lingkup tempat penelitian yaitu CV. Multiuser Global Network, Malang dan ruang lingkup aspek kajian pada desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) yaitu:

1. Pembahasan dan analisis yang dilakukan meliputi parameter performansi jaringan: *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, *SNR*.
2. Pembahasan tentang teknologi jaringan lokal akses serat optik tidak dibahas secara terperinci.
3. Desain jaringan *Fiber To The Building* yang dibuat menggunakan aplikasi *optisystem* 7.0.
4. Tidak membahas teknologi jaringan lokal akses serat optik lain secara terperinci.
5. Tidak membahas traffik jaringan telekomunikasi dan sistem proteksi jaringan.



1.4 Tujuan

Skripsi ini bertujuan untuk membuat desain *Fiber To The Building* (FTTB) di Gedung Graha Rektorat UM. Serta desain yang dibuat dapat dianalisis dan dapat menunjukkan performansi jaringan yang meliputi: *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, *SNR*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan ulasan dari beberapa BAB yang akan dibahas dalam skripsi ini. Pertama adalah BAB I yaitu Pendahuluan, yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika penulisan. BAB II yaitu Dasar Teori, pada bab ini pembahasan meliputi dasar teori tentang konsep dasar FTTB, konsep dasar arsitektur FTTB, dan parameter jaringan *Fiber To The Building*.

Pada BAB III yaitu Metode Penelitian, pada bab ini akan dibahas tentang cara pengambilan data dan jenis data yang digunakan, variabel dan cara analisis data, serta kerangka solusi. BAB IV menyajikan tentang desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB), perhitungan dan analisis dari desain jaringan *Fiber To The Building* yang meliputi: *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, *SNR*. BAB V menyajikan tentang kesimpulan dari keseluruhan isi penelitian dan menjawab pertanyaan pada rumusan masalah, serta menyajikan mengenai saran yang bisa digunakan untuk mendesain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB).



BAB II

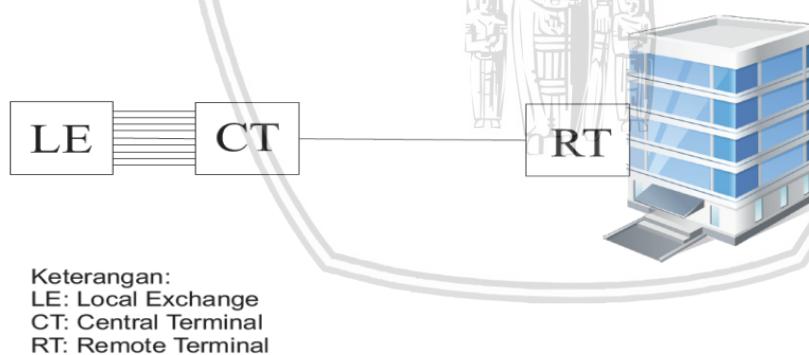
DASAR TEORI

Jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) merupakan solusi dari permasalahan kecepatan akses karena jaringan ini memiliki *bandwidth* yang lebar serta dapat memenuhi layanan *triple play*, seperti suara, video, dan data. Pada bab ini pembahasan meliputi dasar teori tentang konsep dasar FTTB, yang meliputi:

2.1 Jaringan Lokal Akses *Fiber* (Jarlokaf)

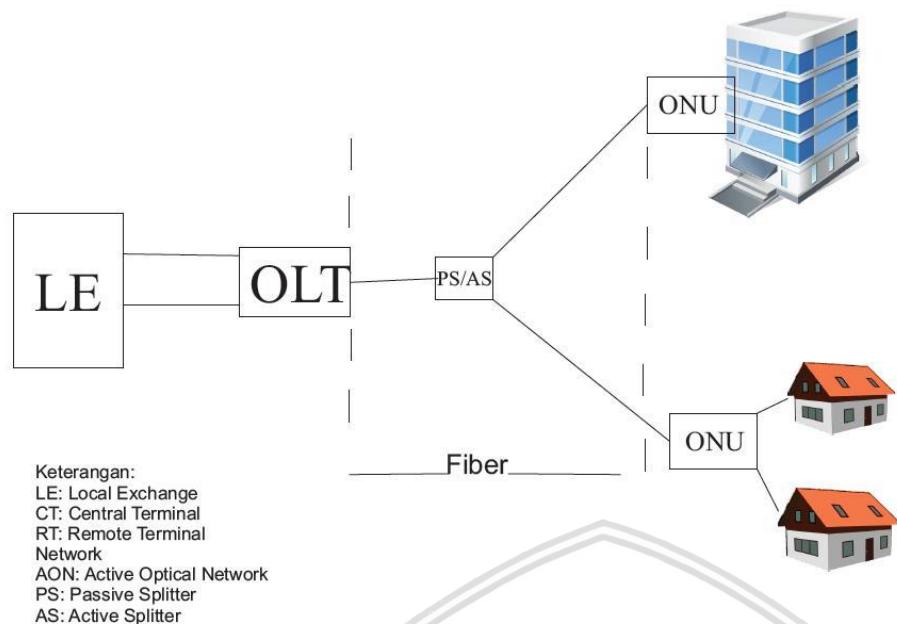
Jaringan lokal akses *fiber* adalah jaringan berbasis serat optik yang menghubungkan sentral ke pelanggan. TKO atau Titik Konversi Sinyal Optik adalah sebutan untuk lokasi disisi pelanggan. Ada beberapa teknologi jarlokaf yaitu *Digital Loop Carrier* (DLC), *Hybrid Fiber Coax* (HFC), *Passive Optical Network* (PON), dan *Active Optical Network* (AON).

Konfigurasi dasar DLC dapat dilihat pada Gambar 2.1 konfigurasi dasar *point-to-point* (titik ke titik).



Gambar 2.1 Konfigurasi Dasar DLC
Sumber: PT. Telkom, tanpa tahun

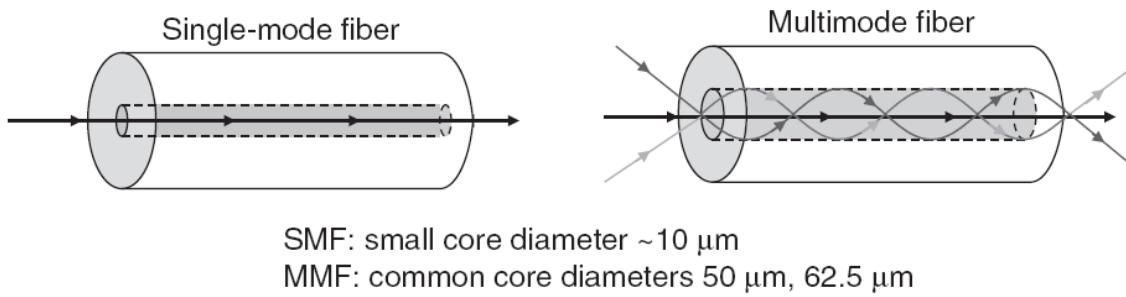
Konfigurasi dasar PON/AON pada Gambar 2.2 menggunakan splitter untuk membentuk konfigurasi point-to-multipoint.



Gambar 2.2 Konfigurasi AON/PON
Sumber: PT. Telkom, tanpa tahun

2.1.1 Jenis Kabel Serat Optik

Jenis kabel serat optik secara umum ada dua, yaitu *single-mode* dan *multi-mode*. Pada serat *single-mode*, cahaya hanya merambat dalam satu mode. Berbeda dengan serat *multi-mode* dimana cahaya dapat merambat dalam beberapa mode dikarenakan ukuran inti yang lebar. Standar *single-mode fiber* (SMF) memiliki diameter *core* (inti) kecil sekitar 10 μm dan membutuhkan presisi mekanik yang tinggi untuk mengkopelkan sinyal. Di sisi lain, *multi-mode fiber* (MMF) memiliki diameter inti yang lebar sehingga memudahkan untuk pengkopelan sinyal. Serat *multimode* memiliki ukuran diameter inti 50 μm dan 62,5 μm . Pada serat MMF terdapat dispersi intermodal yang disebabkan mode perambatan cahaya dalam kecepatan yang berbeda. Dispersi intermodal menyebabkan pulsa sinyal melebar yang dapat membatasi *bandwidth* sinyal dan jarak transmisi. Pada serat SMF tidak terdapat dispersi intermodal. Oleh karena itu umumnya serat *single-mode* digunakan untuk transmisi jaringan *backbone* jarak jauh, sedangkan serat *multimode* digunakan untuk koneksi jaringan lokal. Namun, karena GPON merupakan jaringan akses optik berkecepatan tinggi, maka digunakan kabel serat optik jenis *single-mode*. Dalam pembahasan selanjutnya, perencanaan akan menggunakan jenis serat optik *single-mode* sesuai dengan rekomendasi ITU-T G.984.1 untuk aplikasi GPON.



Gambar 2.3 Serat optik *single-mode* dan *multi-mode*
Sumber: Cedric Lam, 2007 : 23

Berdasarkan Gambar 2.3 diameter ini pada *single-mode* jauh lebih kecil dibandingkan dengan diameter pada *multimode*. Hal ini mengakibatkan koefisien dispesi pada *single mode* bernilai kecil dibandingkan pada *multimode*.

Tabel 2.1
Perbandingan Karakteristik Serat Optik

| No. | Karakteristik | Jenis Serat Optik | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|-----------|
| | | Single mode | Multimode | |
| | | Step-index | Graded-index | |
| 1. | Diameter inti (μm) | 7-10 | 50-980 | 50-100 |
| 2. | Diameter selubung (μm) | 125 | 125-1000 | 125-140 |
| 3. | Koefisien disperse bahan ($\text{ps} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$) | 0,9-20 | 100-120 | 0,9-120 |
| 4. | Lebar pita (MHz.km) | 10^3 | 0,5-60 | 20-1500 |
| 5. | Rugi-rugi (dB/km) | 0,1-0,7 | 3,0-160 | 0,7-7,0 |
| 6. | <i>Numerical Aperature</i> | - | 0,15-0,47 | 0,19-0,31 |
| 7. | Banyaknya mode | 1 | >1 | >1 |
| 8. | Penyambungan | Sulit | Mudah | Mudah |

Sumber: Ming-Kang Liu, 1996; Muflihatin, 2002

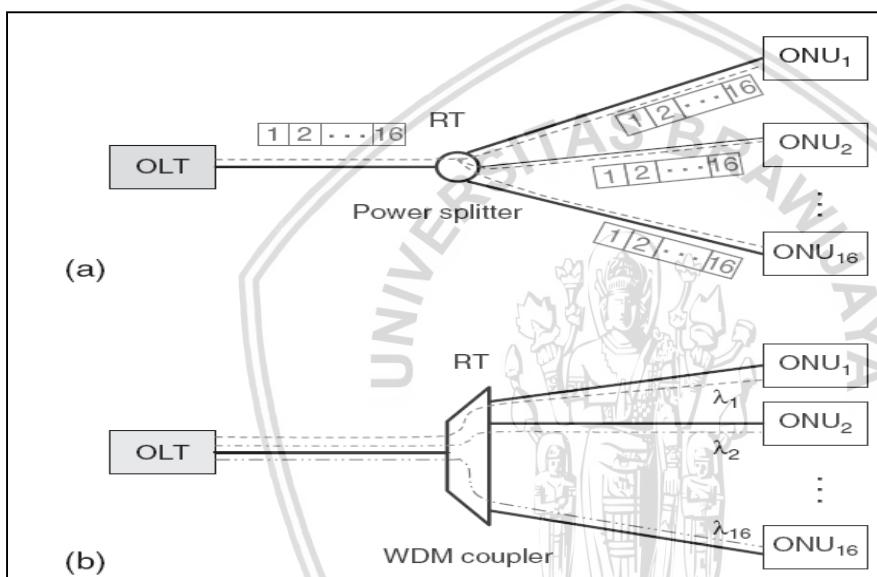
2.2 Passive Optical Network (PON)

Komponen utama pada PON ada tiga, yaitu *Optical Line Terminal* (OLT), *Optical Distribution Network* (ODN) dan *Optical Network Unit* (ONU). OLT mentransmisikan sinyal keluaran dari sentral melalui ODN yang menyediakan alat-alat transmisi serat optik mulai dari sentral ke pelanggan, sedangkan ONU menyediakan *interface* di sisi pelanggan.

PON menggunakan perangkat optik pasif untuk mendistribusikan sinyal. Dikatakan perangkat pasif karena perangkat ini tidak melakukan manipulasi pada sinyal. Perangkat pasif tersebut adalah konektor, *passive splitter* dan kabel optik. Kabel optik akan dibagi menjadi beberapa kabel optik lagi untuk ditransmisikan ke tujuan yang berbeda menggunakan *passive splitter* dengan kualitas informasi yang sama.

Pada umumnya metode yang digunakan pada PON adalah *Time Division Multiplexing* (TDM) dan *Wavelength Division Multiplexing* (WDM). Pada gambar 2.4 a menggunakan

sistem TDM-PON, digunakan *passive power splitter* sebagai pembagi sinyal. Sinyal yang sama dari OLT ditransmisi ditransmisikan pada ONU yang berbeda dengan *power splitter*. Sinyal tersebut di-*multiplex* dalam kawasan waktu. ONU mengenali data mereka sendiri melalui label alamat yang ditambahkan pada sinyal. *Broadband-PON (BPON)*, *Ethernet-PON (EPON)* dan *GPON* termasuk dalam TDM-PON. Pada gambar 2.4 b menggunakan sistem WDM-PON, yang sinyal dibagi menggunakan *passive WDM-coupler*. Sinyal untuk tiap -tiap ONU dibawa melalui panjang gelombang berbeda dan diarahkan oleh WDM-*coupler* pada ONU yang tepat.Karena setiap ONU memiliki panjang gelombang tersendiri, WDM-PON memiliki kemampuan dan privasi yang lebih baik dari TDM-PON.Namun untuk menerapkan teknologi WDM-PON saat ini dibutuhkan biaya yang mahal.



Gambar 2.4 Arsitektur : a) TDM- PON b) WDM-PON

Sumber: Cedric Lam, 2007 : 22

2.3 Gigabit Passive Optical Network (GPON)

Gigabit Passive Optical Network (GPON) adalah teknologi pada serat optik yang menggunakan protokol berbasis IP dan baik pada ATM atau *GEM (GPON Encapsulation Method) encoding*. Dengan kecepatan data hingga 2.5 Gbs memungkinkan layanan *triple play* yang baik.

Tabel 2.2

Standar dari Teknologi GPON

| Karakteristik | GPON |
|-----------------|---------------|
| Standardization | ITU-T G.984 |
| Frame | ATM / GEM |
| Speed Upstream | 1.2 G / 2.4 G |

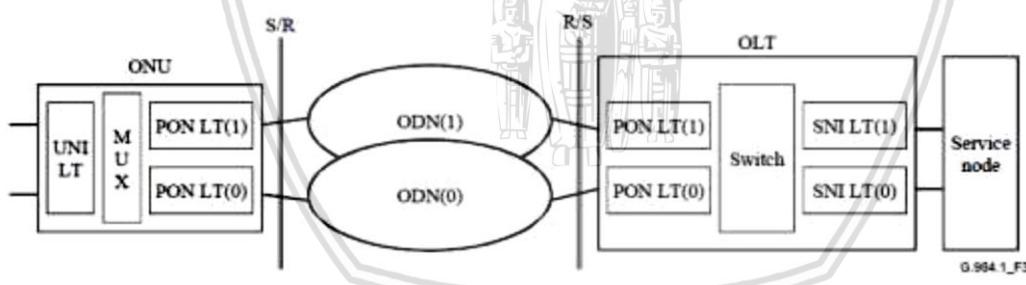
| Karakteristik | GPON |
|-----------------------|--------------------|
| Speed Downstream | 1.2 G / 2.4 G |
| Service | Data, Voice, Video |
| Transmission Distance | 10 km / 20 km |
| Number of Branches | 64 |
| Wavelength Up | 1310 nm |
| Wavelength Down | 1490 |
| Splitter | Passive |

Sumber: paduan desain FTTH, 2012

Pada tabel 2.2 merupakan standar dari teknologi GPON yang digunakan untuk mendesain sebuah jaringan FTTB.

2.3.1 Arsitektur GPON

Secara umum arsitektur GPON sama seperti arsitektur jaringan akses fiber optik pada umumnya. OLT dan ONU yang merupakan perangkat aktif pada jaringan akses serat optik dihubungkan dengan ODN yang sifatnya pasif. Gambar 2.5 merupakan arsitektur GPON dimana ONU (*Optical Network Unit*) terhubung ke beberapa ODN (*Optical Distribution Network*) dan terhubung ke OLT (*Optical Line Terminal*).



Gambar 2.5 Arsitektur GPON

Sumber: ITU-T G.984.1, 2008

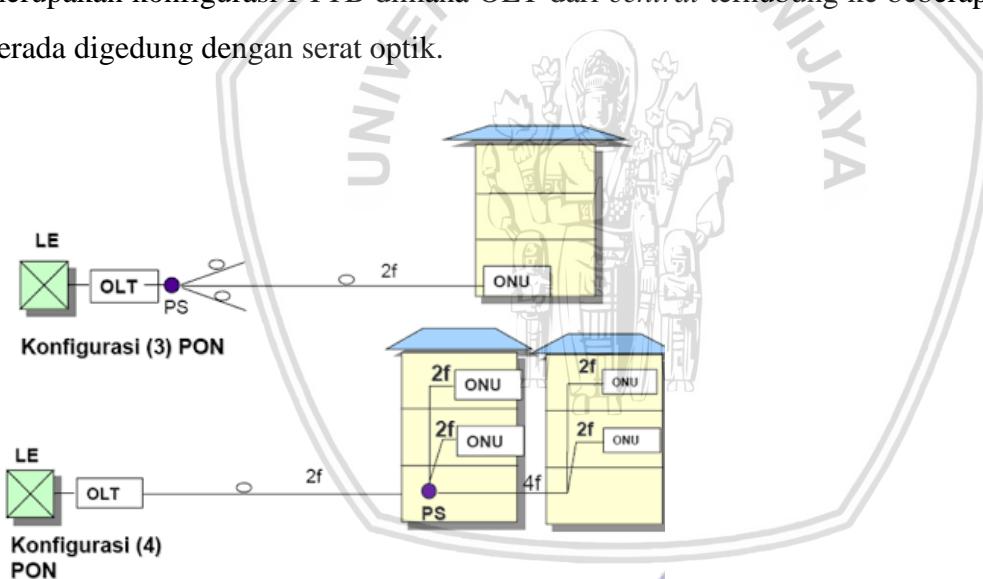
2.4 Arsitektur Jaringan Lokal Akses Serat Optik (Jarlocaf)

Jarlocaf merupakan sistem transmisi serat optik yang digunakan pada jaringan lokal. Ketepatan dalam segi perencanaan dan operasional, serta pemilihan arsitektur dan teknologi jaringan yang digunakan akan sangat mempengaruhi kesuksesan kegiatan operasi, perawatan, efektivitas investasi, serta kemudahan pengembangan jaringan dan layanan jasa.

Sistem jarloka setidaknya memiliki 2 buah perangkat opto elektronik, yaitu satu perangkat opto elektronik di sisi sentral dan satu perangkat opto elektronik di sisi pelanggan. Lokasi perangkat opto elektronik di sisi pelanggan selanjutnya disebut titik konversi optik (TKO). Secara praktis TKO berarti batas terakhir kabel optik ke arah pelanggan yang berfungsi sebagai lokasi konversi sinyal optik ke sinyal elektronik. Pada sistem PON ataupun GPON, TKO berada pada perangkat ONU. Perbedaan letak TKO menimbulkan modus aplikasi atau arsitektur jarloka berbeda pula, yaitu:

1. FTTB (*Fiber To The Building*)

Pada sistem FTTB, TKO akan ditempatkan di dalam gedung yang terletak pada ruang telekomunikasi di lantai *basement* atau tersebar di beberapa lantai. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga indoor. FTTB dapat dianalogikan dengan Daerah Catu Langsung pada jaringan kabel tembaga. FTTB dapat diterapkan pada pelanggan bisnis di gedung bertingkat, seperti hotel, apartemen, mall, dll. Gambar 2.6 merupakan konfigurasi FTTB dimana OLT dari *central* terhubung ke beberapa ONU yang berada digedung dengan serat optik.

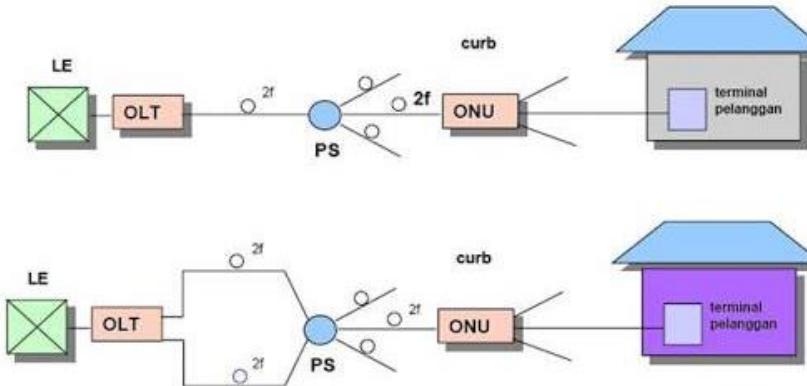


Gambar 2.6 Konfigurasi FTTB

Sumber: Elektro Indonesia, 1997

2. Fiber To The Curb (FTTC)

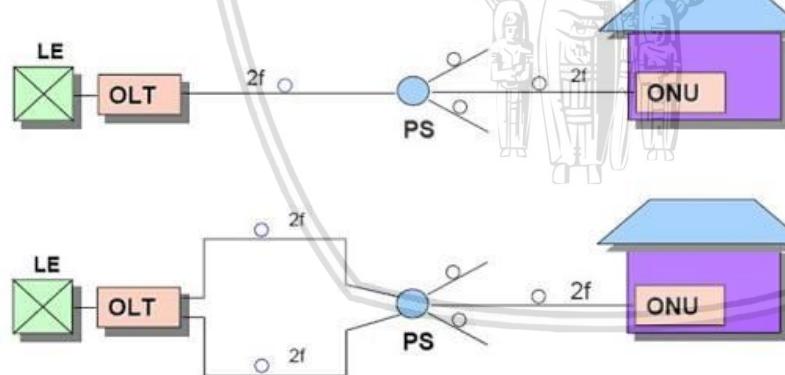
Gambar 2.7 merupakan konfigurasi FTTC. Pada sistem ini, TKO berada di luar bangunan, dengan kapasitas lebih kecil dari pada FTTZ. Terminal pelanggan dihubungkan ke TKO dengan menggunakan kabel tembaga sepanjang beberapa ratus meter saja. FTTC dapat diterapkan untuk pelanggan bisnis yang mencakup suatu area.



Gambar 2.7 Konfigurasi FTTC
Sumber: Elektro Indonesia, 1997

3. Fiber To The Home (FTTH)

Gambar 2.8 merupakan konfigurasi jaringan FTTH, dimana TKO terletak di rumah pelanggan. Dengan arsitektur ini keberadaan kabel tembaga dapat dihilangkan sama sekali, sehingga keterbatasan kemampuan dalam menyediakan *bandwidth* yang lebar dan interferensi tidak terjadi. Jaringan FTTH merupakan jaringan masa depan berbasis *full optic*.



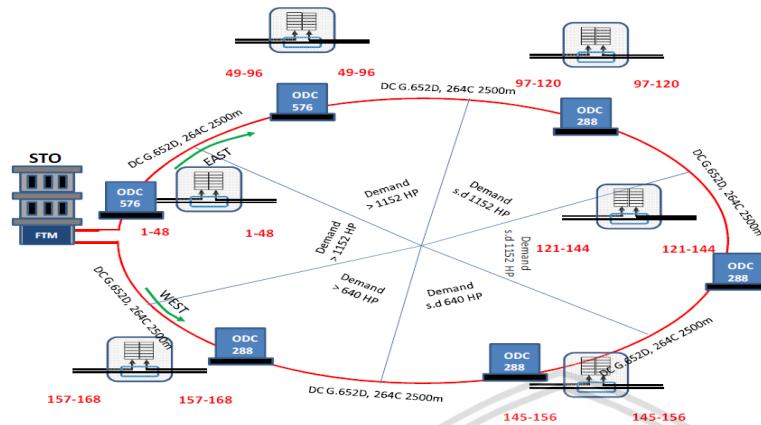
Gambar 2.8 Konfigurasi FTTH
Sumber: Elektro Indonesia, 1997

2.5 Konfigurasi Kabel Feeder untuk Desain FTTX

Konfigurasi kabel *feeder* harus mempunyai system back up (Dual Route Preferred), dimana terminasi STO dilakukan di FTM/ODF dan terminasi diluar STO dilakukan di ODC (outdoor/HRB). Konfigurasi kabel feeder memiliki 3 konfigurasi yaitu konfigurasi Ring, Star, dan Bus :



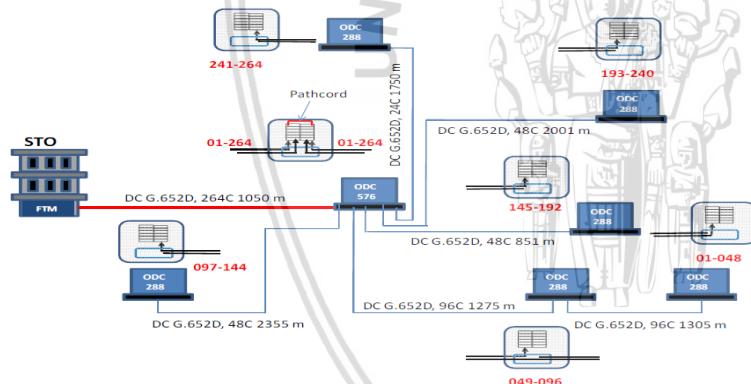
- a) Gambar 2.9 merupakan Konfigurasi Ring yang digunakan apabila menginginkan sistem yang redundant dan kondisi geografis dilapangan memungkinkan untuk dibuat jaringan feeder berbentuk Ring.



Gambar 2.9 Konfigurasi ring

Sumber : Panduan Desain FTTH, 2012;16

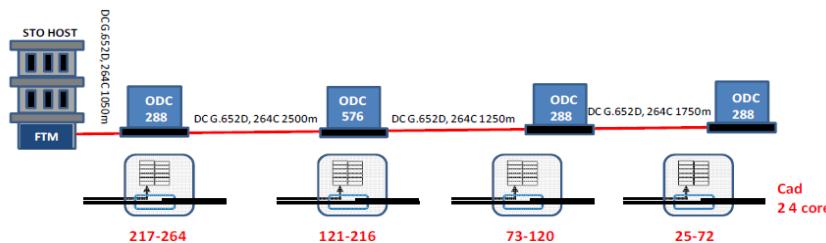
- b) Gambar 2.10 merupakan Konfigurasi Star yang menghubungkan semua kabel dari tiap ODP ke sentral point sebagai konsentrator yaitu ODC.



Gambar 2.10 Konfigurasi Star

Sumber: Panduan Desain FTTH,2012;16

- c) Gambar 2.11 merupakan Konfigurasi Bus digunakan apabila kondisi lapangan tidak memungkinkan di desain menggunakan Ring.

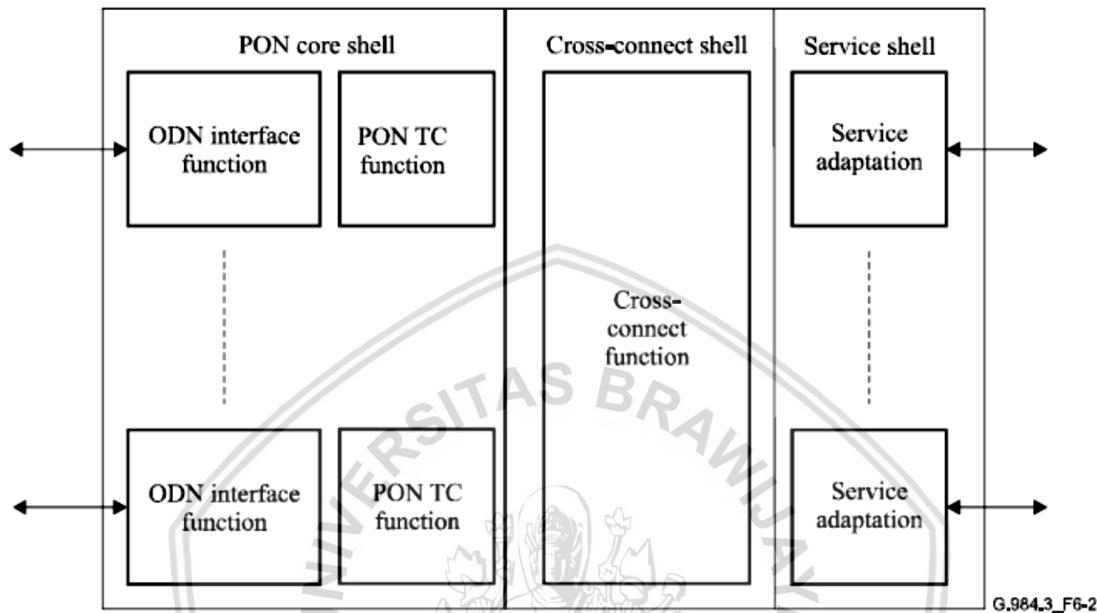


Gambar : 2.11 Konfigurasi Bus

Sumber: Panduan Desain FTTH,2012;17

2.6 Optical Line Terminal (OLT)

OLT merupakan komponen dari jaringan kabel serat optik yang terhubung ke jaringan luar dan terhubung ke beberapa ODN. OLT menyediakan *interface* antara sistem GPON dengan penyedia layanan data, video dan telepon. Blok diagram OLT dapat dilihat pada gambar berikut ini :



*Gambar 2.12 Blok diagram OLT
Sumber: ITU-T G.984-3, 2008 : 13*

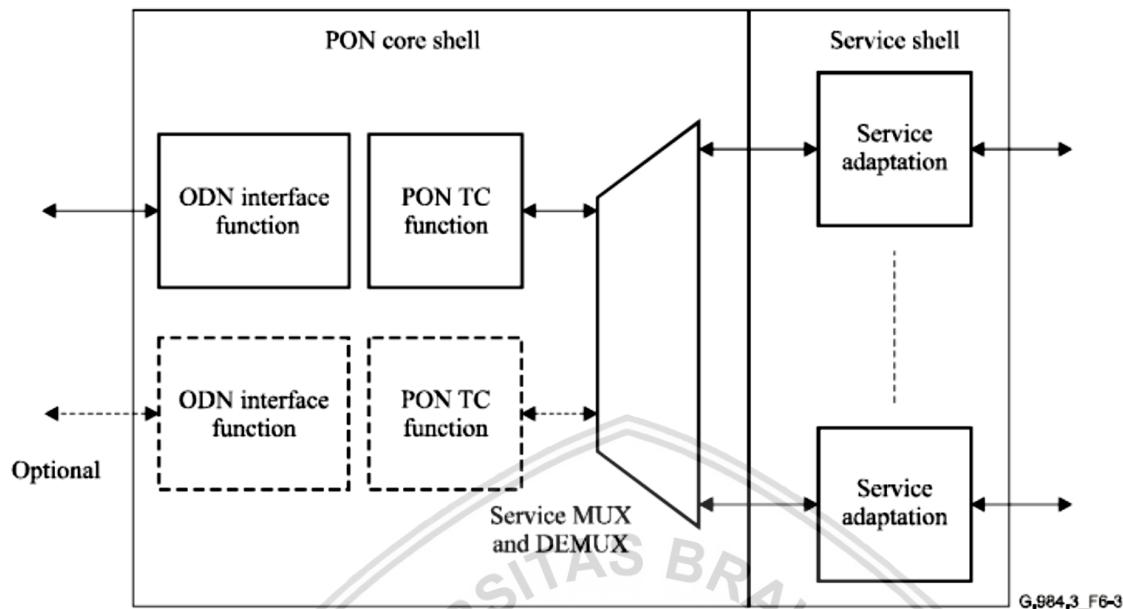
Pada gambar 2.12 yaitu blok fungsional OLT dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Service shell*, berfungsi menterjemahkan antara format sinyal pada jaringan *backbone* dengan format sinyal GPON.
2. *Cross-connect shell*, berfungsi menyediakan interkoneksi dan *switching* diantara sistem GPON, ONU dan jaringan *backbone*.
3. *PON core shell*, terdiri dari dua bagian yaitu ODN *interface function* dan GPON *TC function*. Fungsi dari PON TC antara lain *framing*, *Media Acces Control* (MAC), *Operation, Administration and Management* (OAM), *dynamic bandwidth allocation* (DBA) serta manajemen dan mode seleksi ONU.

2.7 Optical Network Unit (ONU)

ONU menyediakan *interface* antara jaringan serat optik dengan sisi pelanggan. ONU bekerja mirip dengan OLT. Karena ONU bekerja dengan hanya *single GPON interface*, maka bagian *cross connect shell* dapat dihilangkan. Mux dan Demux berfungsi menangani

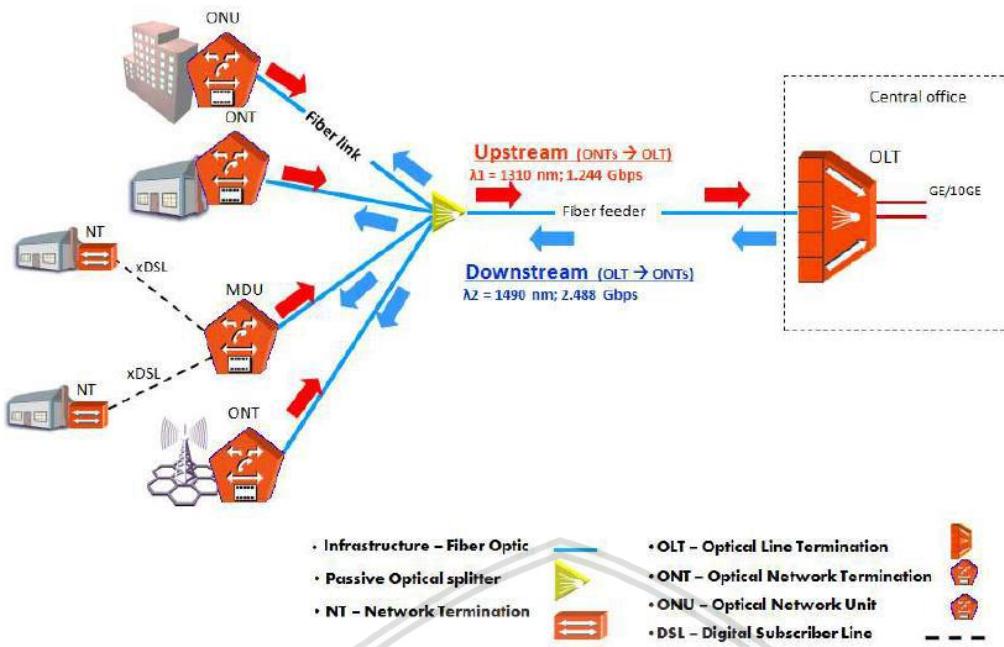
traffik. Pada arsitektur FTTH ONU diletakkan di sisi pelanggan rumah. Berikut gambar 2.13 merupakan blok diagram ONU :



Gambar 2.13 Blok diagram ONU
Sumber: ITU-T G.984.3, 2008 : 14

2.8 Optical Distribution Network (ODN)

Optical Distribution Network (ODN) merupakan peralatan transmisi optik yang menghubungkan perangkat *Optical Line Terminal* (OLT) dan *Optical Network Unit* (ONU). ODN pada GPON terdiri dari kabel serat optik, konektor, *splice*, *passive splitter* dan *WDM coupler*. Sistem kerja ODN dapat dilihat pada gambar 2.14, dimana ODN menghubungkan OLT dan beberapa ONU yang terdiri dari kabel serat optik sebagai media transmisi, konektor yang terdapat pada ujung serat optik yang terhubung langsung pada perangkat, *passive splitter* sebagai pembagi sinyal optik, *WDM coupler* untuk membawa sinyal informasi yang berbeda pada satu serat optik dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda.



Gambar 2.14 Sistem kerja ODN
Sumber: Panduan Desain FTTH, 2012 : 13

2.9 Optical Distribution Frame (ODF)

Optical Distribution Frame (ODF) merupakan perangkat tempat terminasi kabel *fiber optic*. Selain itu juga sebagai tempat peralihan dari kabel *fiber optic outdoor* dengan kabel *fiber optic indoor*. ODF dapat dilihat pada gambar 2.15.

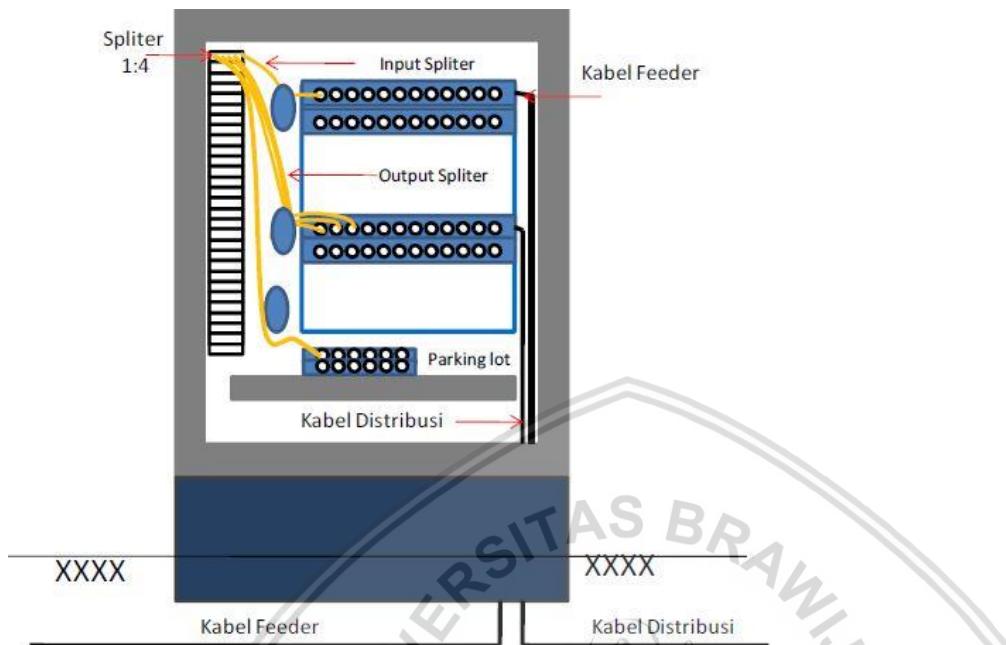


Gambar 2.15 Optical Distribution Frame (ODF)
Sumber: PT. Telkom, 2012: 18

2.10 Optical Distribution Cabinet (ODC)

Optical Distribution Cabinet (ODC) adalah suatu ruang yang berbentuk kotak atau kubah yang terbuat dari material khusus yang berfungsi sebagai tempat terminasi antara

kabel *feeder* (kabel *fiber optic* yang diterminasi di ODF dan ODC) dan kabel distribusi (kabel *fiber optic* yang diterminasi di ODF dan ODP). Berikut ini adalah pembagian *space* dalam ODC.



Gambar 2.16 Optical Distribution Cabinet (ODC)

Sumber: PT. Telkom, 2012: 19

Gambar 2.16 memiliki komponen dalam Optical Distribution Cabinet yang dijelaskan sebagai berikut:

1. *Cable Tray* merupakan suatu kompartemen yang digunakan untuk mengamankan, mengorganisasi dan melindungi serat optik, *patch cord*, *pigtail*, dan digunakan dalam konteks manajemen kabel/fiber
2. Konektor berfungsi untuk menyambungkan ujung serat optik pada konektor *adaptor*.
3. *Parking Lot* merupakan suatu tempat terminasi sementara bagi konektor yang belum disambungkan.
4. *Pig Tail* merupakan seutas serat optik yang pendek untuk menghubungkan dua komponen optis yang dilengkapi satu konektor pada salah satu ujungnya.
5. *Slack Storage* merupakan suatu kompartemen yang digunakan untuk mengamankan, mengorganisasikan dan melindungi kelebihan kabel.
6. *Splice Tray* berfungsi untuk mengamankan, mengorganisasikan dan melindungi sambungan serat optik yang menggunakan teknik *splicing*.
7. *Splice* merupakan sambungan permanen antara dua serat optik.
8. *Splitter* merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk membagi sebuah sinyal optis ke dalam dua atau lebih sinyal.

2.11 Layanan *Triple Play*

Triple play adalah komunikasi suara, akses internet (data), dan layanan video atau televisi melalui satu saluran. Dengan layanan *triple play* ini *user* bisa menikmati secara bersamaan dan membayar sekaligus ketiga kebutuhan informasi ini yang terdiri dari mengakses data (internet), menggunakan telepon (suara), dan menikmati hiburan (television). Namun dengan keberadaan layanan *triple play* ini secara otomatis dibutuhkan koneksi berkecepatan tinggi untuk mengakomodasi layanan tersebut. Media fisik untuk mendukung koneksi berkecepatan tinggi tersedia berbagai macam bentuk dan teknis. Mulai dari kabel tembaga sampai serat optik. Teknologi pembawa datanya pun tersedia banyak jenis, mulai dari ATM, Ethernet, DSL, SONET/SDH, *Passive Optical Network* (PON), sampai WDM. Semua teknologi fisik pembawa tersebut dapat digunakan untuk mendukung *triple play*. Berikut beberapa contoh spesifikasi yang dapat mendukung servis-servis pada teknologi *triple play* :

- Aplikasi Suara Aplikasi suara sama sensitifnya dengan aplikasi video. Untuk itu, spesifikasi jaringan yang dapat mendukung servis ini dengan lancar hampir sama dengan yang dibutuhkan oleh video, namun tingkat urgensinya lebih kecil dibandingkan aplikasi video, yaitu :
 1. Tingkat gangguan *delay*, *jitter*, dan *loss* yang rendah.
 2. Proteksi gangguan fisik di bawah 50 *milisecond*.
- Aplikasi *High Speed* Internet Untuk memenuhi kebutuhan ber-internet dengan kecepatan yang tinggi dan memuaskan, jaringan *triple play* harus memiliki kemampuan yang cukup berbeda dari kedua aplikasi di atas. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut berikut ini adalah spesifikasinya:
 1. Dapat menjamin dan menggaransi *bandwidth* yang diberikan untuk internet bagi semua pelanggan servis ini.
 2. Memiliki kemampuan untuk memberikan “*burst bandwidth*” untuk menangani masalah kekurangan bandwidth pada saat-saat tertentu ketika sangat dibutuhkan.
 3. Memiliki kemampuan berinteraksi dan berkolaborasi dengan media-media lain yang berbeda-beda jenis dan berinteraksi dengan perangkat jaringan pendukungnya seperti *router*, modem, *switch*, dan banyak lagi.
- Aplikasi Video Untuk mengantarkan komunikasi yang berupa informasi video, sebuah jaringan *triple play* haruslah memenuhi spesifikasi sebagai berikut :



1. Tingkat *delay* yang sangat rendah.
3. Gangguan *jitter* (variasi *delay*) yang sangat rendah.
4. Tingkat data *loss* yang sangat rendah.
5. Dapat menyediakan bandwidth yang sangat tinggi untuk setiap pelanggannya
6. Mekanisme *Broadcast*, *Multicast*, dan *Unicast* yang efisien dan aman dari gangguan.
7. Mampu dikembangkan untuk keperluan *Video on Demand* di masa mendatang.
8. Proteksi gangguan fisik di bawah 50 ms.

2.12 Parameter Performansi Sistem

2.12.1 Link Power Budget

Link power budget adalah perhitungan terhadap kebutuhan daya dalam suatu *link* system komunikasi serat optik yang harus dipenuhi agar didapatkan performansi sistem sebagaimana yang diinginkan. Besarnya *power budget system* harus lebih besar dari redaman total dari saluran. Redaman total adalah besarnya rugi-rugi yang disebabkan oleh komponen-komponen komunikasi serat optik yang digunakan dalam sistem. *Attenuation range* adalah jangkauan redaman total antara pemancar dan penerima optik yang diperbolehkan dalam jangkauan transmisi 10-20 km, yaitu :

- | | | | |
|------------------|------------|-------------------|------------|
| - <i>Class A</i> | : 5-20 dB | - <i>Class B+</i> | : 15-28 dB |
| - <i>Class C</i> | : 15-30 dB | - <i>Class B</i> | : 10-25 dB |

Power budget dapat diketahui dengan menghitung selisih antara daya optik yang dipancarkan *optical transmitter* dengan daya optik terendah yang masih dapat dideteksi oleh *optical receiver* (Max King dan Kang Liu, 1996 : 132)

$$P_t = P_s - P_r \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2-1)$$

Dengan :

P_t = *Power budget* (dB)

P_s = Daya *output* pemancar (dB)

P_r = Sensitifitas penerima (dB)

Secara umum *loss* pada suatu *link* transmisi serat optik disebabkan oleh komponen-komponen berikut :

- a) *Loss* serat optik
- b) *Loss* akibat penyambungan (*splicing*)
- c) *Loss* akibat konektor
- d) *Loss* akibat *splitter*
- e) *Loss* akibat WDM Coupler

Secara matematis rumus redaman total sebagai berikut (PT. Telkom, 2000):

$$a_{\text{total}} = (\alpha_f \times D) + (N_s \times L_s) + (N_c \times L_c) + S + L_{\text{coupler}} \dots \quad (2-2)$$

Dengan :

a_{total} = redaman total (dB)

α_f = rugi serat optik (dB)

D = panjang serat optik (km)

N_s = jumlah sambungan

L_s = rugi sambungan (dB)

N_c = jumlah konektor

L_c = rugi konektor (dB)

S = rugi *splitter* (dB)

L_{coupler} = rugi WDM *coupler*

Setelah mengetahui besarnya redaman total pada sistem, maka *sistem margin* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut (PT. Telkom, 2000) :

$$M = (P_s - P_r) - a_{\text{total}} - 3 \text{ [safety margin]} \dots \quad (2-3)$$

Dengan :

M = *margin system* (dB)

Sistem *margin* adalah faktor keamanan daya optik untuk perencanaan jaringan dengan menambahkan daya ekstra pada kebutuhan daya untuk mengkompensasi kemungkinan terjadinya degradasi (penurunan) pada *link*. Degradasi *link* dapat terjadi karena beberapa faktor seperti :

- Penurunan kemampuan sumber optik disebabkan oleh umur.
- Nilai *loss* pada komponen *splice* dan konektor di lapangan lebih besar dari yang diperkirakan.
- *Losses* yang didapat ketika terjadi perbaikan pada kabel serat optik.

Jika nilai *margin system* masih diatas 0, maka jaringan masih memenuhi syarat untuk kelayakan operasi.

2.12.2 Link Rise Time Budget

Analisa rise time budget merupakan suatu metode yang mudah untuk mengurangi limitasi / batasan dispersi dari suatu hubungan serat optik. Dalam pendekatan ini, total rise time t_{sys} dari suatu link adalah akar kuadrat dari rise time tiap-tiap kontributor t_i terhadap degradasi pulsa *rise time* (PT. Telkom, 2000):

$$t_{\text{sys}} = (t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{mod}}^2 + t_{\text{intra}}^2 + t_{\text{PMD}}^2 + t_{\text{rx}}^2)^{1/2} \dots \quad (2-9)$$

Dengan:

- | | |
|-------------|-----------------------------------|
| t_{tx} | = <i>rise time</i> pemancar (s) |
| t_{mod} | = <i>rise time</i> Intermodal (s) |
| t_{intra} | = <i>rise time intramodal</i> (s) |
| t_{PMD} | = <i>rise time</i> PMD (s) |
| t_{rx} | = <i>rise time</i> penerima (s) |

2.12.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya. BER dapat ditunjukkan dengan persamaan (PT. Telkom, 2000):

Dengan:

Q = nilai *Qfactor*

2.12.4 Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan daya sinyal terhadap daya noise pada suatu titik yang sama. Semakin besar nilai SNR maka sistem akan mendapatkan sistem tersebut bekerja dengan baik. SNR dapat ditunjukkan dengan persamaan (PT. Telkom, 2000):

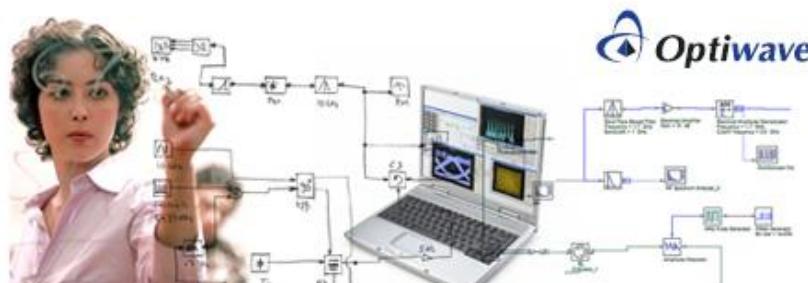
$$SNR = 10 \log \frac{S}{N} (2-11)$$

Dengan:

S = Signal Power (V)

N = *Noise Power (V)*

2.13 Software OpticSystem 7.0



Gambar 2.17: Software simulasi OpticSystem
Sumber: www.optiwave.com, tanpa tahun

Software OptiSystem Gambar 2.17 merupakan perangkat lunak desain yang memungkinkan pengguna untuk merencanakan, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik modern (www.optiwave.com, diakses Oktober 2017). Optisystem menyediakan virtual komponen optik yang lengkap dan komprehensif sehingga pengguna dapat mendesain dan menganalisa sistem jaringan sesuai dengan kondisi nyata. Hal ini juga dimaksudkan untuk penghematan biaya, karena tidak perlu mengadakan komponen-komponen jaringan optik nyata yang notabene memiliki harga yang sangat mahal (Setiyadi, 2012).

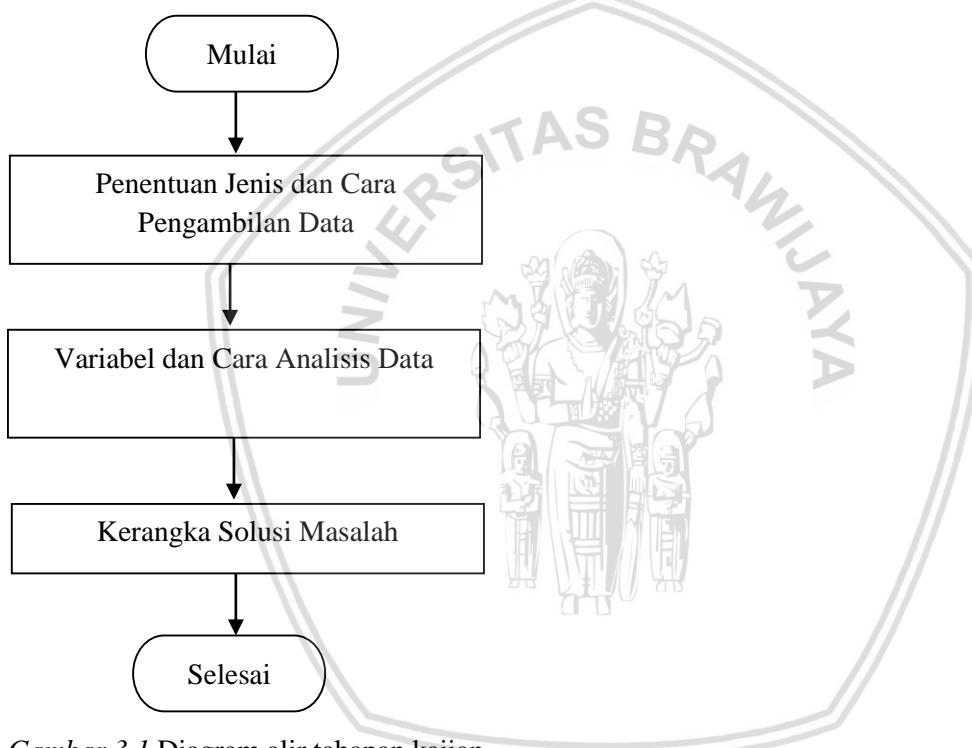




BAB III

METODE PENELITIAN

Kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian yang bersifat aplikatif dan simulasi yaitu desain dan analisis jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM. Tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan desain jaringan FTTB ini terdiri atas penentuan jenis dan cara pengambilan data, menentukan variabel dan cara analisa data, dan kerangka solusi masalah yang disajikan dalam bentuk *flowchart* atau digram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan kajian
Sumber: Perancangan

3.1 Jenis dan Cara Pengambilan Data

Kajian dilakukan untuk mempelajari dan memahami konsep yang terkait dengan perancangan dan desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB). Data yang diperlukan dalam kajian ini adalah data primer dan data sekunder.

3.1.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diambil berdasarkan studi lapangan berupa pengambilan data lapangan. Data ini diambil dari CV. Mutliuser Global Network di Malang. Data primer yang diperoleh adalah:

1. Desain bangunan Graha Rektorat UM.
2. Desain jaringan FTTB di Graha Rektorat UM.

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari buku referensi, jurnal, skripsi, internet, forum-forum resmi mengenai perencanaan jaringan FTTB untuk layanan *triple play*, dan simulaisi desain jaringan FTTB di Graha Rektorat UM menggunakan *software OptiSystem*. Beberapa data sekunder yang digunakan antara lain :

1. Standard jaringan FTTB dan spesifikasi perangkat yang digunakan
2. Parameter performansi jaringan FTTB
3. Konsep perancangan jaringan FTTB

3.2 Variabel dan Cara Analisis Data

3.2.1 Variabel Data

Variabel data yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER*, *SNR*.

1. *Link Power Budget*: kebutuhan daya dalam suatu *link* sistem komunikasi serat optik yang harus dipenuhi agar didapatkan performansi sistem sebagaimana yang diinginkan. Besarnya *power budget system* harus lebih besar dari redaman total dari saluran.
2. *Link Rise Time Budget*: kapasitas informasi maksimum dari jaringan serat optik. Pendekatan dalam analisa *rise time budget* tsy adalah dengan mengakarkan penjumlahan kuadrat total kontibutor - kontibutor *rise time* dari jaringan.
3. *BER*: sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya.
4. *SNR*: perbandingan daya sinyal terhadap daya noise pada suatu titik yang sama.

3.2.2 Cara Analisis Data

Cara analisis data yang digunakan dalam perancangan dan desain jaringan FTTB di Graha Rektorat UM, sebagai berikut :

1. Analisis secara matematis yaitu mengumpulkan nilai dari parameter data-data primer dan sekunder dengan kesesuaian terhadap standar yang digunakan untuk kemudian dianalisis berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan. Analisis yang dilakukan meliputi : *Link Power Budget*, *Link Rise Time Budget*, *BER* dan *SNR*.

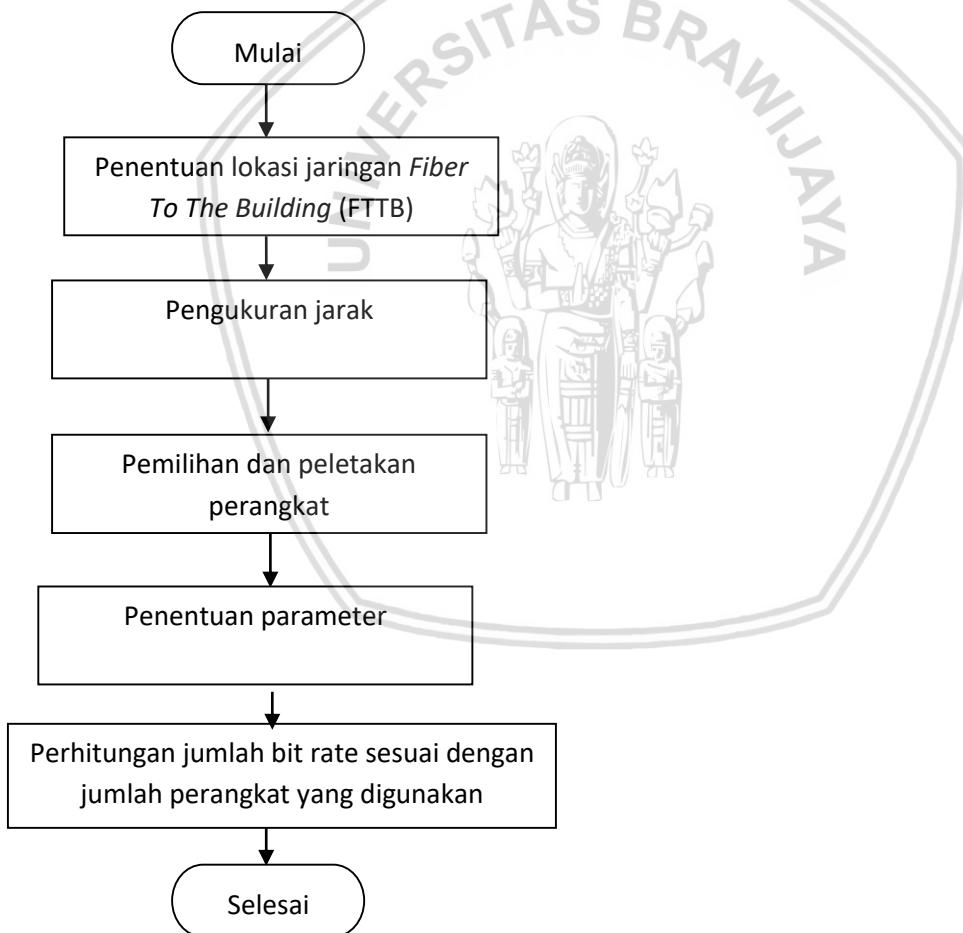
- Analisis secara grafis yaitu melakukan hasil perhitungan ke dalam bentuk grafis sehingga dapat diketahui karakteristik sistem yang digunakan.

3.3 Kerangka Solusi Permasalahan

Kerangka solusi masalah yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan dalam bentuk diagram alir. Parameter performansi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Bit Error Rate*, *Signal to Noise Ratio*, *Link Power Budget* dan *Link Rise Time*. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk mendapatkan parameter performansi yang akan dijelaskan pada sub bab berikut.

3.3.1 Data Primer

Pengambilan data primer perancangan jaringan *Fiber To The Building* Graha Rektorat UM didapat dari perusahaan CV. Multiuser Global Network.

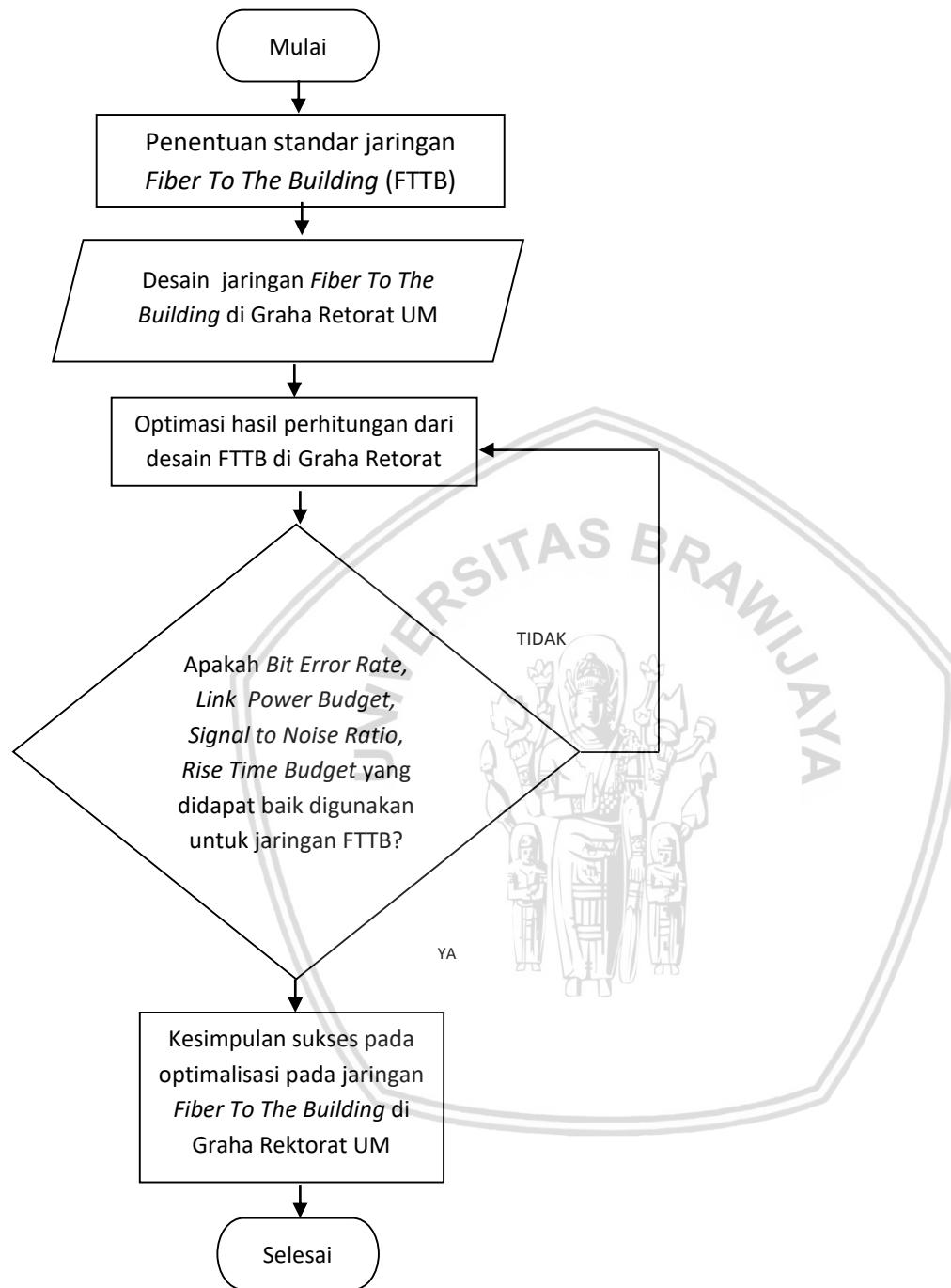


Gambar 3.2 Flowchart diagram alir data primer
Sumber: Perancangan

3.3.2 Data Sekunder

Pada analisis jaringan *Fiber To The Building* di Graha Rektorat UM akan dioptimasi dengan menggunakan software *OptiSystem 7.0*. Optimasi jaringan *Fiber To The Building*

di *OptiSystem* untuk mendapatkan hasil nilai *Bit Error Rate*, *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, *Signal to Noise Ratio*.



Gambar 3.3 Flowchart kerangka solusi permasalahan optimasi desain jaringan
Sumber: Perancangan

Gambar 3.3 merupakan diagram alir solusi permasalahan dari data sekunder dimana tahapannya akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Desain jaringan *Fiber To The Building* di graha rektorat UM

Desain dilakukan dengan menggunakan Optisystem 7.0 untuk mendapatkan hasil nilai *Bit Error Rate*, *Link Power Budget*, *Signal to Noise Ratio*, *Rise Time Budget*.

2. Optimasi hasil desain FTTB di graha rektorat UM

Optimasi yang dilakukan dengan mengubah komponen yang digunakan, jarak pentransmisian, nilai parameter yang digunakan.

3. Apakah *Bit Error Rate*, *Link Power Budget*, *Signal to Noise Ratio*, *Rise Time Budget* yang didapat baik digunakan untuk jaringan FTTB?

Jikan hasil *Bit Error Rate*, *Link Power Budget*, *Signal to Noise Rato*, *Rise Time Budget* yang didapat sesuai dengan standar yang telah ditetapkan maka desain jaringan tersebut dapat digunakan atau sudah baik. Jika hasil *Bit Error Rate*, *Link Power Budget*, *Signal to Noise Ratio*, *Rise Time Budget* yang didapat tidak sesuai maka dilakukan analisis ulang dengan mengoptimasi parameter atau komponen yang digunakan.





BAB IV

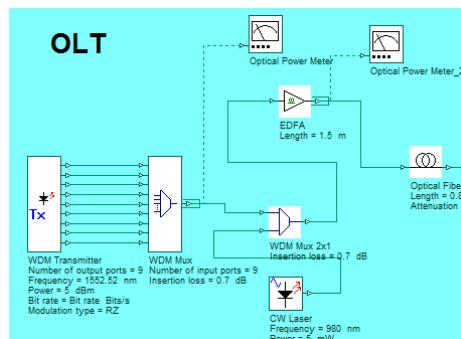
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini akan dijelaskan hasil dan analisis data dari penelitian yang telah dilakukan. Data yang disajikan merupakan data yang didapat dari CV. Multi User Global Network, eksperimen desain *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM menggunakan optisystem 7.0, dan analisis kualitas jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM.

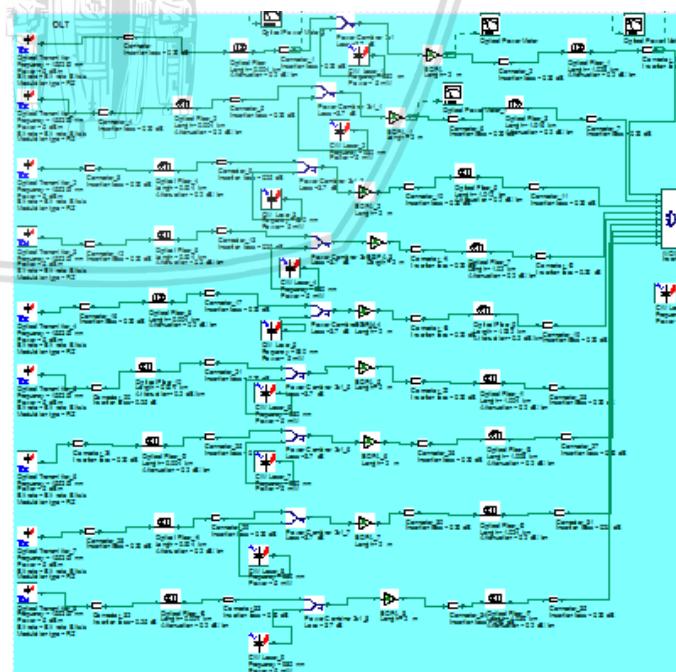
4.1 Desain Jaringan *Fiber To The Building* di Graha Rektorat UM

Pada desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM merupakan jaringan akses serat optik, dimana jalur desain sebagaimana terlampir pada lampiran I. Perangkat yang digunakan pada desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM merupakan perangkat yang direkomendasikan oleh ITU-G 984 series. Secara umum desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) terdiri dari 4 komponen utama, yaitu:

1. *Optical Line Terminal* (OLT)

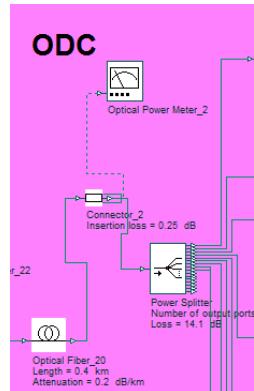


Gambar 4.1 desain OLT downstream
Sumber: perncangan

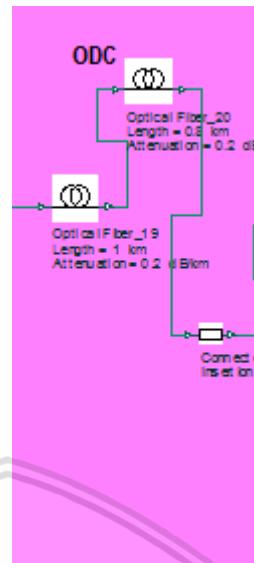


Gambar 4.2 desain OLT upstream
Sumber: perncangan

2. Optical Distribution Cabinet (ODC)

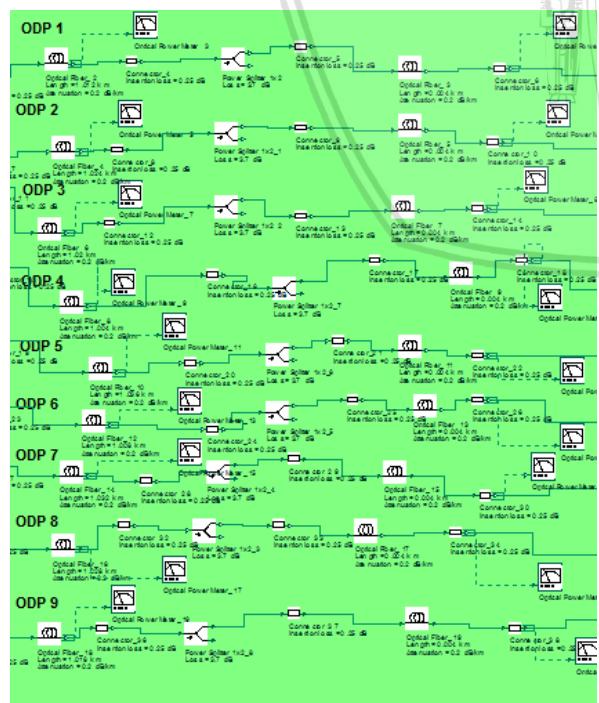


Gambar 4.3 desain ODC downstream
Sumber: perncangan

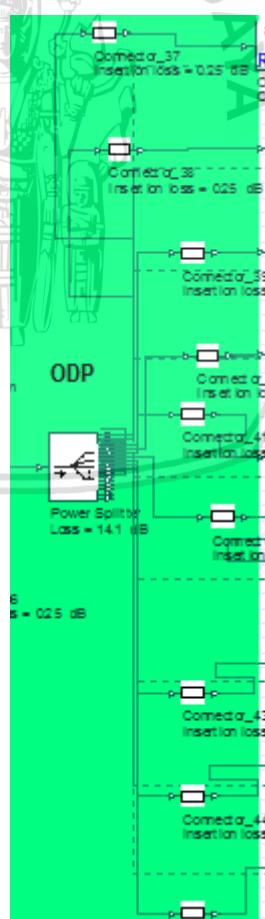


Gambar 4.4 desain ODC upstream
Sumber: perncangan

3. Optical Distribution Point (ODP)

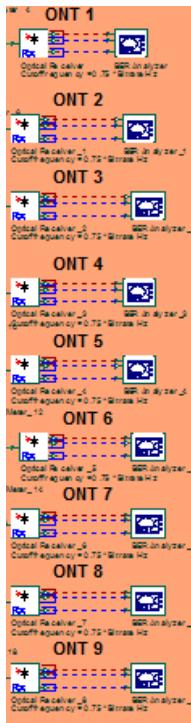


Gambar 4.5 desain ODP downstream
Sumber: perncangan

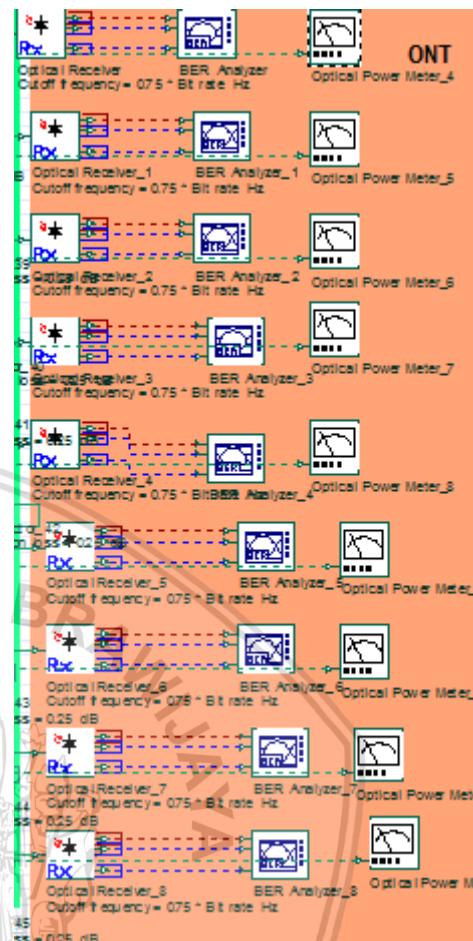


Gambar 4.6 desain ODP upstream
Sumber: perncangan

4. Optical Network Termination (ONT)



Gambar 4.7 desain ONT downstream
Sumber: perncangan

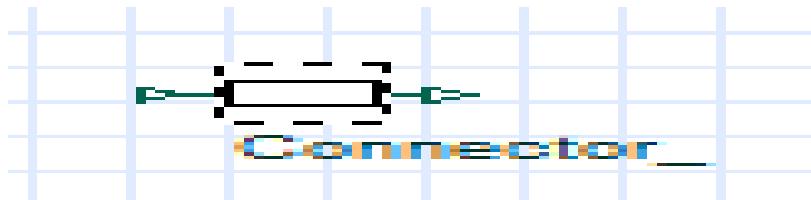


Gambar 4.8 desain ONT upstream
Sumber: perncangan

Komponen-komponen yang digunakan pada desain ini meliputi, *connector*, *splitter*, *WDM coupler*, *optical transmitter*, *BER analyzer*, *optical power meter*, *optical fiber*, *optical receiver*. Berikut merupakan spesifikasi dan penjelasan dari masing-masing komponen:

4.1.1 Connector

Konektor merupakan terminasi kabel serat optik agar dapat disambungkan dengan *interface optic* lainnya. Terdapat beberapa jenis konektor yang dapat digunakan pada serat optik dengan bentuk yang berbeda-beda tergantung kebutuhan implementasinya.



Gambar 4.9 Komponen konektor
Sumber: Optiwave System 7.0

4.1.2 *Splitter*

Splitter merupakan perangkat yang berfungsi untuk membagi cahaya serat optik menjadi beberapa bagian dengan rasio tertentu. Tabel 4.1 merupakan tabel redaman pada *splitter*.

| Rasio | Redaman |
|----------------------|----------|
| <i>Splitter</i> 1:2 | 3.70 dB |
| <i>Splitter</i> 1:4 | 7.25 dB |
| <i>Splitter</i> 1:8 | 10.38 dB |
| <i>Splitter</i> 1:16 | 14.10 dB |
| <i>Splitter</i> 1:32 | 17.45 dB |

Tabel 4.1 Tabel redamban *Splitter*

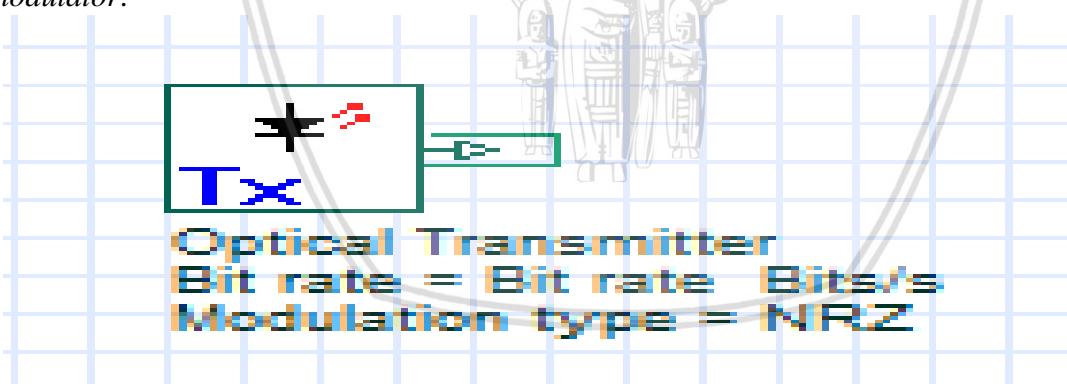
Sumber:-

4.1.3 *WDM Coupler*

Desain *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM menggunakan WDM *Coupler* dengan *insertion loss* sebesar 0.7.

4.1.4 *Optical Transmitter*

Optical Transmitter berfungsi untuk mengkonversi sinyal listrik menjadi sinyal optik dan menyalurkan sinyal optik yang dihasilkan kedalam serat optik. Komponen dalam *optical transmitter* antara lain: *optical source*, *electrical pulse generator*, *optical modulator*.

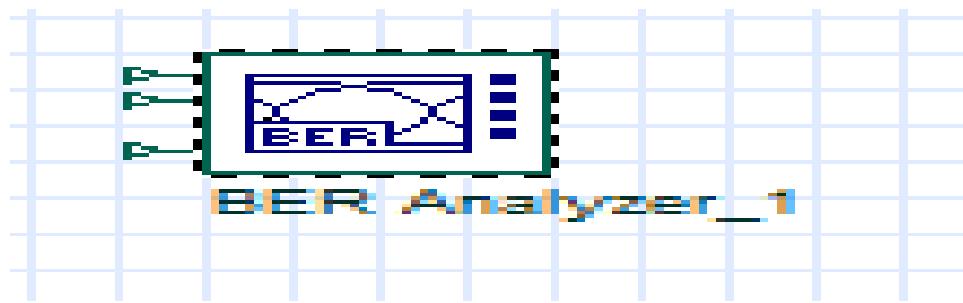


Gambar 4. 10 Komponen *Optical Transmitter*

Sumber: Optiwave System 7.0

4.1.5 *BER Analyzer*

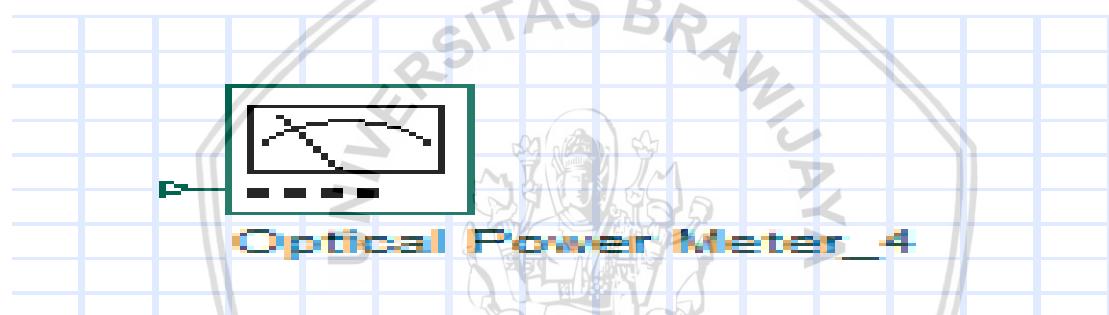
BER Analyzer merupakan komponen yang berfungsi untuk menampilkan dan menghitung nilai *BER* (*Bit Error Rate*) dan *Q-factor*.



Gambar 4. 11 Komponen BER Analyzer
Sumber: Optiwave System 7.0

4.1.6 Optical Power Meter

Optical Power Meter merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur *power* pada serat optik. *Optical Power Meter* diletakkan pada keluaran modulator yang berupa sinyal optik dan menampilkan nilai daya masukan.

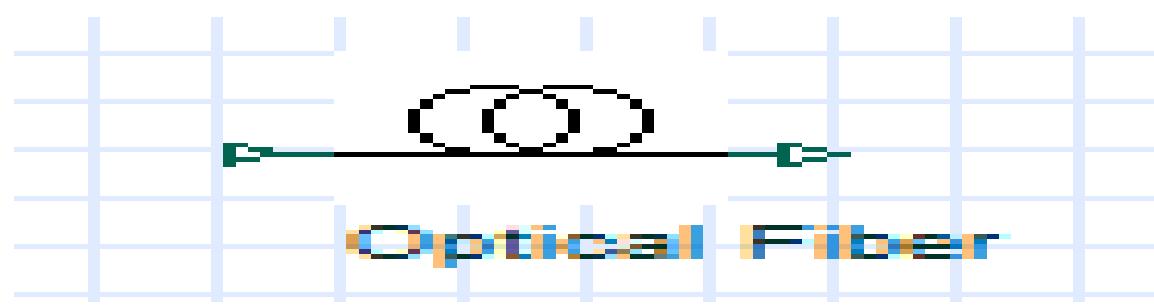


Gambar 4. 12 Komponen Optical Power Meter
Sumber: Optiwave System 7.0

4.1.7 Optical Fiber

Optical Fiber terdiri dari *core*, *cladding*, dan *jacket*. *Core* terbuat dari *glass* dan ukurannya bervariasi dari 8-10 mikron untuk *single mode fiber*, 50 dan 62.5 mikron untuk *multimode fiber*. Untuk *cladding* memiliki ukuran sebesar 125 mikron dan terbuat dari kaca.

Serat optik jenis *single mode* memiliki karakteristik yang lebih baik dari jenis serat optik *multimode*. Oleh karena itu, desain *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM menggunakan jenis serat optik *single mode*.



Gambar 4. 13 Komponen Optical Fiber

Sumber: Optiwave System 7.0

Tabel 4.2 menghitung jumlah data rate

Sumber: perncangan

| Device | amount | Standard | Total |
|---------|--------|----------|---------------|
| CCTV | 51 | 8 Mbps | 408 Mbps |
| WIFI | 75 | 2 Mbps | 144 Mbps |
| DATA | 461 | 64 Kbps | 29504 Kbps |
| TELEPON | 123 | 4 Mbps | 492 Mbps |
| | | | 1,073504 Gbps |

Tabel 4.3 merupakan tabel spesifikasi komponen yang digunakan pada serat optik jenis *single mode*.

| Parameter | Definisi | Nilai |
|-----------------|--------------------------------|---------------------|
| t_{dm} | Koefisien disperse bahan | 0.8 ps/(nm.km) |
| $\Delta\lambda$ | Lebar spektrum sumber optik | 1nm |
| n_1 | Nilai indeks bias inti | 1.48 |
| n_2 | Nilai indeks bias selubung | 1.46 |
| C | Kecepatan cahaya diruang hampa | 3×10^8 m/s |
| Λ | Panjang gelombang | 1550nm |
| A | Jari-jari serat optik | 7 μ m |

Tabel 4.3 Spesifikasi Komponen yang digunakan

Sumber: -

Nilai disperse material per satuan panjang serat optik:

$$t_{material} = t_{dm} \times \Delta\lambda$$

$$t_{material} = 0.8 \times 1 = 0.8 \text{ ps/km}$$

Disperse gelombang sesuai persamaan berikut:

$$t_{waveguide} = \frac{(n_1 - n_2) twg \cdot \Delta\lambda}{c \cdot \lambda}$$

$t_{waveguide}$ = frekuensi disperse sesuai dengan persamaan berikut:

$$t_{waveguide} = \frac{4(1 - \ln.v)}{v^2}$$

V= frekuensi ternormalisasi, sesuai persamaan berikut:

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} a \sqrt{n_1^2 + n_2^2}$$

$$V = \frac{2\pi}{1550 \times 10^{-9}} \cdot 7 \times 10^{-6} \cdot \sqrt{1.48^2 + 1.46^2} = 6.8807$$

Maka koefisien disperse tanpa dimensi:

$$t_{waveguide} = \frac{4(1 - \ln.6.8807)}{6.8807^2} = 0,07847$$

Sehingga nilai disperse pandu gelombang per satuan panjang:

$$t_{waveguide} = \frac{(1.48 - 1.46)0,07847.1 \times 10^{-9}}{3 \times 10^8 \cdot 1550 \times 10^{-9}} = 0,00337 \text{ ps/km}$$

Karena pada skripsi ini menggunakan serat optik jenis *single mode*, maka tidak terjadi disperse intermodal ($t_{intermodal} = 0 \text{ ps/km}$). Nilai disperse total per satuan panjang serat optik sesuai dengan persamaan berikut:

$$t_{fiber} = \sqrt{t^2_{material} + t^2_{waveguide} + t^2_{intermodal}}$$

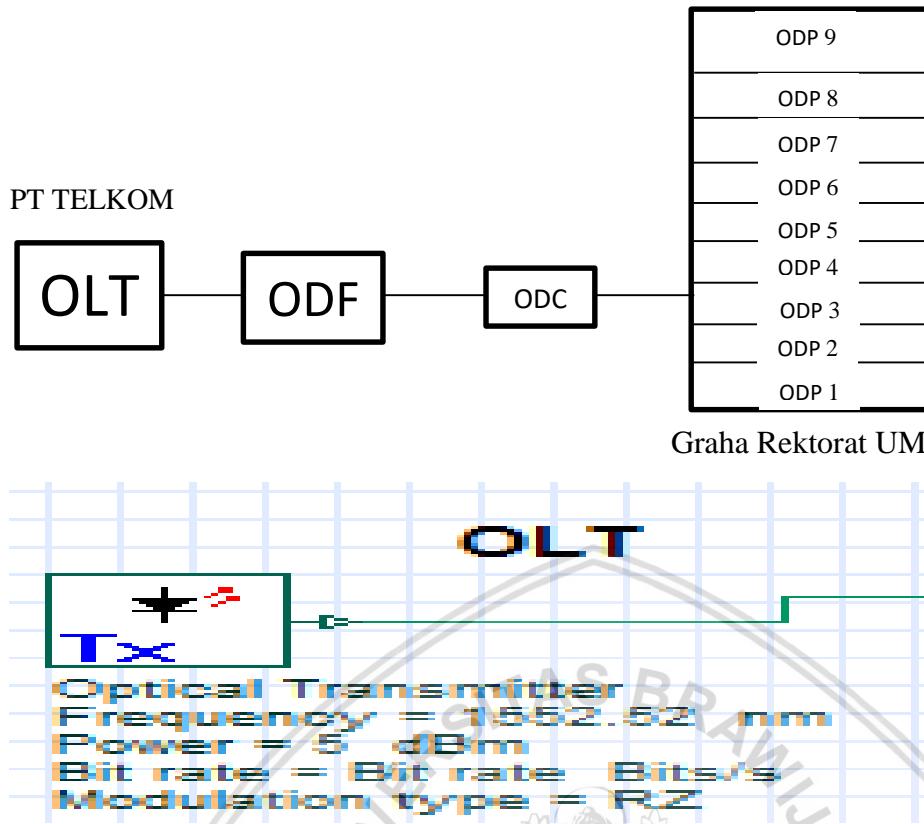
$$t_{fiber} = \sqrt{(0,8 \times 10^{-12})^2 + (0,0033 \times 10^{-12})^2 + 0} = 0,8 \text{ ps/km}$$

4.2 Perhitungan *Link Power Budget*

Link Power Budget perhitungan terhadap jumlah daya yang dibutuhkan dalam suatu sistem komunikasi serat optik yang harus dipenuhi, agar didapat performansi sistem yang dibutuhkan. Pada jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) menggunakan panjang gelombang pada rentan panjang gelombang 1550 nm. Perhitungan *Link Power Budget* pada skripsi ini menggunakan kedua panjang gelombang tersebut dengan nilai variabel-variabel yang digunakan sesuai dengan data sheet yang ada pada setiap perangkat yang digunakan, berikut merupakan perhitungannya:

4.2.1 *Link Power Budget* pada panjang gelombang 1550 nm

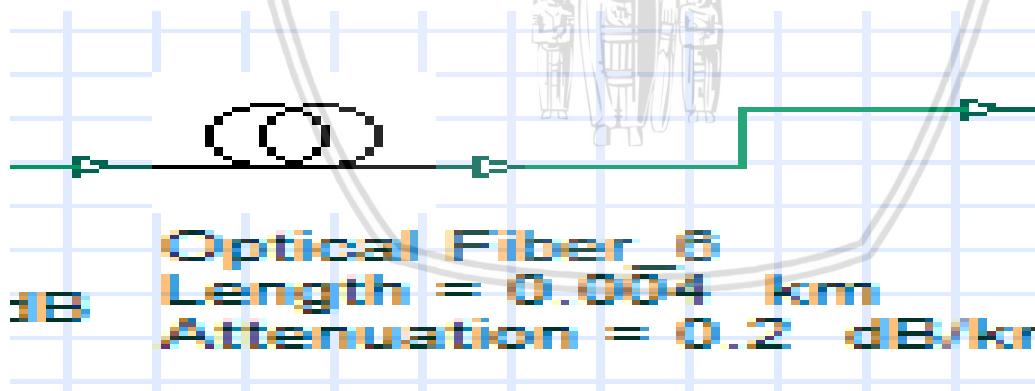
Panjang gelombang 1550 nm digunakan untuk transmisi *upstream* pada jaringan *Fiber To The Building* dengan teknologi GPON. Perhitungan mengacu pada data sheet perangkat yang digunakan, berikut perhitungannya:



Gambar 4. 14 Link Power Budget pada panjang gelombang 1550 nm upstream
Sumber: perncangan

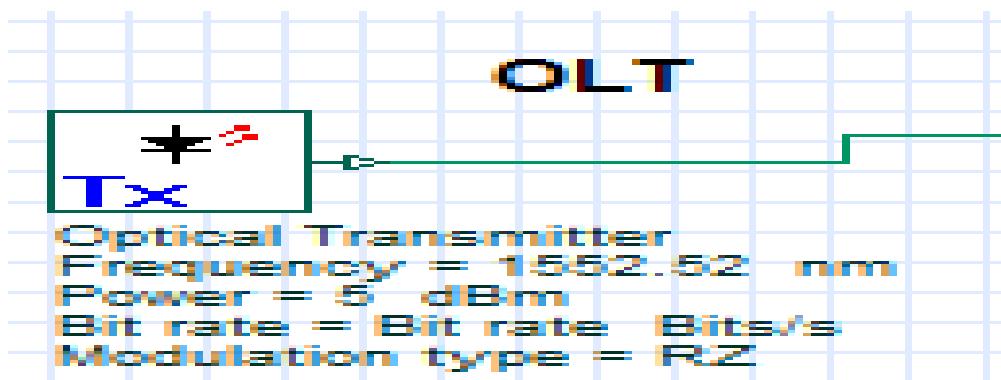
1. Perhitungan Link Power Budget pada ONT-1

- Rugi serat optik pada 1550 nm (α_f) = 0,2 dB/km



Gambar 4. 15 rugi serat optik
Sumber: perncangan

- Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT (Ps) = 5 dBm



Gambar 4. 16 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT

Sumber: perncangan

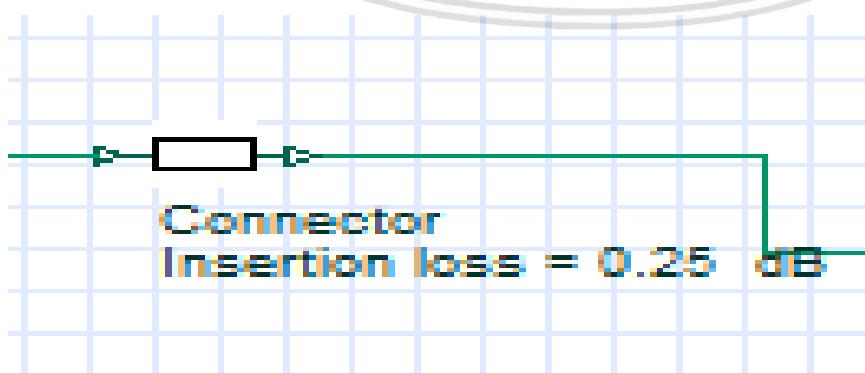
- Sensitifitas perangkat ONT (P_r) = -28 dBm
- Jarak transmisi (D) = 3,808 km
- Jumlah splicing (N_s) = 8



Gambar 4. 17 Jumlah splicing

Sumber: perncangan

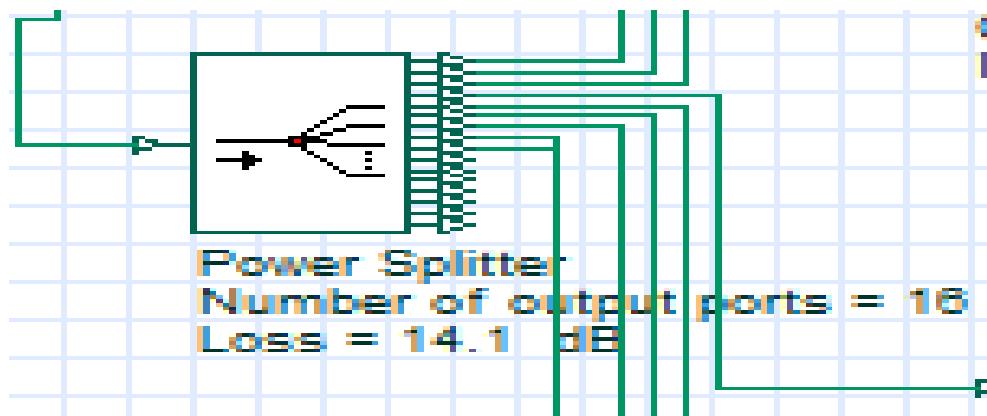
- Rugi splicing (L_s) = 0,1 dB
- Jumlah konektor (N_c) = 5
- Rugi konektor (L_c) = 0,25 dB



Gambar 4. 18 Rugi konektor

Sumber: perncangan

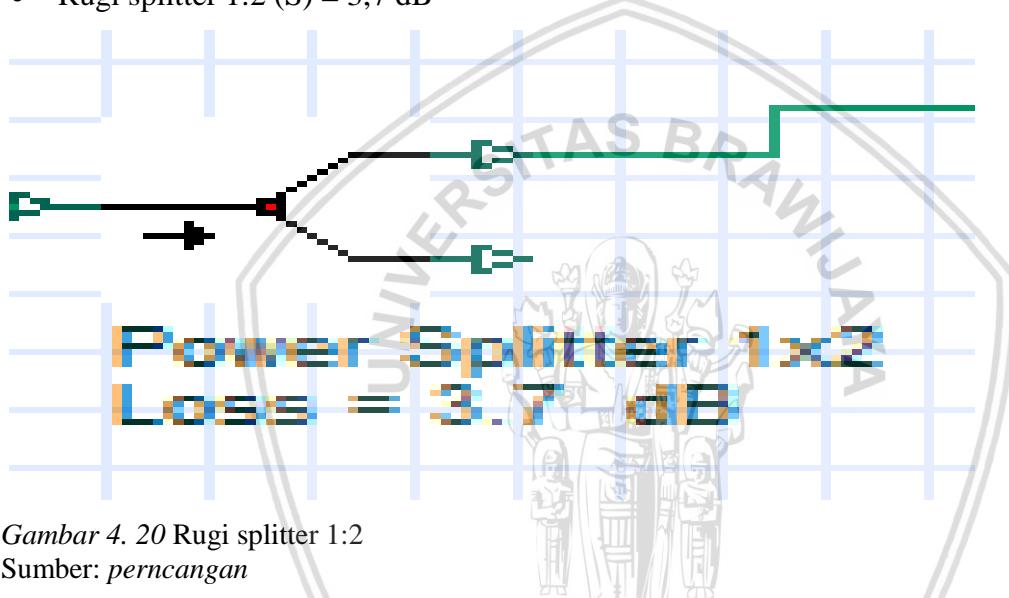
- Rugi splitter 1:16 (S) = 14,1 dB



Gambar 4. 19 Rugi splitter 1:16

Sumber: perncangan

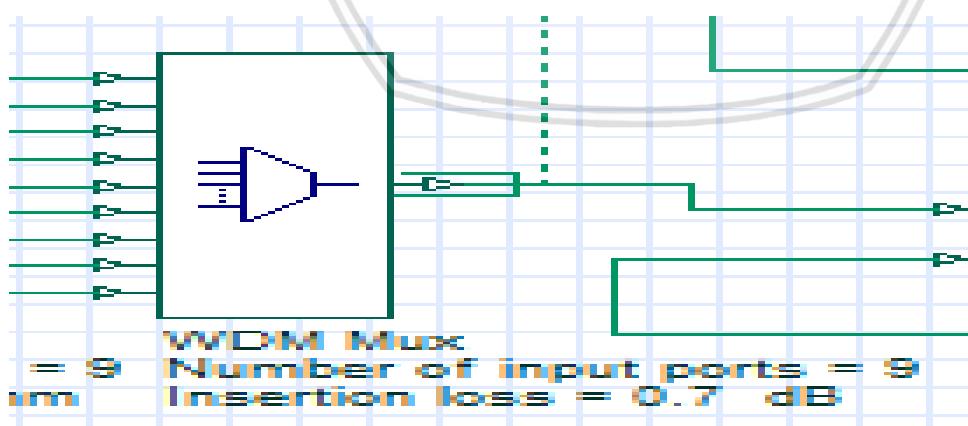
- Rugi splitter 1:2 (S) = 3,7 dB



Gambar 4. 20 Rugi splitter 1:2

Sumber: perncangan

- Rugi WDM coupler = 0,7 dB



Gambar 4. 21 Rugi WDM coupler

Sumber: perncangan

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

a. **Power budget**

$$P_t = P_s - P_r$$

$$P_t = 5 - (-28)$$

P_t = 33 dBm

b. Total redaman pada desain jaringan:

$$\text{a total} = (\alpha_f \times D) + (N_s \times L_s) + (N_c \times L_c) + S + L_{coupler}$$

$$\text{a total} = (0,2 \times 3,808) + (8 \times 0,1) + (5 \times 0,25) + 14,1 + 3,7 + (2 \times 0,7)$$

a total = 22,012 dBm

c. Margin system:

$$M = (P_s - P_r) - \text{a total} - 3 \text{ dB} \text{ [safety Margin]}$$

$$M = 33 - 22,012 - 3$$

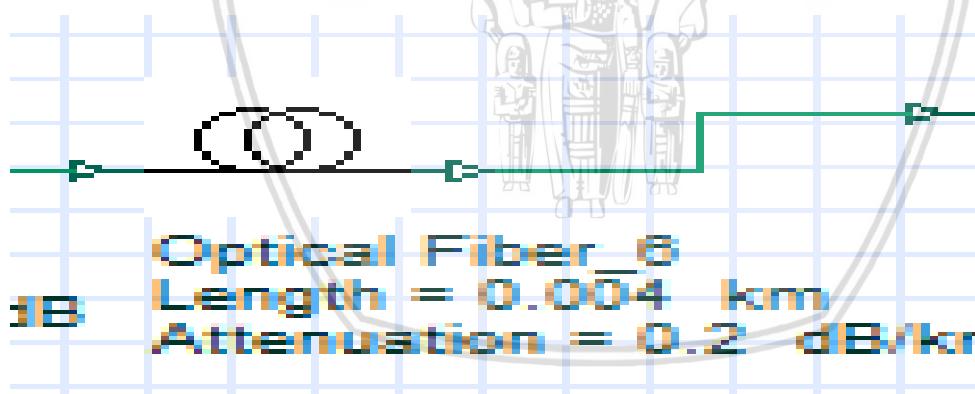
M = 7,988 dB

- Daya total lebih besar daripada total redaman ($P_r > \text{a total}$)
- Nilai margin lebih besar dari 0 ($M > 0$)

Sehingga dari hasil yang didapatkan, dapat dikatakan bahwa desain jaringan FTTB tersebut memenuhi kelayakan operasi pada suatu desain jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON.

2. Perhitungan Link Power Budget pada ONT-N

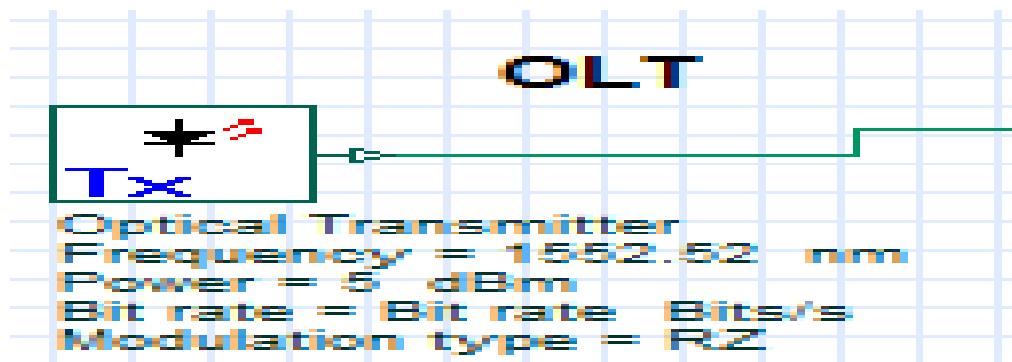
- Rugi serat optik pada 1550 nm (α_f) = 0,2 dB/km



Gambar 4. 22 rugi serat optik

Sumber: perncangan

- Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT (P_s) = 5 dBm



Gambar 4.23 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT

Sumber: perncangan

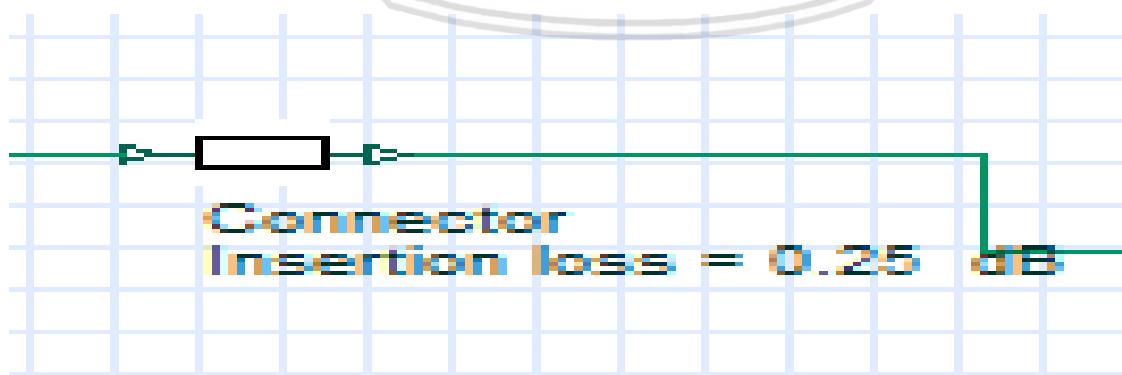
- Sensitifitas perangkat ONT (P_r) = -28 dBm
- Jarak transmisi (D) = 3,84 km
- Jumlah splicing (N_s) = 8



Gambar 4. 24 Jumlah splicing

Sumber: perncangan

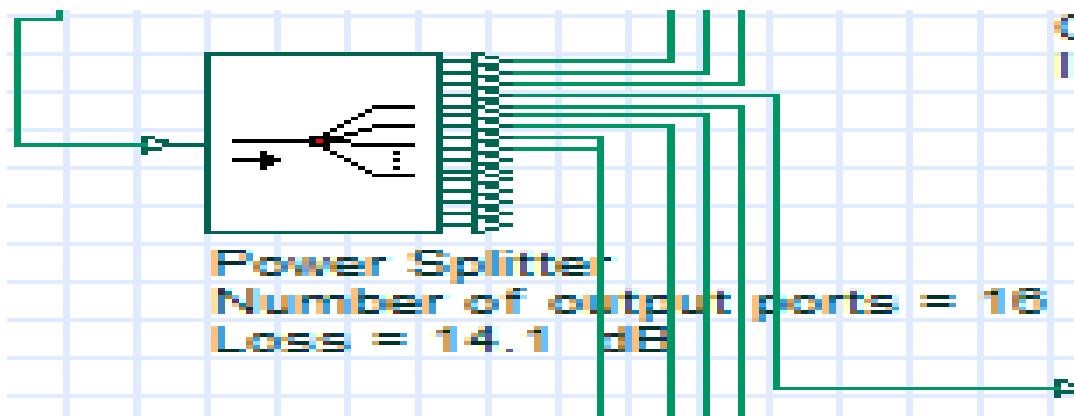
- Rugi splicing (L_s) = 0,1 dB
- Jumlah konektor (N_c) = 5
- Rugi konektor (L_c) = 0,25 dB



Gambar 4. 25 Rugi konektor

Sumber: perncangan

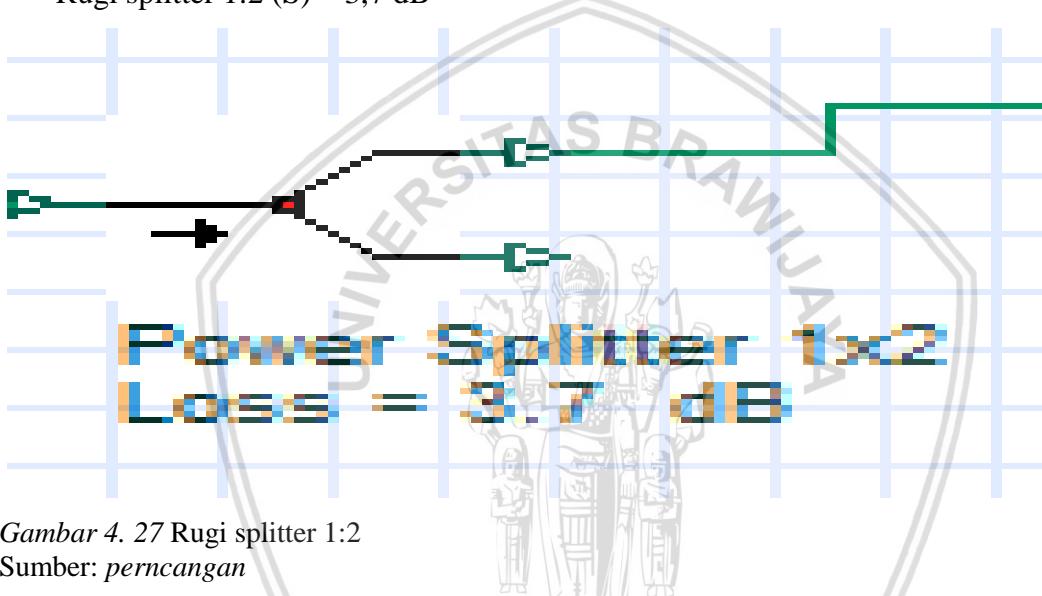
- Rugi splitter 1:16 (S) = 14,1 dB



Gambar 4. 26 Rugi splitter 1:16

Sumber: perncangan

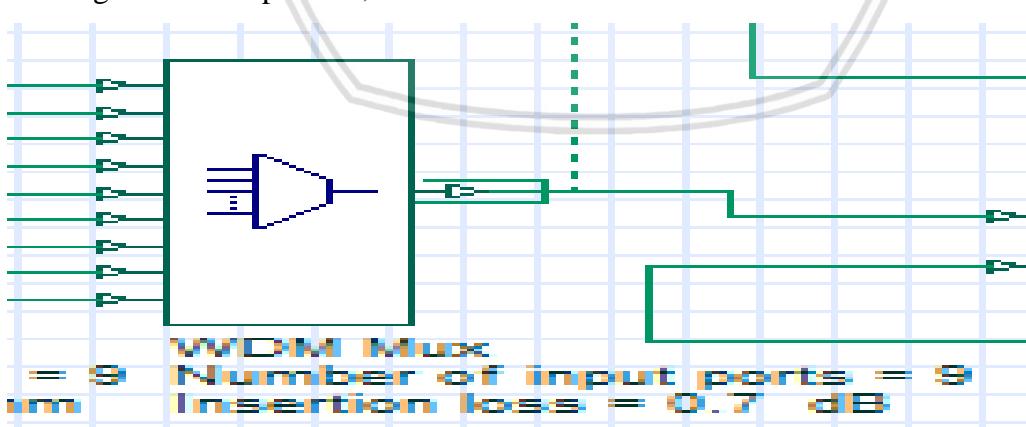
- Rugi splitter 1:2 (S) = 3,7 dB



Gambar 4. 27 Rugi splitter 1:2

Sumber: perncangan

- Rugi WDM coupler = 0,7 dB



Gambar 4. 28 Rugi WDM coupler

Sumber: perncangan

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

a. **Power budget**

$$P_t = P_s - P_r$$

$$P_t = 5 - (-28)$$

$P_t = 33 \text{ dBm}$

b. Total redaman pada desain jaringan:

$$\text{a total} = (\alpha_f \times D) + (N_s \times L_s) + (N_c \times L_c) + S + L_{coupler}$$

$$\text{a total} = (0,2 \times 3,84) + (8 \times 0,1) + (5 \times 0,25) + 14,1 + 3,7 + (2 \times 0,7)$$

a total = 22,018 dB

c. Margin system:

$$M = (P_s - P_r) - \text{a total} - 3 \text{ dB} \text{ [safety Margin]}$$

$$M = 33 - 22,018 - 3$$

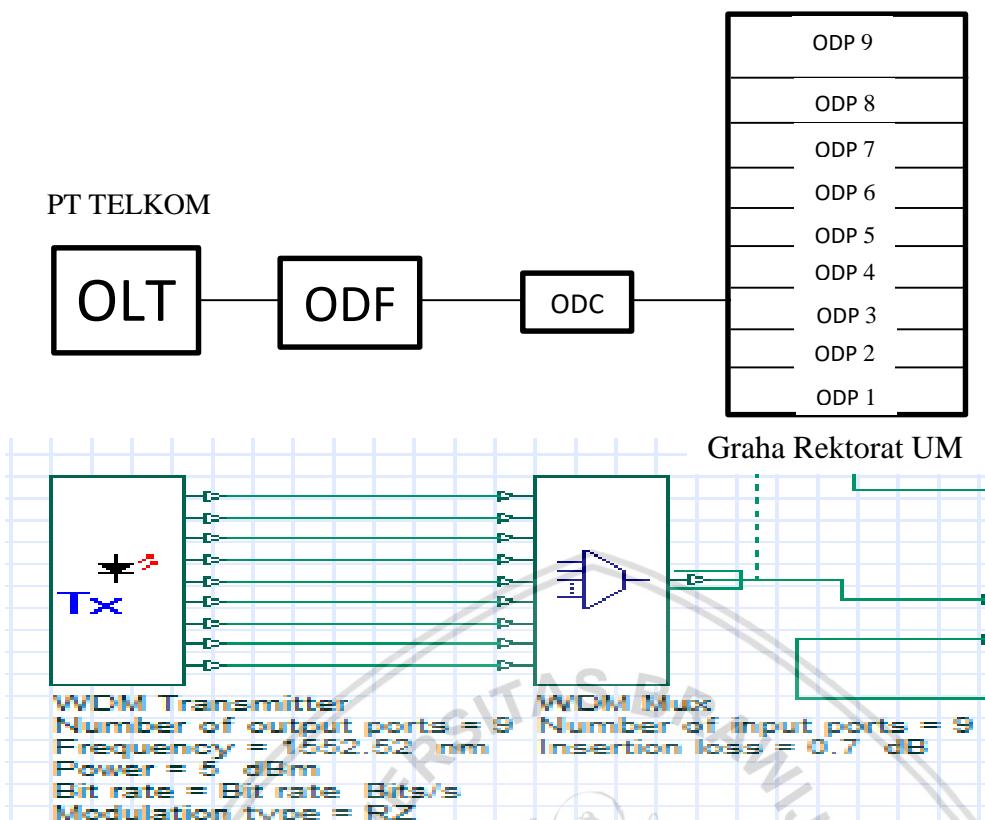
M = 7,982 dB

- Daya total lebih besar daripada total redaman ($P_r > \text{a total}$)
- Nilai margin lebih besar dari 0 ($M > 0$)

Sehingga dari hasil yang didapatkan, dapat dikatakan bahwa desain jaringan FTTB tersebut memenuhi kelayakan operasi pada suatu desain jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON.

4.2.2 Link Power Budget pada panjang gelombang 1550 nm

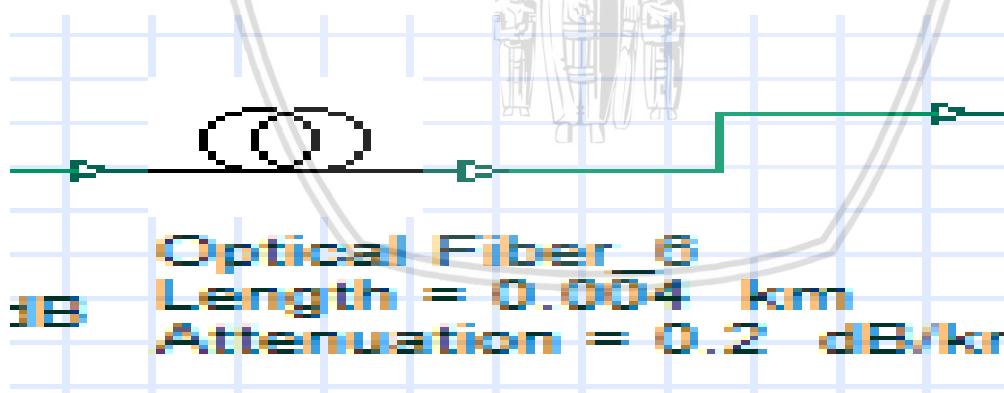
Panjang gelombang 1550 nm digunakan untuk transmisi *downstream* pada jaringan *Fiber To The Building* dengan teknologi GPON. Perhitungan mengacu pada data sheet perangkat yang digunakan, berikut perhitungannya:



Gambar 4. 29 Link Power Budget pada panjang gelombang 1550 nm downstream
Sumber: perncangan

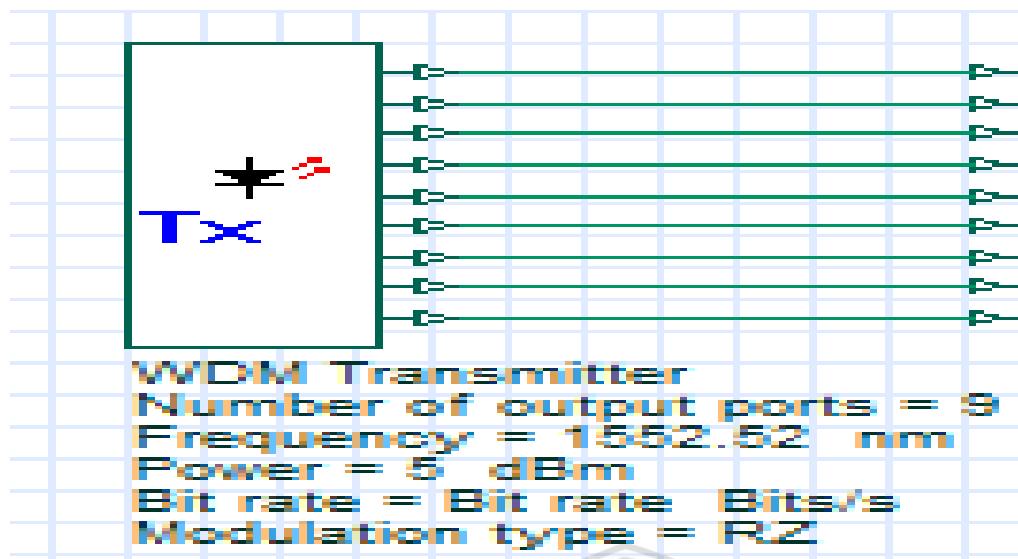
1. Perhitungan Link Power Budget pada ONT-1

- Rugi serat optik pada 1550 nm (α_f) = 0,2 dB/km



Gambar 4. 30 rugi serat optik
Sumber: perncangan

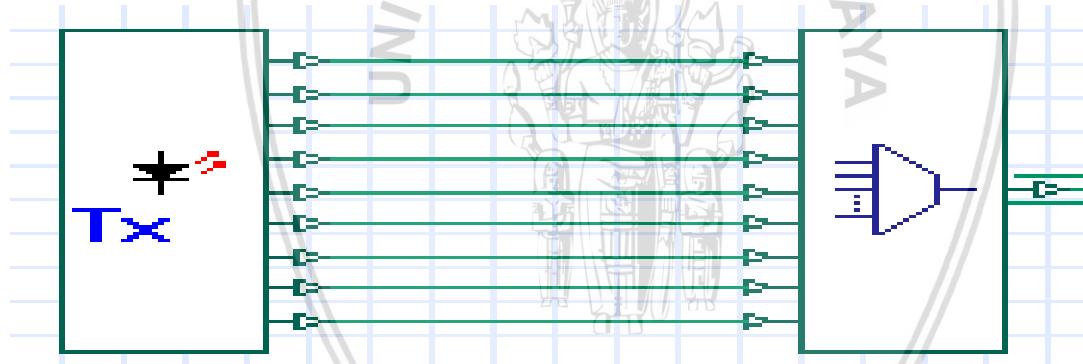
- Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT (Ps) = 5 dBm



Gambar 4. 31 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT

Sumber: perncangan

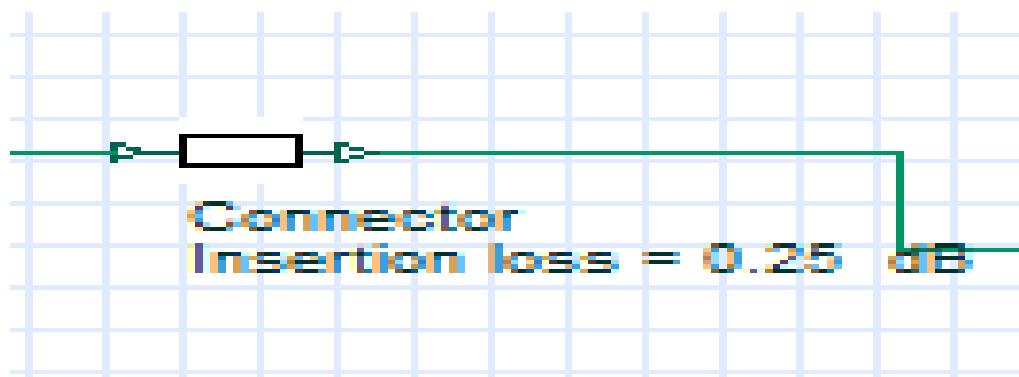
- Sensitifitas perangkat ONT (P_r) = -28 dBm
- Jarak transmisi (D) = 3,808 km
- Jumlah splicing (N_s) = 8



Gambar 4. 32 Jumlah splicing

Sumber: perncangan

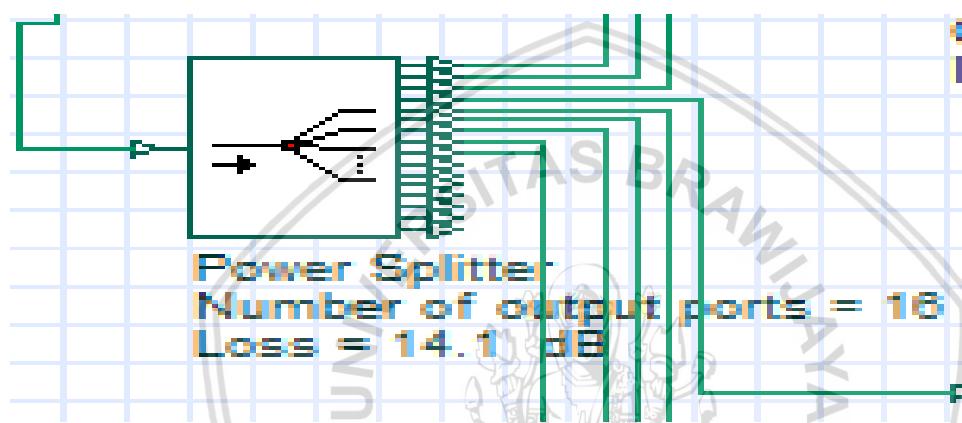
- Rugi splicing (L_s) = 0,1 dB
- Jumlah konektor (N_c) = 5
- Rugi konektor (L_c) = 0,25 dB



Gambar 4. 33 Rugi konektor

Sumber: perncangan

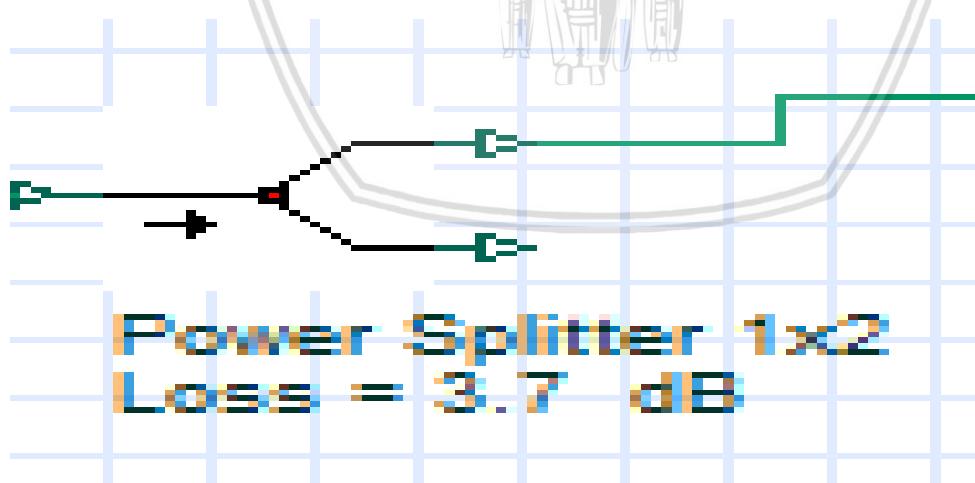
- Rugi splitter 1:16 (S) = 14,1 dB



Gambar 4. 34 Rugi splitter 1:16

Sumber: perncangan

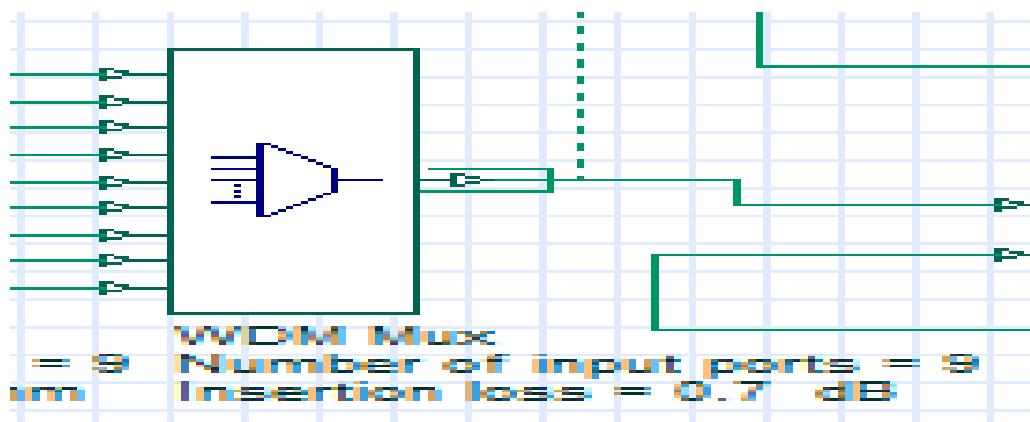
- Rugi splitter 1:2 (S) = 3,7 dB



Gambar 4. 35 Rugi splitter 1:2

Sumber: perncangan

- Rugi WDM coupler = 0,7 dB



Gambar 4. 36 Rugi WDM coupler

Sumber: perncangan

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

a. **Power budget**

$$P_t = P_s - P_r$$

$$P_t = 5 - (-28)$$

$$P_t = 33 \text{ dBm}$$

b. **Total redaman pada desain jaringan:**

$$\text{a total} = (\alpha_f \times D) + (N_s \times L_s) + (N_c \times L_c) + S + L_{coupler}$$

$$\text{a total} = (0,2 \times 3,808) + (8 \times 0,1) + (5 \times 0,25) + 14,1 + 3,7 + (2 \times 0,7)$$

$$\text{a total} = 22,012 \text{ dBm}$$

c. **Margin system:**

$$M = (P_s - P_r) - \text{a total} - 3 \text{ dB} \text{ [safety Margin]}$$

$$M = 33 - 22,012 - 3$$

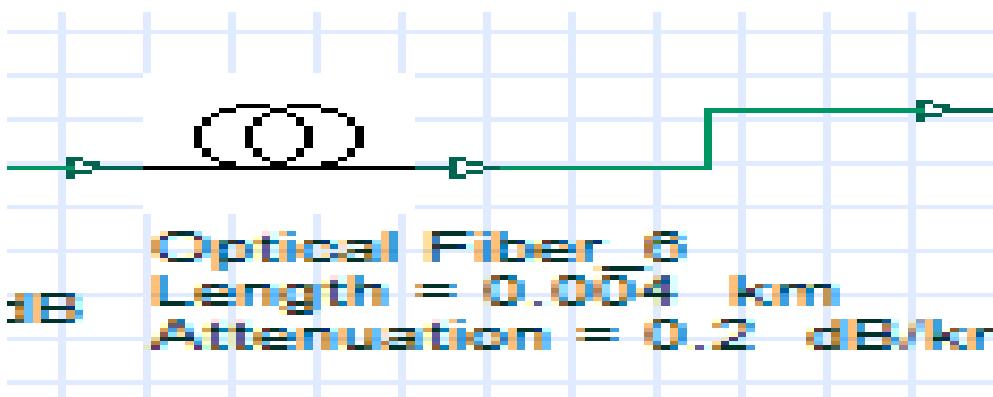
$$M = 7,988 \text{ dB}$$

- Daya total lebih besar daripada total redaman ($P_r > \text{a total}$)
- Nilai margin lebih besar dari 0 ($M > 0$)

Sehingga dari hasil yang didapatkan, dapat dikatakan bahwa desain jaringan FTTB tersebut memenuhi kelayakan operasi pada suatu desain jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON.

2. Perhitungan *Link Power Budget* pada ONT-N

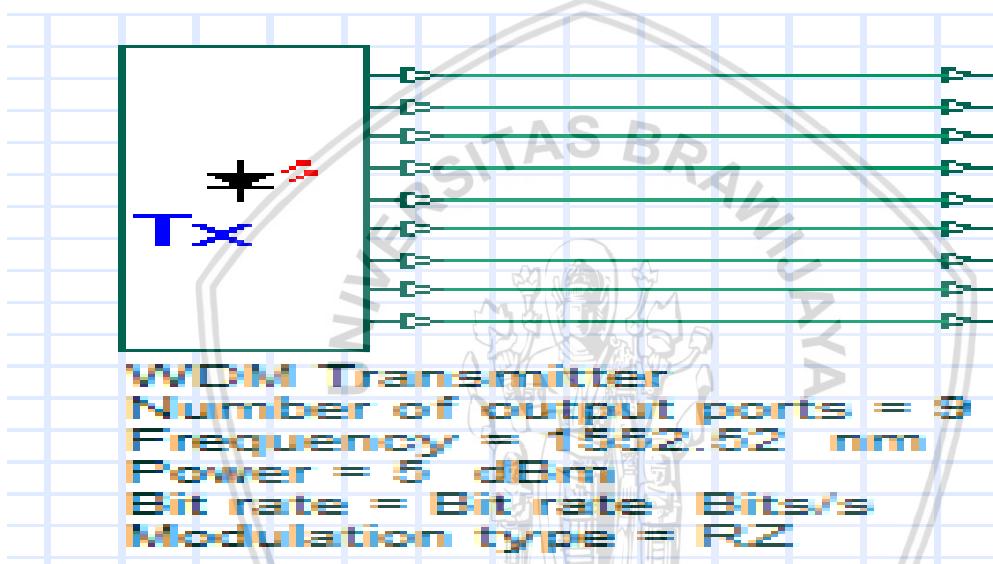
- Rugi serat optik pada 1550 nm (α_f) = 0,2 dB/km



Gambar 4. 37 rugi serat optik

Sumber: perncangan

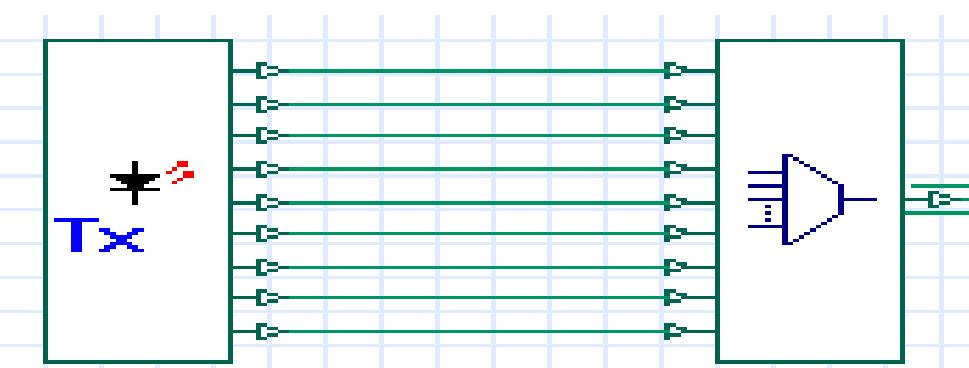
- Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT (P_s) = 5 dBm



Gambar 4. 38 Daya minimum yang dipancarkan perangkat OLT

Sumber: perncangan

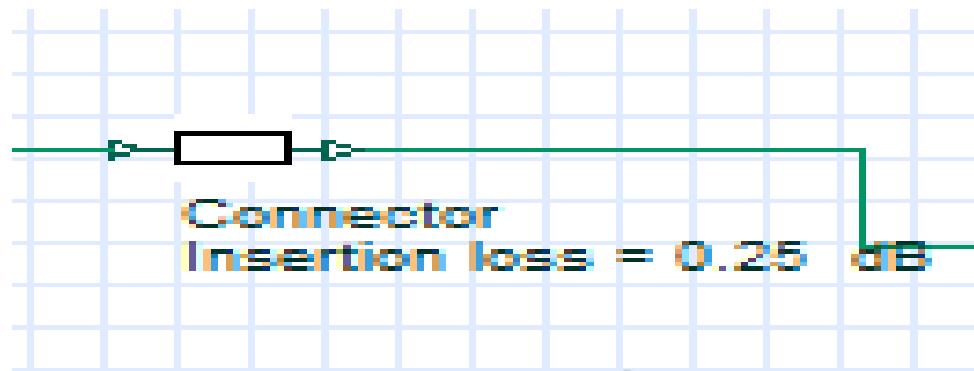
- Sensitifitas perangkat ONT (P_r) = -28 dBm
- Jarak transmisi (D) = 3,84 km
- Jumlah splicing (N_s) = 8



Gambar 4. 39 Jumlah splicing

Sumber: perncangan

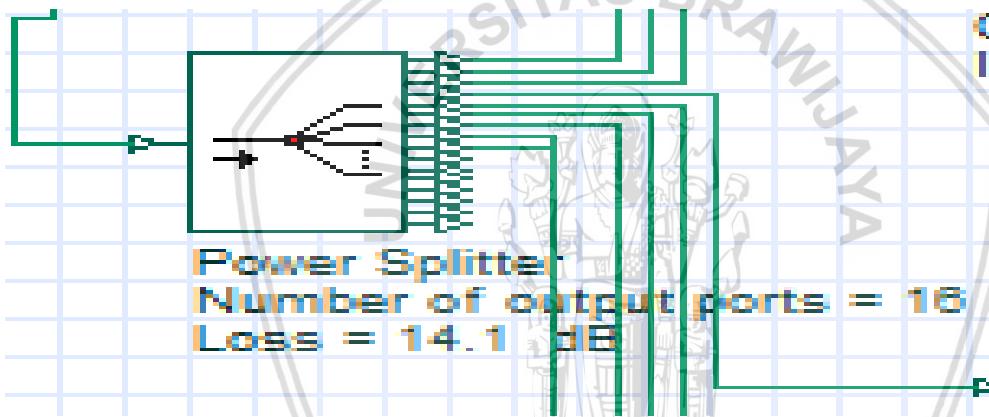
- Rugi splicing (L_s) = 0,1 dB
- Jumlah konektor (N_c) = 5
- Rugi konektor (L_c) = 0,25 dB



Gambar 4.40 Rugi konektor

Sumber: perncangan

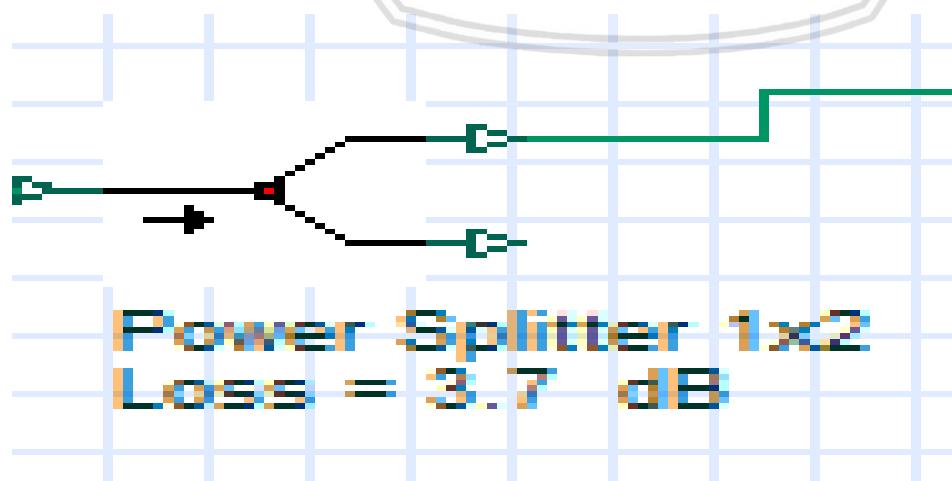
- Rugi splitter 1:16 (S) = 14,1 dB



Gambar 4. 41 Rugi splitter 1:16

Sumber: perncangan

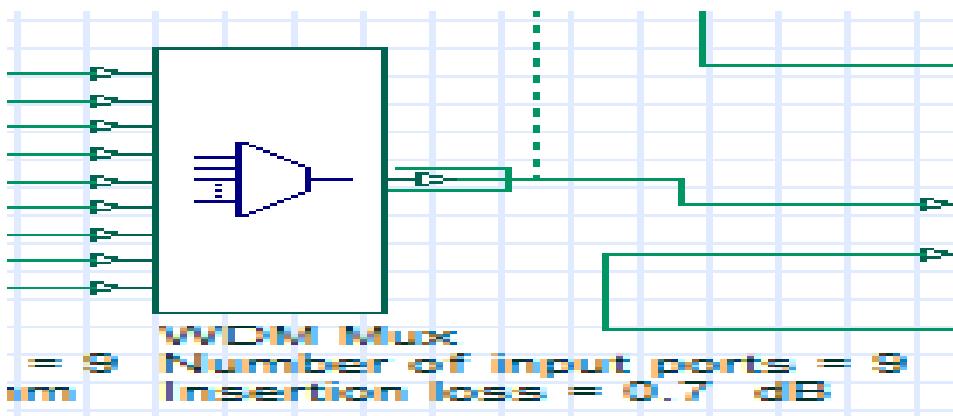
- Rugi splitter 1:2 (S) = 3,7 dB



Gambar 4. 42 Rugi splitter 1:2

Sumber: perncangan

- Rugi WDM coupler = 0,7 dB



Gambar 4. 43 Rugi WDM coupler

Sumber: perncangan

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

a. **Power budget**

$$P_t = P_s - P_r$$

$$P_t = 5 - (-28)$$

$$\mathbf{P_t = 33 \text{ dBm}}$$

b. **Total redaman pada desain jaringan:**

$$\text{a total} = (\alpha_f \times D) + (N_s \times L_s) + (N_c \times L_c) + S + L_{coupler}$$

$$\text{a total} = (0,2 \times 3,84) + (8 \times 0,1) + (5 \times 0,25) + 14,1 + 3,7 + (2 \times 0,7)$$

$$\mathbf{\text{a total} = 22,018 \text{ dB}}$$

c. **Margin system:**

$$M = (P_s - P_r) - \text{a total} - 3 \text{ dB} \text{ [safety Margin]}$$

$$M = 33 - 22,018 - 3$$

$$\mathbf{M = 7,982 \text{ dB}}$$

- Daya total lebih besar daripada total redaman ($P_r > \text{a total}$)
- Nilai margin lebih besar dari 0 ($M > 0$)

Sehingga dari hasil yang didapatkan, dapat dikatakan bahwa desain jaringan FTTB tersebut memenuhi kelayakan operasi pada suatu desain jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON.

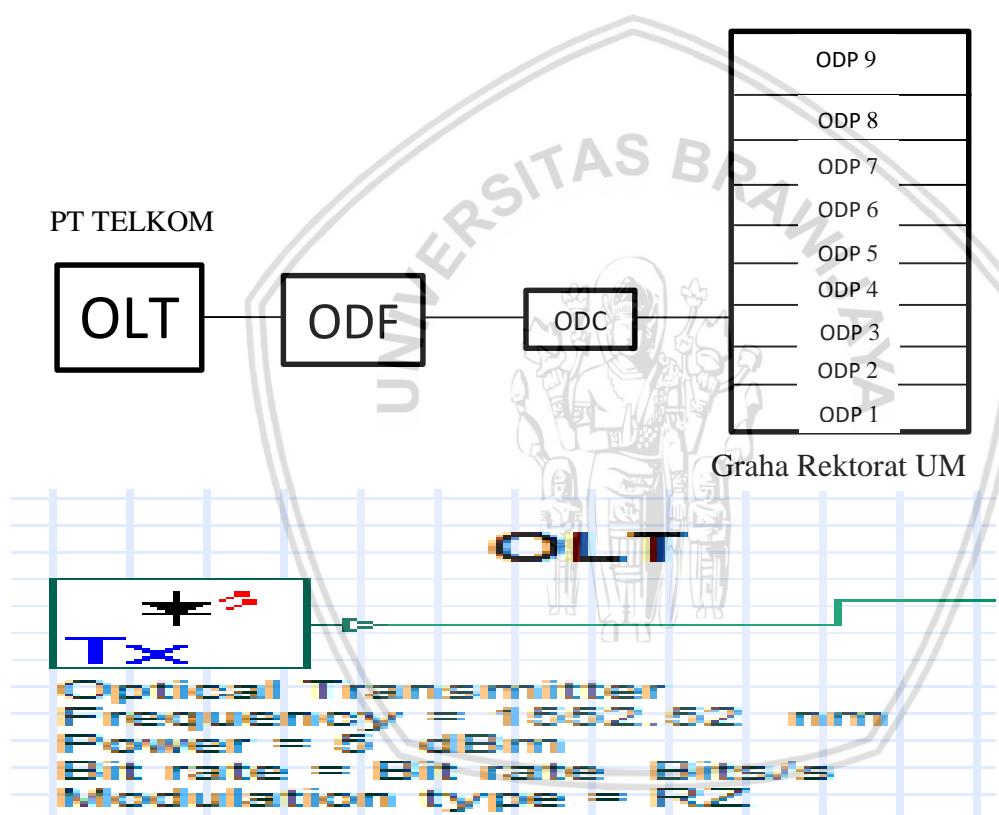
4.3 Perhitungan *Link Rise Time Budget*

Link Rise Time Budget merupakan suatu metode untuk menentukan batasan dispersi (pelebaran pulsa) suatu link serat optik akibat pengiriman informasi dari transmitter ke receiver yang menyebabkan pemborosan *bandwidth* pada sistem tersebut. Metode ini bertujuan untuk menganalisa apakah suatu jaringan telah mencapai unjuk kerja yang

diinginkan secara keseluruhan dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70% dari satu periode bit NRZ atau 35% dari satu periode bit untuk mdara RZ. Pada jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) menggunakan panjang gelombang dengan rentan panjang gelombang 1550 nm.

4.3.1 Link Rise Time Budget pada panjang gelombang 1550 nm

Panjang gelombang 1550 nm digunakan untuk transmisi *upstream* pada jaringan *Fiber To The Building* dengan teknologi GPON. Perhitungan mengacu pada data sheet perangkat yang digunakan, berikut perhitungannya:



Gambar 4. 44 Link Rise Time Budget pada panjang gelombang 1550 nm *upstream*
Sumber: perncangan

1. Perhitungan Link Rise Time Budget pada ONT ke 1

- indeks bias inti serat optik (n_1) = 1,4682
- indeks bias selubung serat optik (n_2) = 1,4676
- Koefisien Polarization Mode Dispersion (PMD) serat optik (t_{PMD}) = $0,06 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$
- Rise Time Detektor optik pada OLT (t_{Rx}) = 150 ps = 0,15 ns
- Rise Time Detektor optik pada ONT (t_{Tx}) = 160 ps = 0,16 ns
- Jari-jari inti fiber (a) = 8,2 μm

- Koefisien dispersi bahan serat optik (t_{dm}) = 18 ps/nm.km
- Lebar spectrum detector optik pada ONT (Δ_λ) = 1 nm

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan dispersi khromatis

$$\tau_m = t_{dm} \times \Delta_\lambda \times D$$

$$\tau_m = 18 \times 1 \times 3,808$$

$$\tau_m = \mathbf{68,54 \text{ ps}}$$

- b. Perhitungan selisih indeks bias

$$\Delta_S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\Delta_S = \frac{1,4682 - 1,4676}{1,4682}$$

$$\Delta_S = \mathbf{4,0866 \times 10^{-4}}$$

- c. Perhitungan frekuensi ternormalisasi

$$v = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot a \cdot n_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta_S}$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14}{1550 \times 10^{-9}} \cdot 8,2 \times 10^{-6} \cdot 1,4682 \cdot \sqrt{2 \cdot 4,0866 \times 10^{-4}}$$

$$v = \mathbf{0,757 \text{ Hz}}$$

- d. Perhitungan koefisien dispersi

$$D_w = \frac{4(1-\ln v)}{v^2}$$

$$D_w = \frac{4(1-\ln 0,757)}{0,757^2}$$

$$D_w = \mathbf{8,92}$$

- e. Perhitungan dispersi pandu gelombang

$$\tau_w = \frac{D}{c \cdot \lambda_0} (n_1 - n_2) \cdot D_w \cdot \Delta_\lambda$$

$$\tau_w = \frac{3,808 \times 10^3}{3 \cdot 10^8 \times 1550 \cdot 10^{-9}} (1,4682 - 1,4676) 8,92 \cdot 1 \times 10^{-9}$$

$$\tau_w = \mathbf{0,438 \text{ ps}}$$

- f. Perhitungan total nilai dispersi intarodal

$$t_{intra} = \tau_m + \tau_w$$

$$t_{intra} = 68,54 + 0,438$$

$$t_{intra} = \mathbf{68,98 \text{ ps}}$$

- g. Perhitungan t_{PMD} pada ONU 1

$$t_{PMD} = 0,06 \text{ ps} / \sqrt{3,808}$$

$$t_{PMD} = 0,031 \text{ ps}$$

h. Perhitungan total rise time budget

$$t_{sys} = (t_{tx}^2 + t_{mod}^2 + t_{intra}^2 + t_{PMD}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$$

$$t_{sys} = [(0.15)^2 + 0 + (0,06898)^2 + (0,000031)^2 + (0,16)^2]^{1/2}$$

$$\mathbf{t_{sys} = 0,229 \text{ ns}}$$

i. Perhitungan laju bit maksimum

Pada jaringan ini menggunakan format RZ, sehingga:

$$Br_{sis} = 0.35 / t_{sys}$$

$$Br_{sis} = 0.35 / 0,229$$

$$\mathbf{Br_{sis} = 1,53 \text{ Gbps}}$$

j. Equivalent rise time RZ

$$t_r = 0,35 / \text{bitrate}$$

$$t_r = 0,35 / (1,074 \times 10^9)$$

$$\mathbf{t_r = 0,33 \text{ ns}}$$

Dari hasil perhitungan didapat:

- Nilai total rise time lebih kecil daripada nilai equivalent rise time ($t_{sys} < t_r$)

Sehingga perhitungan tersebut memenuhi syarat pengkodean RZ yaitu, nilai maksimum rise time masih dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan.

2. Perhitungan Link Rise Time Budget pada ONT ke N

- indeks bias inti serat optik (n_1) = 1,4682
- indeks bias selubung serat optik (n_2) = 1,4676
- Koefisien Polarization Mode Dispersion (PMD) serat optik (t_{PMD}) = 0,06 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
- Rise Time Detektor optik pada OLT (t_{Rx}) = 150 ps = 0,15 ns
- Rise Time Detektor optik pada ONT (t_{Tx}) = 160 ps = 0,16 ns
- Jari-jari inti fiber (a) = 8,2 μm
- Koefisien dispersi bahan serat optik (t_{dm}) = 18 ps/nm.km
- Lebar spectrum detector optik pada ONT (Δ_λ) = 1 nm

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan dispersi khromatis

$$\tau_m = t_{dm} \times \Delta_\lambda \times D$$

$$\tau_m = 18 \times 1 \times 3,84$$

$$\mathbf{\tau_m = 69,12 \text{ ps}}$$

b. Perhitungan selisih indeks bias

$$\Delta_s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\Delta_S = \frac{1,4682 - 1,4676}{1,4682}$$

$$\Delta_S = 4,0866 \times 10^{-4}$$

c. Perhitungan frekuensi ternormalisasi

$$v = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot a \cdot n_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta_S}$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14}{1550 \times 10^{-9}} \cdot 8,2 \times 10^{-6} \cdot 1,4682 \cdot \sqrt{2 \cdot 4,0866 \times 10^{-4}}$$

$$v = 0,757 \text{ Hz}$$

d. Perhitungan koefisien dispersi

$$D_w = \frac{4(1 - \ln v)}{v^2}$$

$$D_w = \frac{4(1 - \ln 1,3945)}{1,3945^2}$$

$$D_w = 8,92$$

e. Perhitungan dispersi pandu gelombang

$$\tau_w = \frac{D}{c \cdot \lambda_0} (n_1 - n_2) \cdot D_w \cdot \Delta_\lambda$$

$$\tau_w = \frac{3,84 \times 10^3}{3 \cdot 10^8 \times 1550 \cdot 10^{-9}} (1,4682 - 1,4676) \cdot 8,92 \cdot 1 \times 10^{-9}$$

$$\tau_w = 0,442 \text{ ps}$$

f. Perhitungan total nilai dispersi intarodal

$$t_{intra} = \tau_m + \tau_w$$

$$t_{intra} = 69,12 + 0,442$$

$$t_{intra} = 69,56 \text{ ps}$$

g. Perhitungan t_{PMD} pada ONU 1

$$t_{PMD} = 0,06 \text{ ps} / \sqrt{3,84}$$

$$t_{PMD} = 0,031 \text{ ps}$$

h. Perhitungan total rise time budget

$$t_{sys} = (t_{tx}^2 + t_{mod}^2 + t_{intra}^2 + t_{PMD}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$$

$$t_{sys} = [(0,15)^2 + 0 + (0,06956)^2 + (0,000031)^2 + (0,16)^2]^{1/2}$$

$$t_{sys} = 0,23 \text{ ns}$$

i. Perhitungan laju bit maksimum

Pada jaringan ini menggunakan format RZ, sehingga:

$$Br_{sis} = 0,35 / t_{sys}$$

$$Br_{sis} = 0,35 / 0,23$$

$$Br_{sis} = 1,52 \text{ Gbps}$$

j. Equivalent rise time RZ

$$t_r = 0,35 / \text{bitrate}$$

$$t_r = 0,35 / (1,074 \times 10^9)$$

$$\mathbf{t_r = 0,33 \text{ ns}}$$

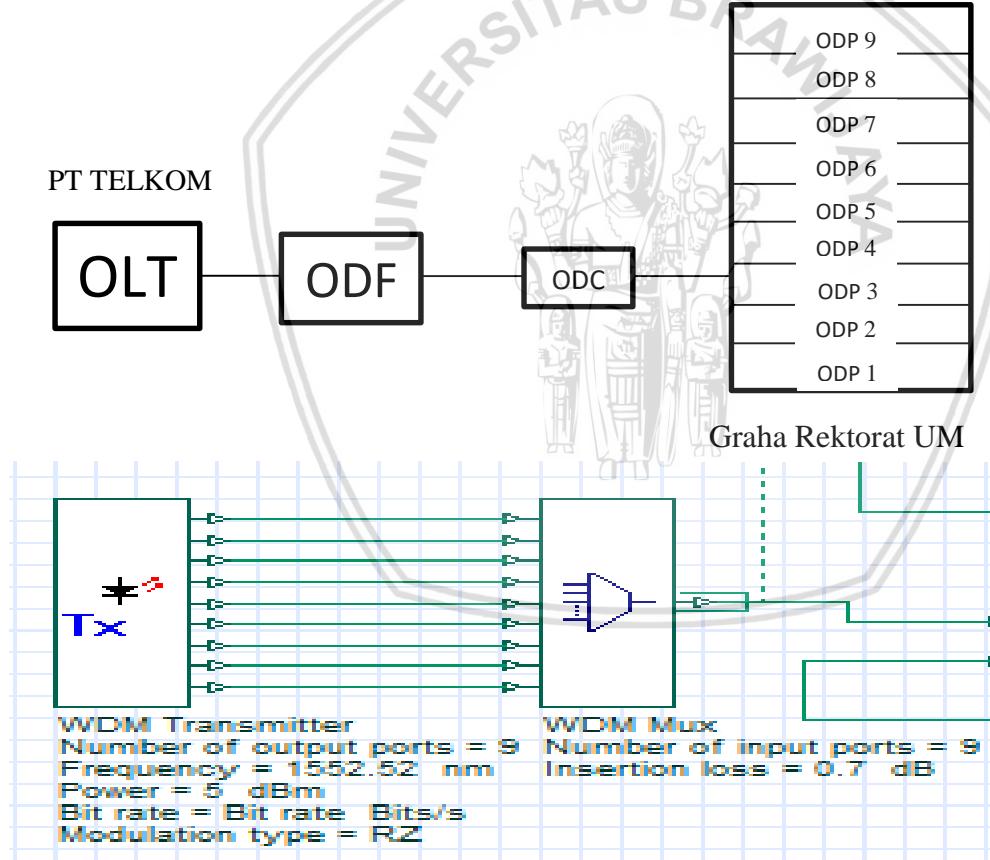
Dari hasil perhitungan didapat:

- Nilai total rise time lebih kecil daripada nilai equivalent rise time ($t_{sys} < t_r$)

Sehingga perhitungan tersebut memenuhi syarat pengkodean RZ yaitu, nilai maksimum rise time masih dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan.

4.3.2 Link Power Budget pada panjang gelombang 1550 nm

Panjang gelombang 1550 nm digunakan untuk transmisi *downstream* pada jaringan *Fiber To The Building* dengan teknologi GPON. Perhitungan mengacu pada data sheet perangkat yang digunakan, berikut perhitungannya:



Gambar 4. 45 Link Rise Time Budget pada panjang gelombang 1550 nm downstream
Sumber: perncangan

1. Perhitungan Link Rise Time Budget pada ONT ke 1

- indeks bias inti serat optik (n_1) = 1,4682
- indeks bias selubung serat optik (n_2) = 1,4676
- Koefisien Polarization Mode Dispersion (PMD) serat optik (t_{PMD}) = 0,06 ps/ $\sqrt{\text{km}}$



- Rise Time Detektor optik pada OLT (t_{Rx}) = 150 ps = 0,15 ns
- Rise Time Detektor optik pada ONT (t_{Tx}) = 160 ps = 0,16 ns
- Jari-jari inti fiber (a) = 8,2 μm
- Koefisien dispersi bahan serat optik (t_{dm}) = 18 ps/nm.km
- Lebar spectrum detector optik pada ONT (Δ_λ) = 1 nm

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan dispersi khromatis

$$\tau_m = t_{dm} \times \Delta_\lambda \times D$$

$$\tau_m = 18 \times 1 \times 3,808$$

$$\tau_m = 68,54 \text{ ps}$$

- b. Perhitungan selisih indeks bias

$$\Delta_S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\Delta_S = \frac{1,4682 - 1,4676}{1,4682}$$

$$\Delta_S = 4,0866 \times 10^{-4}$$

- c. Perhitungan frekuensi ternormalisasi

$$v = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot a \cdot n_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta_S}$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14}{1550 \times 10^{-9}} \cdot 8,2 \times 10^{-6} \cdot 1,4682 \cdot \sqrt{2 \cdot 4,0866 \times 10^{-4}}$$

$$v = 0,757 \text{ Hz}$$

- d. Perhitungan koefisien dispersi

$$D_w = \frac{4(1-\ln v)}{v^2}$$

$$D_w = \frac{4(1-\ln 0,757)}{0,757^2}$$

$$D_w = 8,92$$

- e. Perhitungan dispersi pandu gelombang

$$\tau_w = \frac{D}{c \cdot \lambda_0} (n_1 - n_2) \cdot D_w \cdot \Delta_\lambda$$

$$\tau_w = \frac{3,808 \times 10^3}{3 \cdot 10^8 \times 1550 \cdot 10^{-9}} (1,4682 - 1,4676) 8,92 \cdot 1 \times 10^{-9}$$

$$\tau_w = 0,438 \text{ ps}$$

- f. Perhitungan total nilai dispersi intarodal

$$t_{intra} = \tau_m + \tau_w$$

$$t_{intra} = 68,54 + 0,438$$

$$t_{intra} = 68,98 \text{ ps}$$

g. Perhitungan t_{PMD} pada ONU 1

$$t_{PMD} = 0,06 \text{ ps} / \sqrt{3,808}$$

$$t_{PMD} = 0,031 \text{ ps}$$

h. Perhitungan total rise time budget

$$t_{sys} = (t_{tx}^2 + t_{mod}^2 + t_{intra}^2 + t_{PMD}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$$

$$t_{sys} = [(0,15)^2 + 0 + (0,06898)^2 + (0,000031)^2 + (0,16)^2]^{1/2}$$

$$t_{sys} = 0,229 \text{ ns}$$

i. Perhitungan laju bit maksimum

Pada jaringan ini menggunakan format RZ, sehingga:

$$Br_{sis} = 0,35 / t_{sys}$$

$$Br_{sis} = 0,35 / 0,229$$

$$Br_{sis} = 1,53 \text{ Gbps}$$

j. Equivalent rise time RZ

$$t_r = 0,35 / \text{bitrate}$$

$$t_r = 0,35 / (1,074 \times 10^9)$$

$$t_r = 0,33 \text{ ns}$$

Dari hasil perhitungan didapat:

- Nilai total rise time lebih kecil daripada nilai equivalent rise time ($t_{sys} < t_r$)

Sehingga perhitungan tersebut memenuhi syarat pengkodean RZ yaitu, nilai maksimum rise time masih dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan.

2. Perhitungan Link Rise Time Budget pada ONT ke N

- indeks bias inti serat optik (n_1) = 1,4682
- indeks bias selubung serat optik (n_2) = 1,4676
- Koefisien Polarization Mode Dispersion (PMD) serat optik (t_{PMD}) = 0,06 ps/ \sqrt{km}
- Rise Time Detektor optik pada OLT (t_{Rx}) = 150 ps = 0,15 ns
- Rise Time Detektor optik pada ONT (t_{Tx}) = 160 ps = 0,16 ns
- Jari-jari inti fiber (a) = 8,2 μm
- Koefisien dispersi bahan serat optik (t_{dm}) = 18 ps/nm.km
- Lebar spectrum detector optik pada ONT (Δ_λ) = 1 nm

Perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan dispersi khromatis

$$\tau_m = t_{dm} \times \Delta_\lambda \times D$$

$$\tau_m = 18 \times 1 \times 3,84$$

$$\tau_m = 69,12 \text{ ps}$$

b. Perhitungan selisih indeks bias

$$\Delta_S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\Delta_S = \frac{1,4682 - 1,4676}{1,4682}$$

$$\Delta_S = 4,0866 \times 10^{-4}$$

c. Perhitungan frekuensi ternormalisasi

$$v = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot a \cdot n_1 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta_S}$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14}{1550 \times 10^{-9}} \cdot 8,2 \times 10^{-6} \cdot 1,4682 \cdot \sqrt{2 \cdot 4,0866 \times 10^{-4}}$$

$$v = 0,757 \text{ Hz}$$

d. Perhitungan koefisien dispersi

$$D_w = \frac{4(1 - \ln v)}{v^2}$$

$$D_w = \frac{4(1 - \ln 1,3945)}{1,3945^2}$$

$$D_w = 8,92$$

e. Perhitungan dispersi pandu gelombang

$$\tau_w = \frac{D}{c \cdot \lambda_0} (n_1 - n_2) \cdot D_w \cdot \Delta_\lambda$$

$$\tau_w = \frac{3,84 \times 10^3}{3 \cdot 10^8 \times 1550 \cdot 10^{-9}} (1,4682 - 1,4676) \cdot 8,92 \cdot 1 \times 10^{-9}$$

$$\tau_w = 0,442 \text{ ps}$$

f. Perhitungan total nilai dispersi intarodal

$$t_{intra} = \tau_m + \tau_w$$

$$t_{intra} = 69,12 + 0,442$$

$$t_{intra} = 69,56 \text{ ps}$$

g. Perhitungan t_{PMD} pada ONU 1

$$t_{PMD} = 0,06 \text{ ps} / \sqrt{3,84}$$

$$t_{PMD} = 0,031 \text{ ps}$$

h. Perhitungan total rise time budget

$$t_{sys} = (t_{tx}^2 + t_{mod}^2 + t_{intra}^2 + t_{PMD}^2 + t_{rx}^2)^{1/2}$$

$$t_{sys} = [(0,15)^2 + 0 + (0,06956)^2 + (0,000031)^2 + (0,16)^2]^{1/2}$$

$$t_{sys} = 0,23 \text{ ns}$$

i. Perhitungan laju bit maksimum



Pada jaringan ini menggunakan format RZ, sehingga:

$$Br_{\text{sis}} = 0,35 / t_{\text{sys}}$$

$$Br_{\text{sis}} = 0,35 / 0,23$$

$$\mathbf{Br_{\text{sis}} = 1,52 \text{ Gbps}}$$

- j. Equivalent rise time RZ

$$t_r = 0,35 / \text{bitrate}$$

$$t_r = 0,35 / (1,074 \times 10^9)$$

$$\mathbf{t_r = 0,33 \text{ ns}}$$

Dari hasil perhitungan didapat:

- Nilai total rise time lebih kecil daripada nilai equivalent rise time ($t_{\text{sys}} < t_r$)

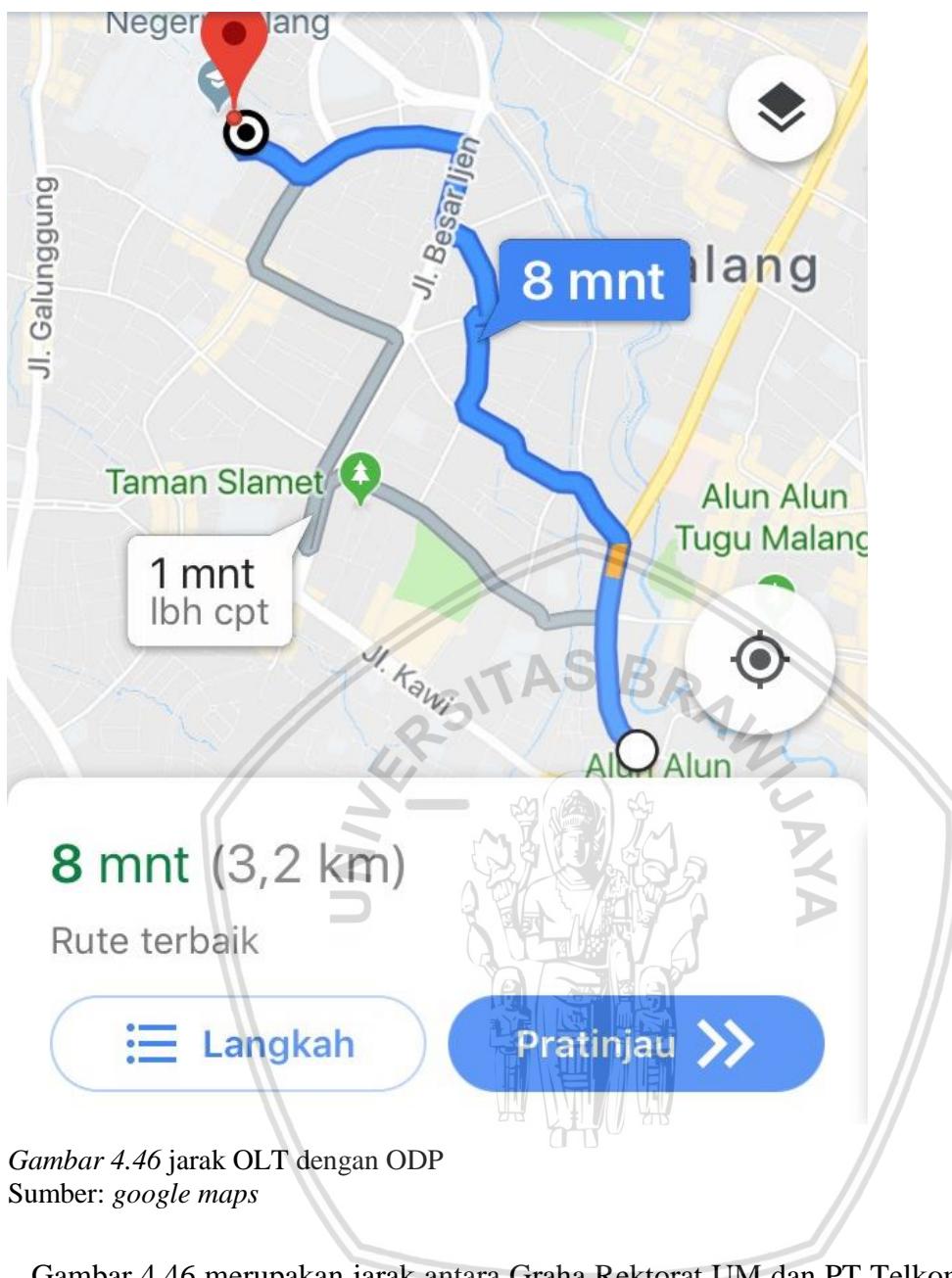
Sehingga perhitungan tersebut memenuhi syarat pengkodean RZ yaitu, nilai maksimum rise time masih dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan.

4.4 Desain Jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM

Desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) di Graha Rektorat UM menggunakan *software Optisystem* 7.0. Pada desain FTTB ini akan didesain jaringan pada setiap lantainya, tujuan dari desain jaringan ini adalah untuk mendapatkan nilai BER dan *Q-factor* yang baik dengan menggunakan *software Optisystem*. Analisis dilakukan dengan variasi jarak pada setiap lantai.

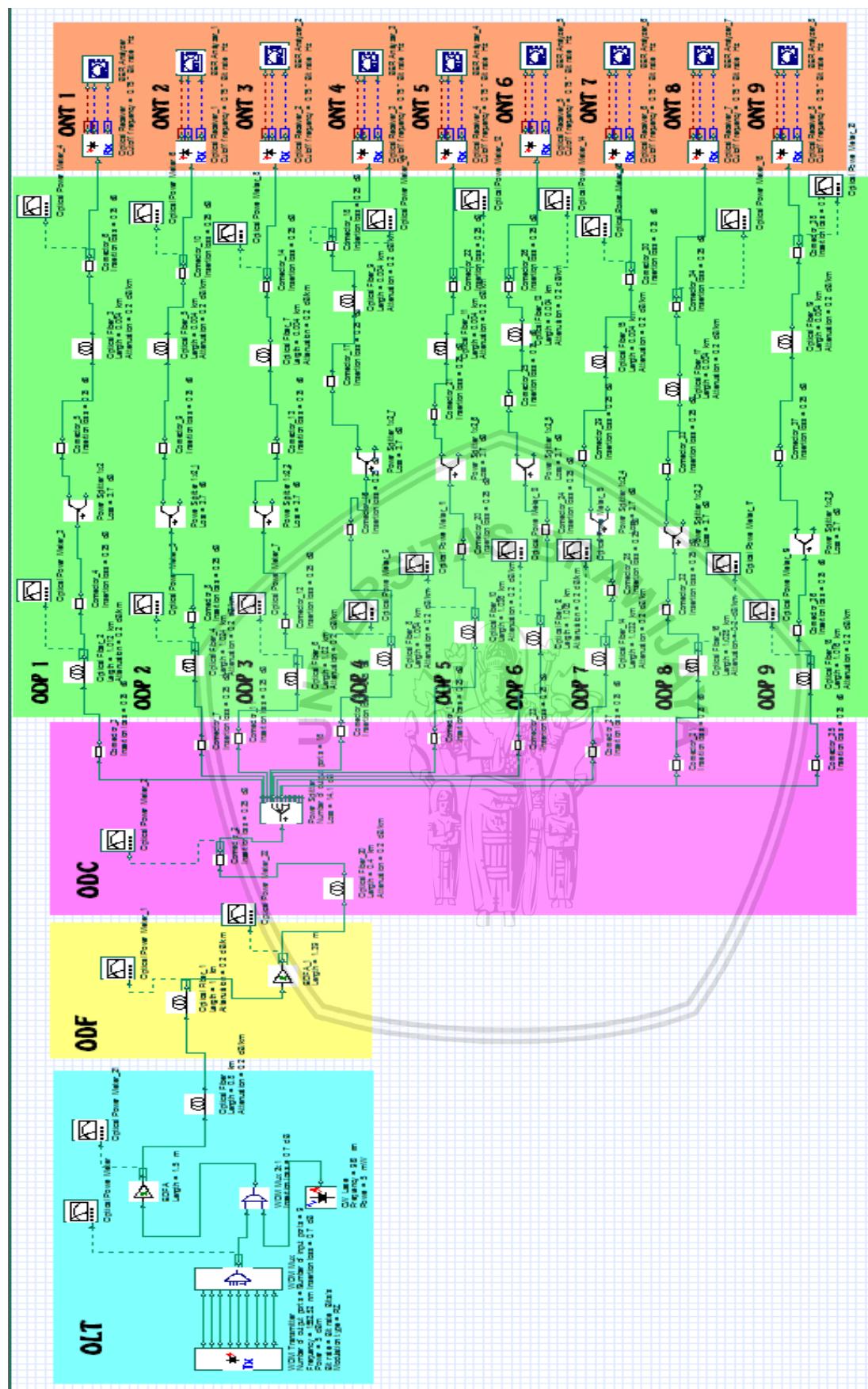
4.4.1 Desain Jaringan FTTB dengan *Optisystem* 7.0

Desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) pada *software Optiwave System* 7.0. Dalam desain jaringan tersebut dibagi menjadi lima bagian, yaitu OLT, ODF, ODC, ODP dan ONT. Perangkat yang digunakan pada bagian OLT adalah *optical transmitter* dan *optical power meter*. Untuk bagian ODF terdapat *connector* dan *optical fiber*. Sama halnya dengan ODF, pada bagian ODC terdapat *connector*, *optical fiber* dan juga *optical power meter* yang berguna untuk mengukur kekuatan pada serat optik. Selanjutnya pada ODP terdapat *optical power meter*, *connector*, *optical fiber* dan juga *splitter*. Pada bagian ONT terdapat *optical receiver* dan *BER analyzer* yang berfungsi untuk mengukur *Bit Error Rate* pada jaringan tersebut. Desain jaringan dapat dilihat pada gambar 4.47 dan 4.48:



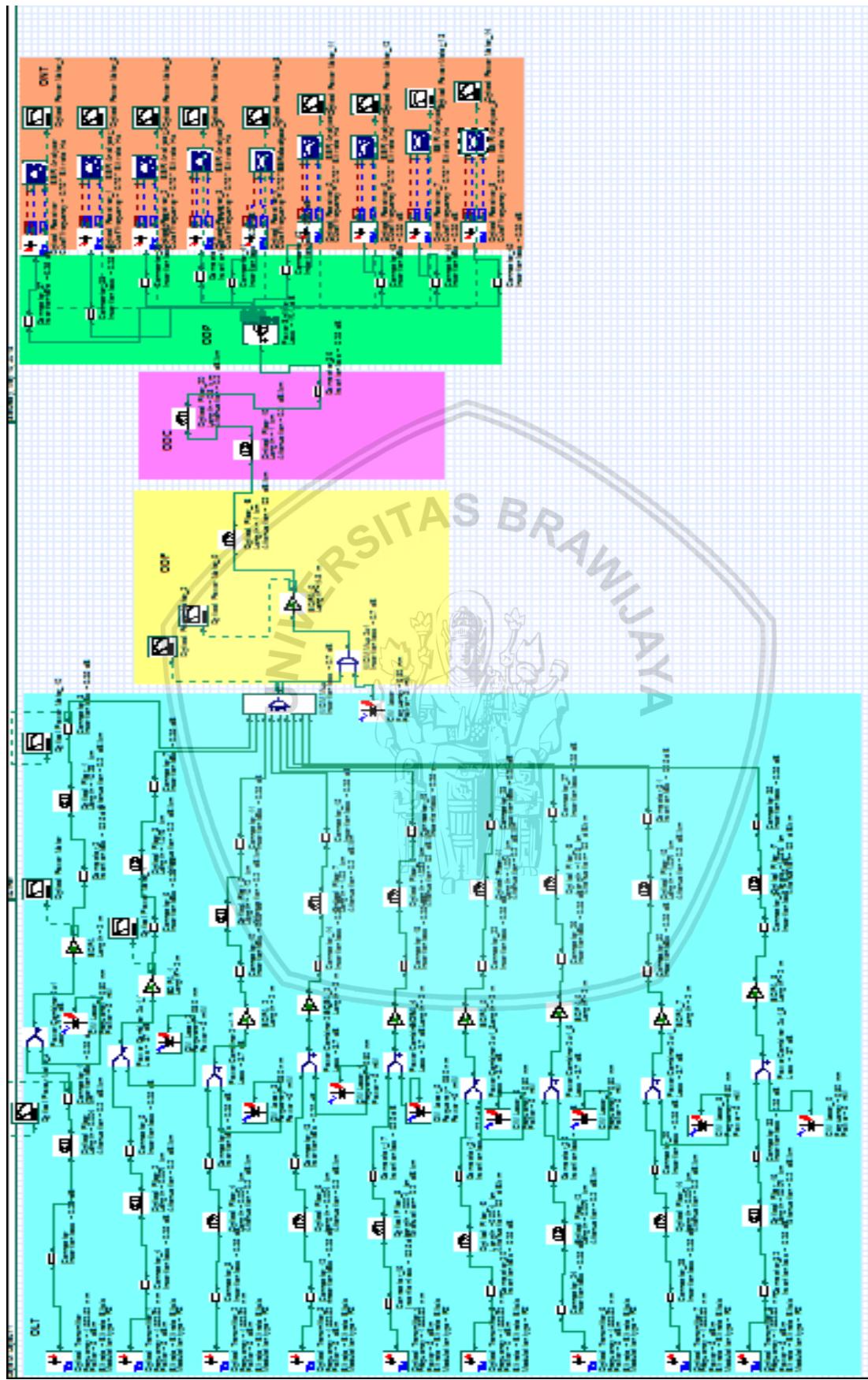
Gambar 4.46 jarak OLT dengan ODP
Sumber: google maps

Gambar 4.46 merupakan jarak antara Graha Rektorat UM dan PT Telkom. Dimana jarak yang sesungguhnya yaitu 3,2 km. Jarak antara OLT yaitu di PT Telkom dan ODF yaitu 0,2 km, jarak antara ODF dan ODC yaitu 1,04 km, dan jarak ODC ke ONT bervariasi yaitu 1,004 km, 1,008 km, 1,012 km, 1,016 km, 1,02 km, 1,024 km, 1,038 km, 1,032 km, dan 1,036 km.



Gambar 4.47 Desain jaringan FTTB downstream

Sumber: optisystem 7.0



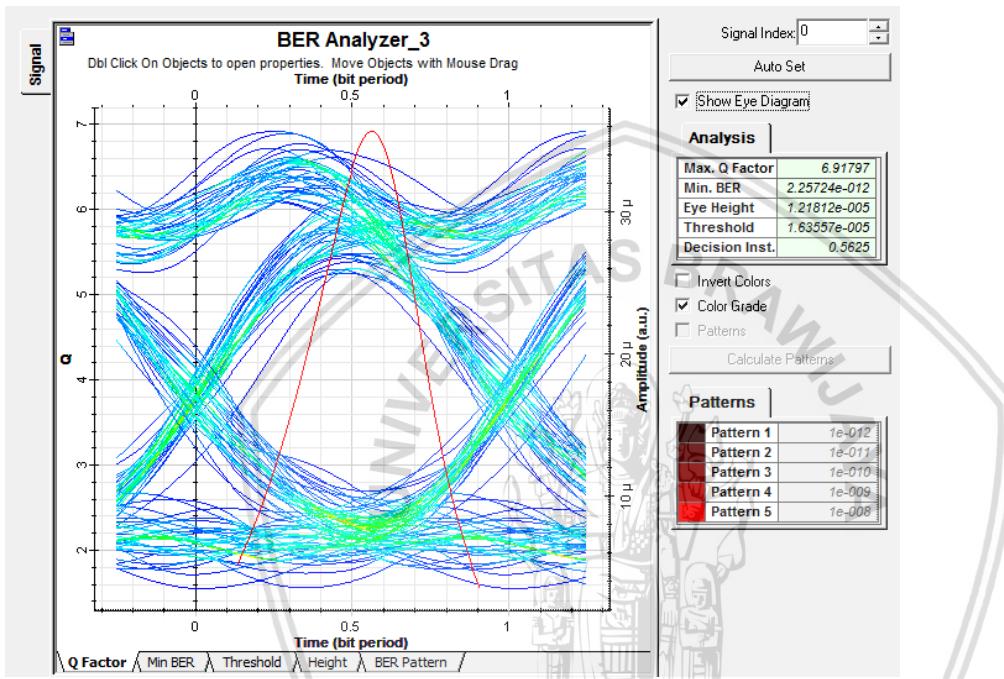
Gambar 4.48 desain jaringan FTTB upstream

Sumber: optisystem 7.0



4.4.2 Hasil Variasi Jarak ODP

Pada desain jaringan FTTB menggunakan *optisystem* 7.0 dengan menggunakan variasi jarak 1,004 km, 1,008 km, 1,012 km, 1,016 km, 1,02 km, 1,024 km, 1,028 km, 1,032 km, 1,036 km dan menggunakan 9 panjang gelombang yaitu, 1550,12 nm, 1550,92 nm, 1551,72 nm, 1552,52 nm, 1553,33 nm, 1554,13 nm, 1554,94 nm, 1555,75 nm, 1556,55nm. Berikut merupakan hasil simulasi menggunakan *optisystem* 7.0:

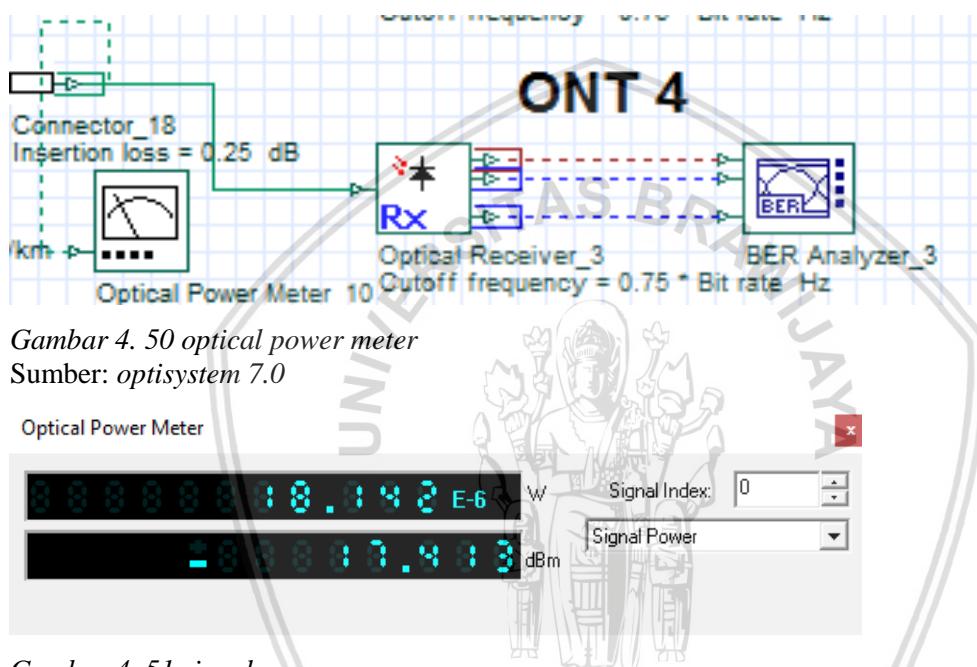
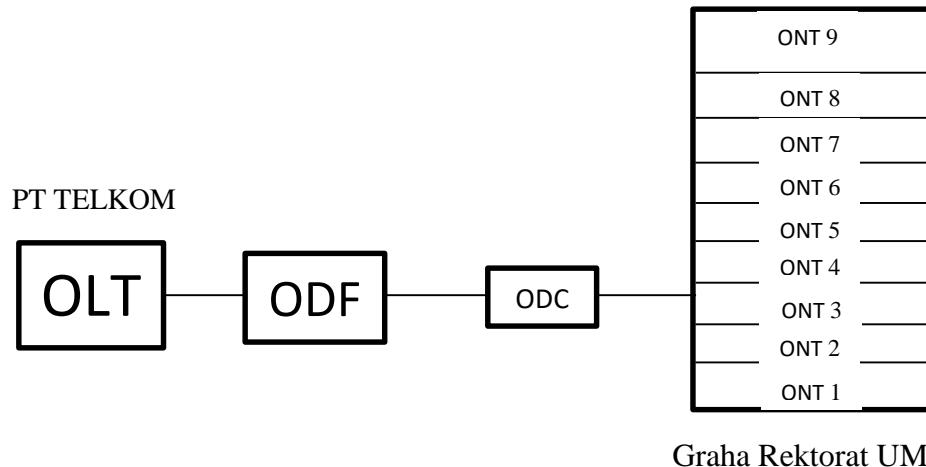


Gambar 4.49 jarak 1,004 km downstream

Sumber: *optisystem* 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,004 km *downstream* dengan *software optisystem* 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $2,25724 \times 10^{-12}$.

Perhitungan SNR:



Gambar 4. 51 signal power
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 52 noise power
Sumber: optisystem 7.0

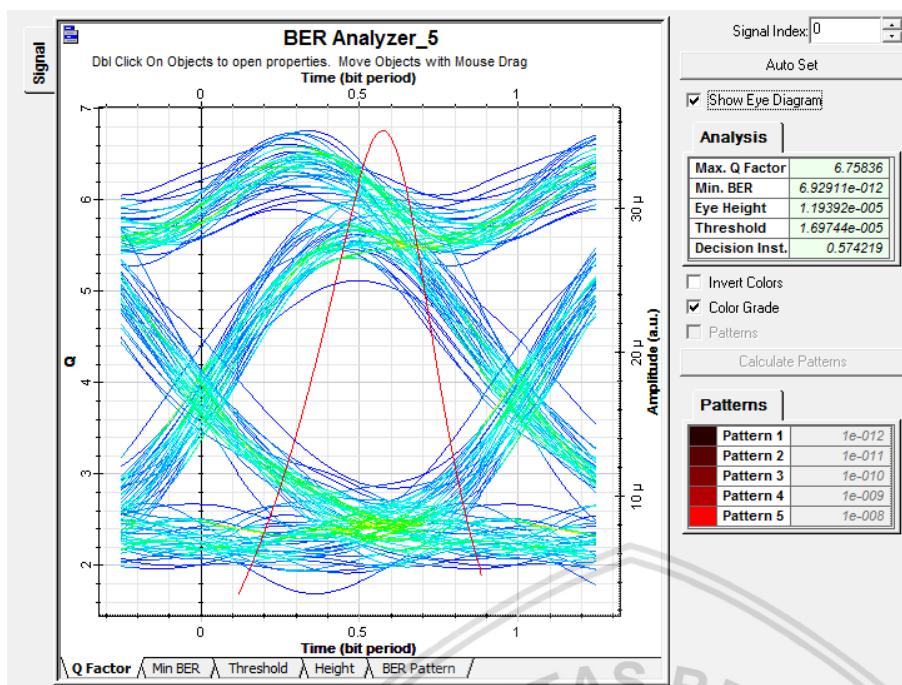
Sinyal power: $18,142 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $67,441 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,142 \times 10^{-6}}{67,441 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,30 \text{ dB}$$

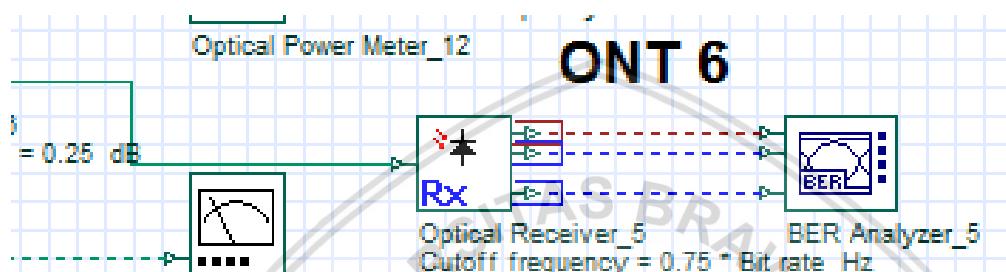
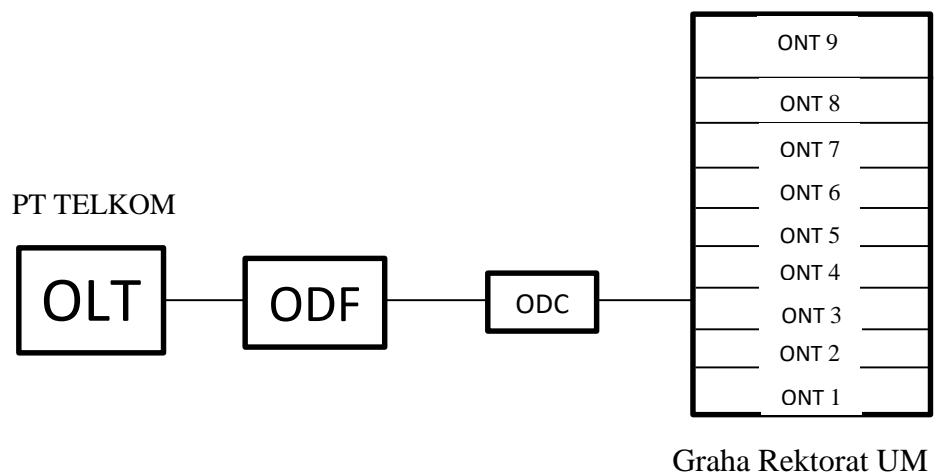


Gambar 4.53 jarak 1,008 km downstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,008 km *downstream* dengan *software optisystem 7.0* dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $6,92911 \times 10^{-12}$.

Perhitungan SNR:



Gambar 4. 54 optical power meter
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 55 signal power
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 56 noise power
Sumber: optisystem 7.0

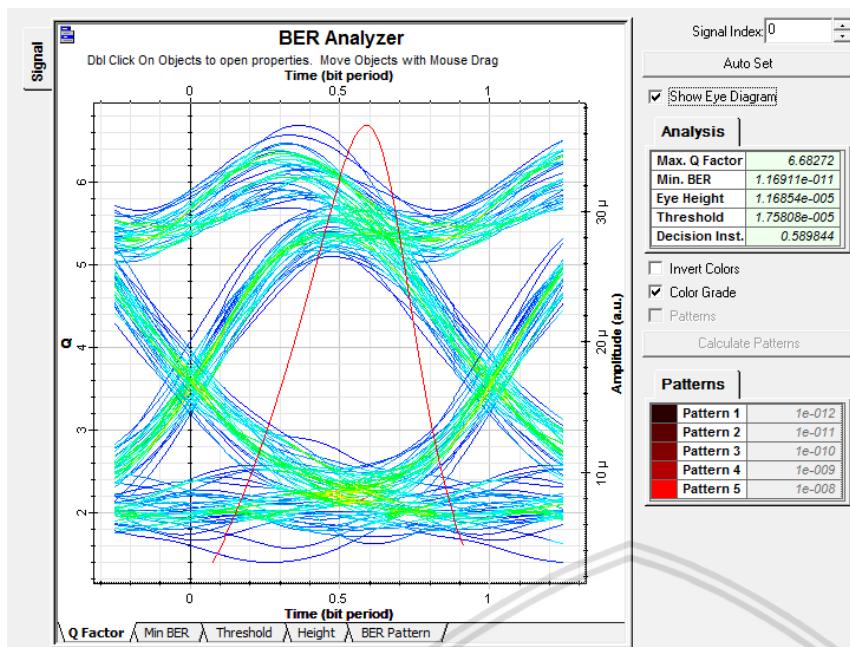
Sinyal power: $18,138 \times 10^{-6} \text{ W}$

Noise power: $67,428 \times 10^{-9} \text{ W}$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,138 \times 10^{-6}}{67,428 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,298 \text{ dB}$$

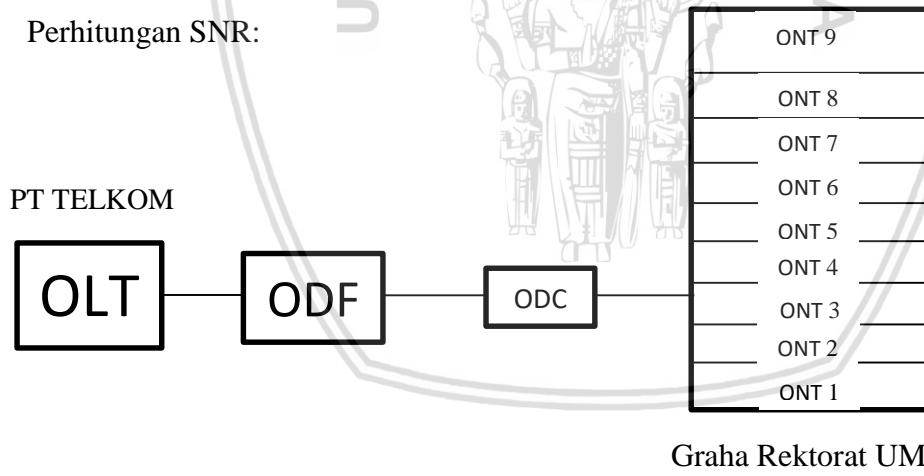


Gambar 4.57 jarak 1,012 km downstream

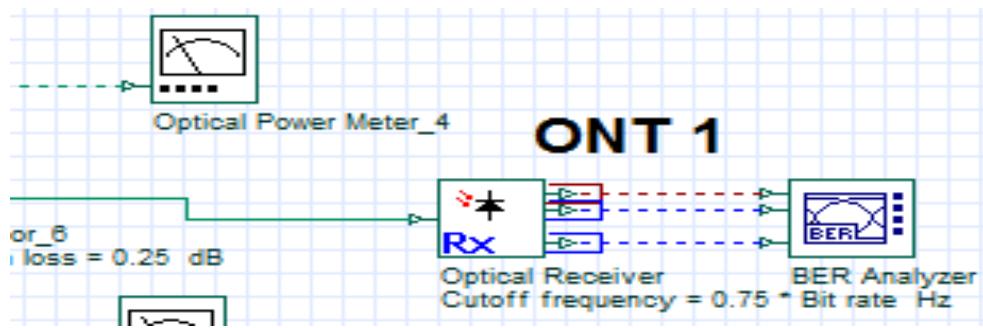
Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,012 km *downstream* dengan *software optisystem 7.0* dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,16911 \times 10^{-11}$.

Perhitungan SNR:

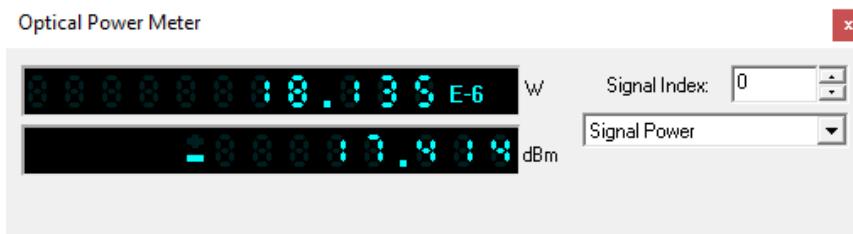


Graha Rektorat UM



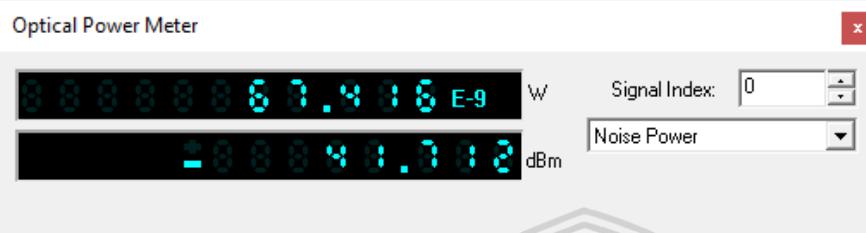
Gambar 4. 58 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 59 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 60 noise power

Sumber: optisystem 7.0

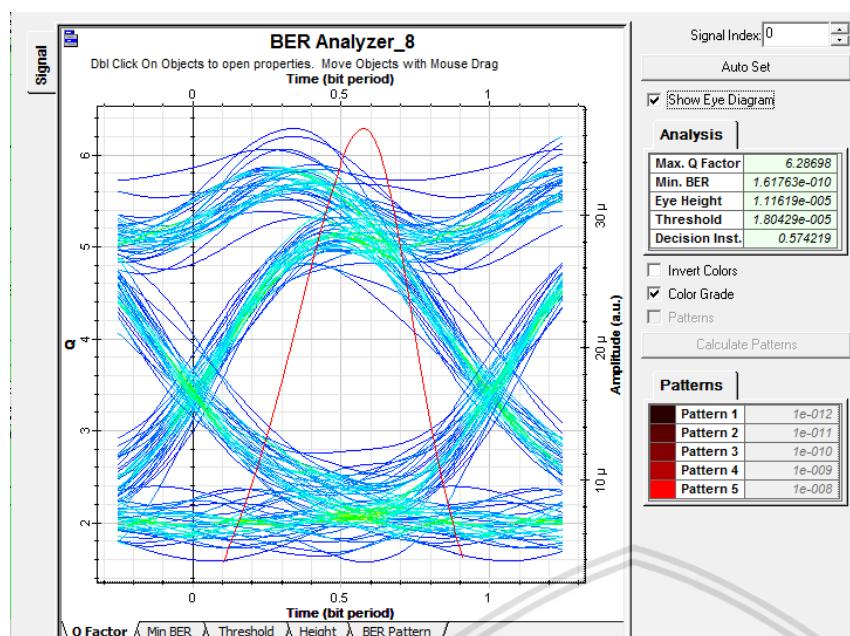
$$\text{Sinyal power: } 18,135 \times 10^{-6} \text{ W}$$

$$\text{Noise power: } 67,416 \times 10^{-9} \text{ W}$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \text{ (persamaan 2-11)}$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,135 \times 10^{-6}}{67,416 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,297 \text{ dB}$$

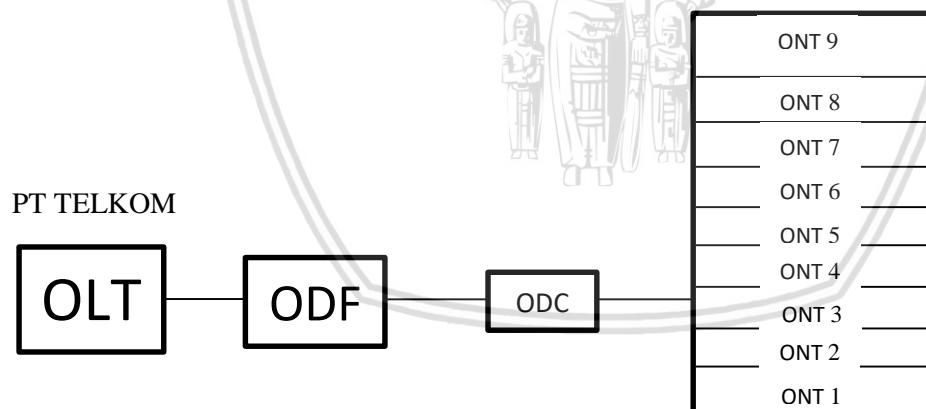


Gambar 4.61 jarak 1,016 km downstream

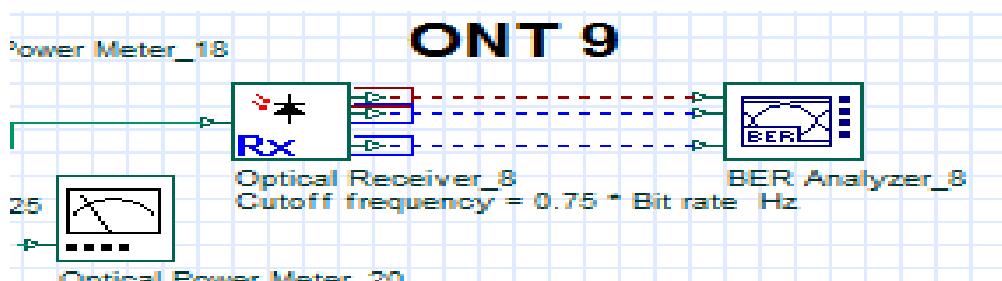
Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,016 km *downstream* dengan *software optisystem 7.0* dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,61763 \times 10^{-10}$.

Perhitungan SNR:

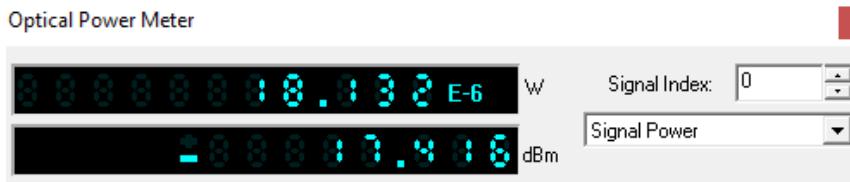


Graha Rektorat UM



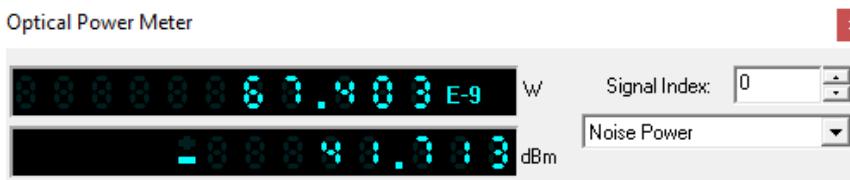
Gambar 4. 62 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 63 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 64 noise power

Sumber: optisystem 7.0

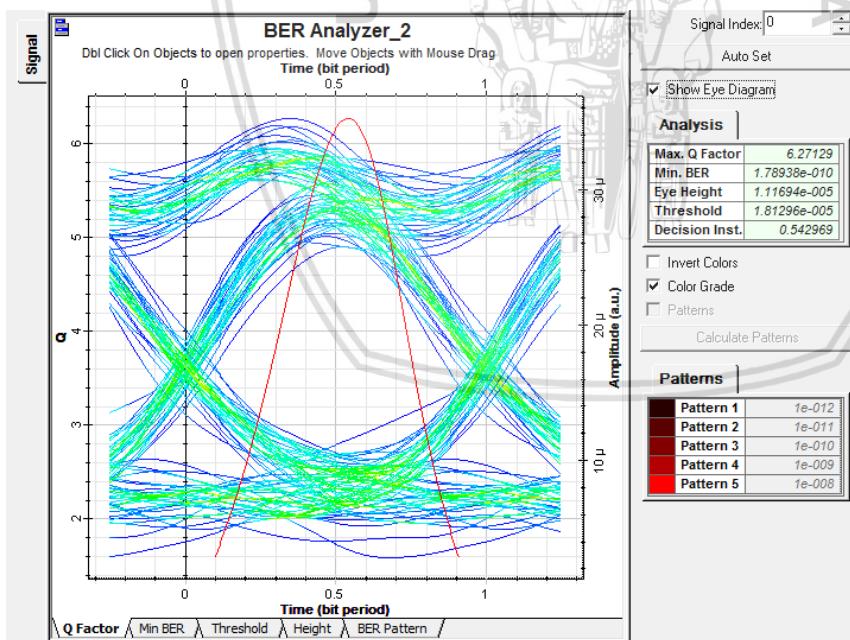
Sinyal power: $18,132 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $67,403 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,132 \times 10^{-6}}{67,403 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,296 \text{ dB}$$

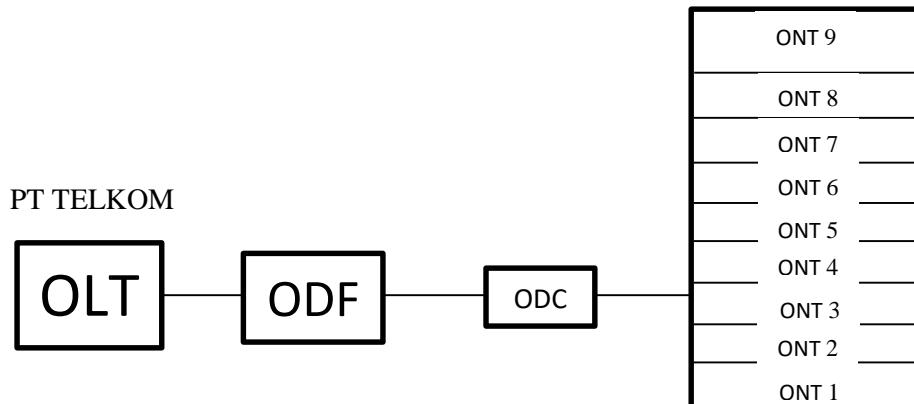


Gambar 4.65 jarak 1,02 km downstream

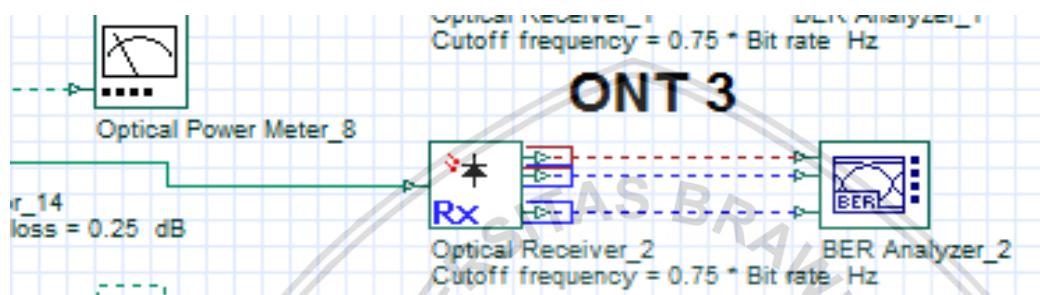
Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,02 km *downstream* dengan *software* optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,78938 \times 10^{-10}$.

Perhitungan SNR:



Graha Rektorat UM



Gambar 4. 66 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 67 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 68 noise power

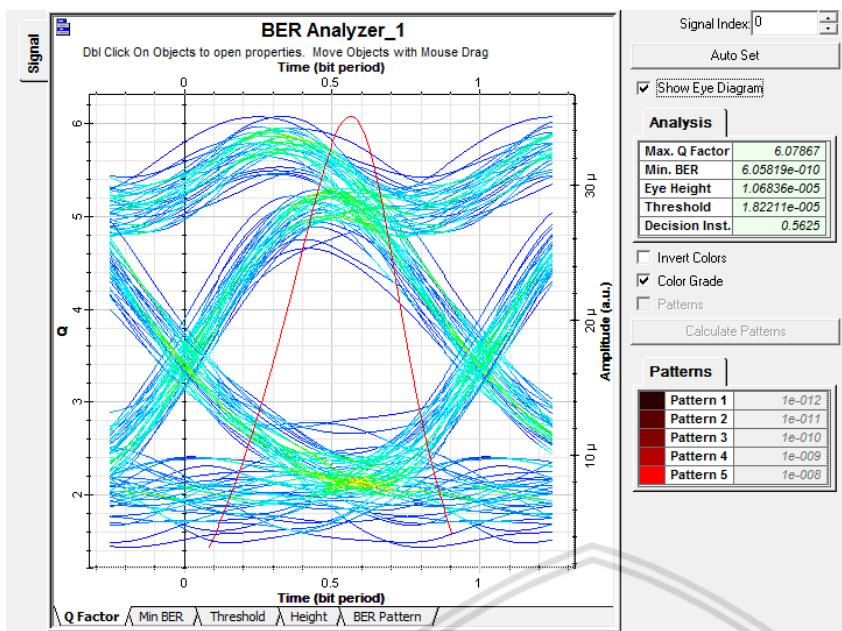
Sumber: optisystem 7.0

Sinyal power: $18,128 \times 10^{-6} \text{ W}$ Noise power: $67,391 \times 10^{-9} \text{ W}$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,128 \times 10^{-6}}{67,391 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,295 \text{ dB}$$

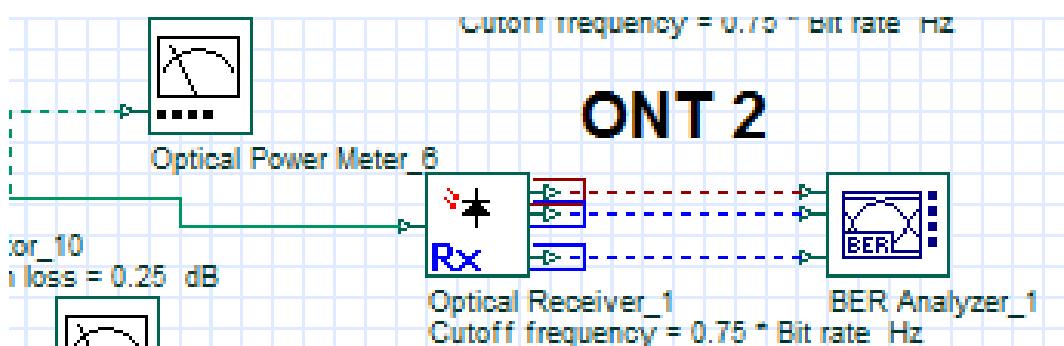
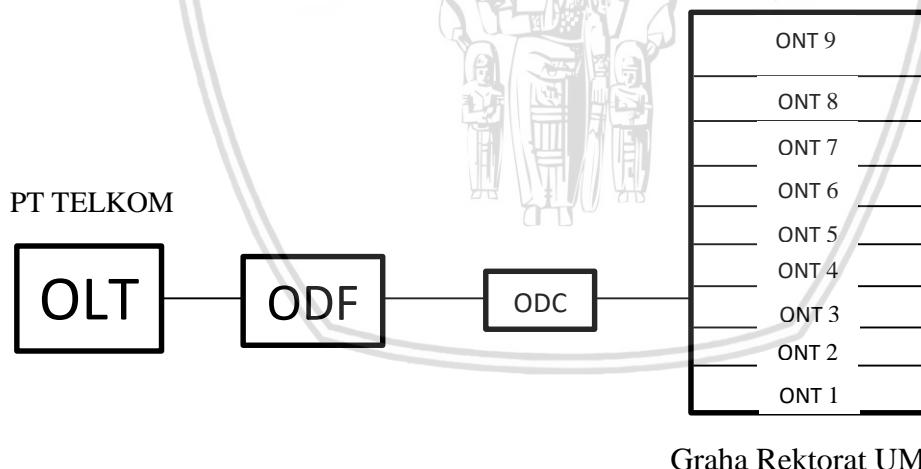


Gambar 4.69 jarak 1,024 km downstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,024 km *downstream* dengan *software* optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh 6.05819×10^{-10} .

Perhitungan SNR:



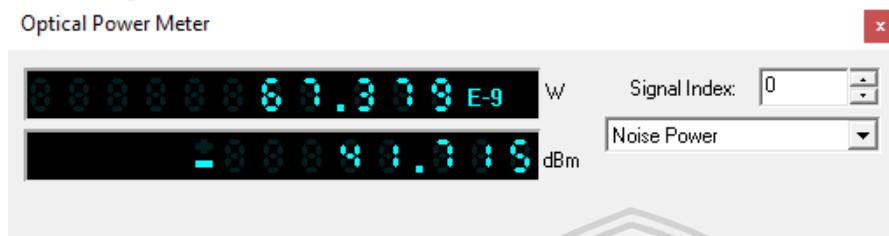
Gambar 4. 70 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 71 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 72 noise power

Sumber: optisystem 7.0

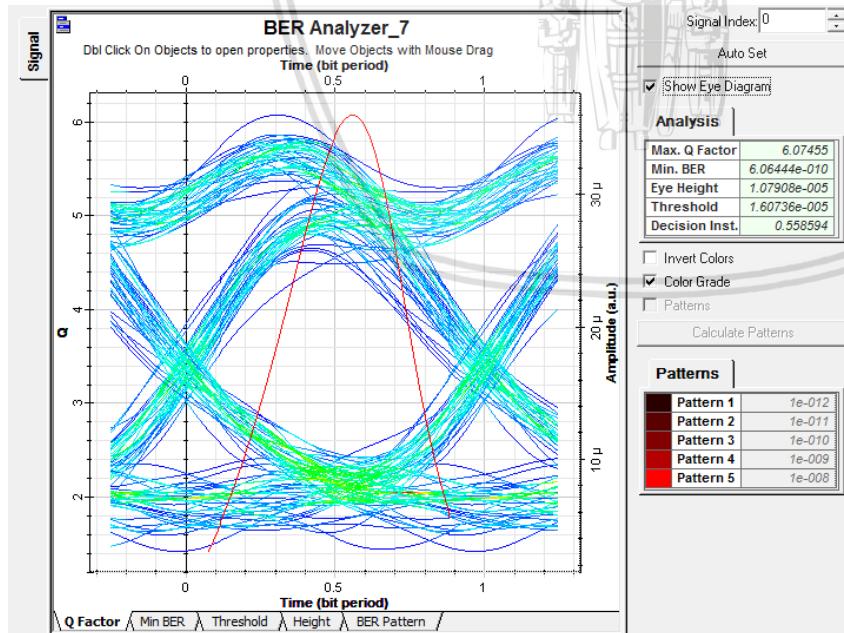
Sinyal power: $18,125 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $67,379 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,125 \times 10^{-6}}{67,379 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,294 \text{ dB}$$

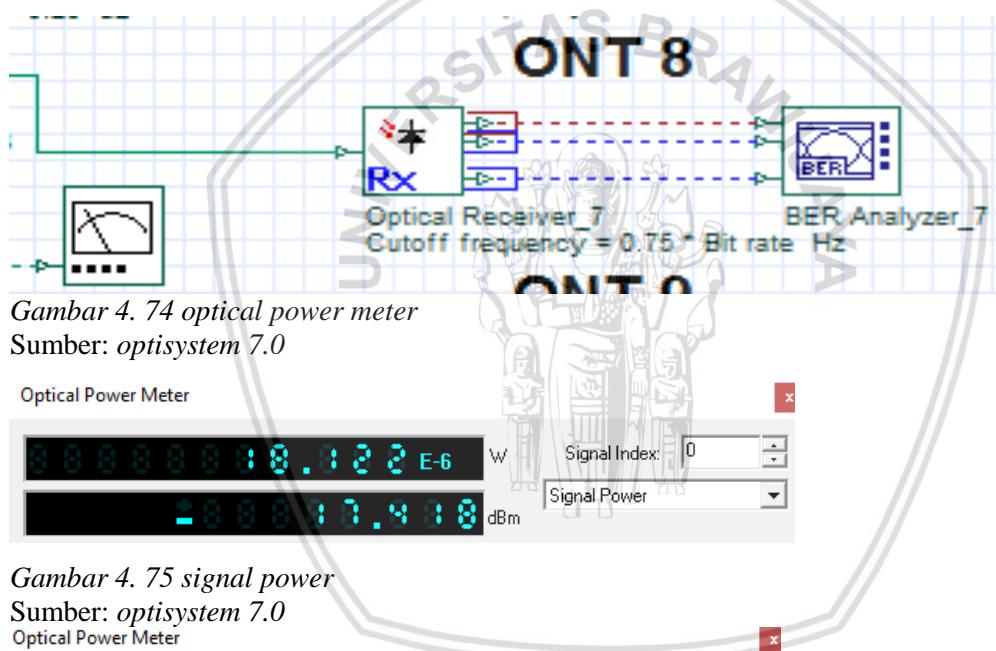
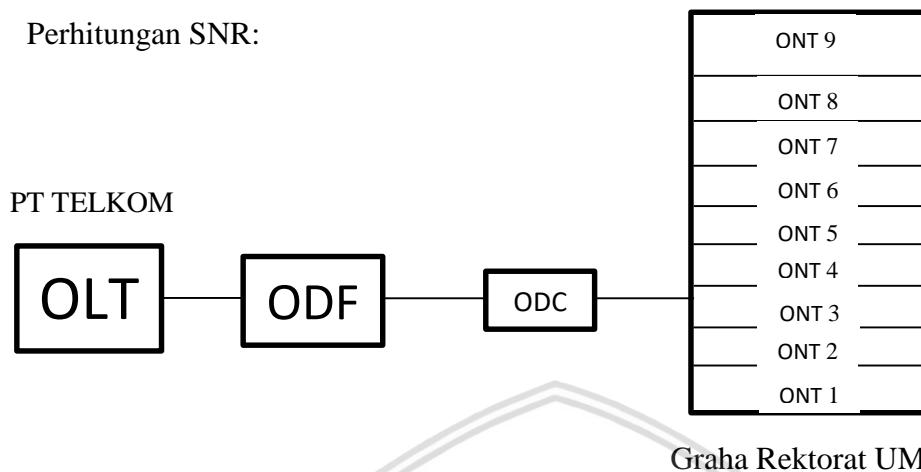


Gambar 4.73 jarak 1,028 km downstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,028 km *downstream* dengan *software optisystem 7.0* dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $6,06444 \times 10^{-10}$.

Perhitungan SNR:



Gambar 4. 74 optical power meter

Sumber: *optisystem 7.0*

Gambar 4. 75 signal power

Sumber: *optisystem 7.0*

Optical Power Meter

Gambar 4. 76 noise power

Sumber: *optisystem 7.0*

Optical Power Meter

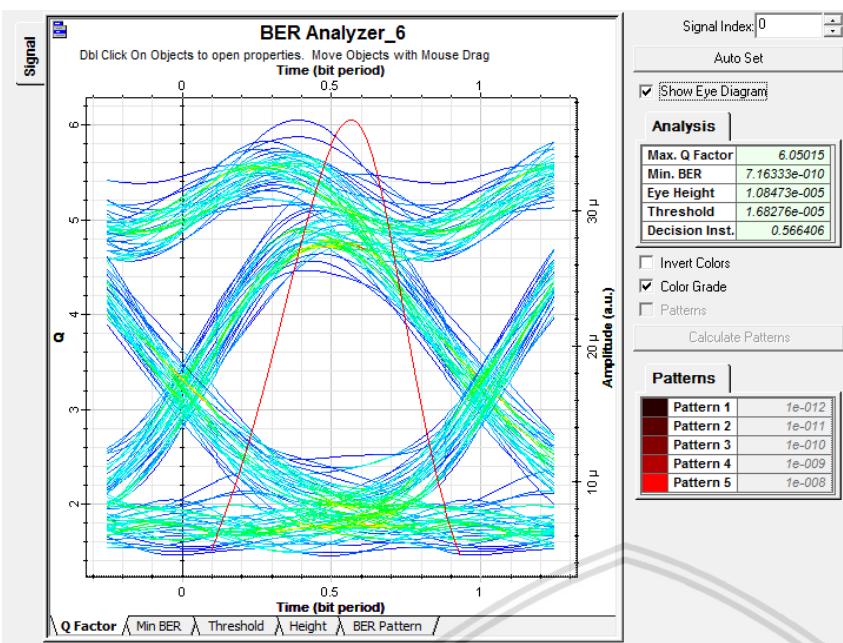
Sinyal power: $18,122 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $67,366 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,122 \times 10^{-6}}{67,366 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,292 \text{ dB}$$

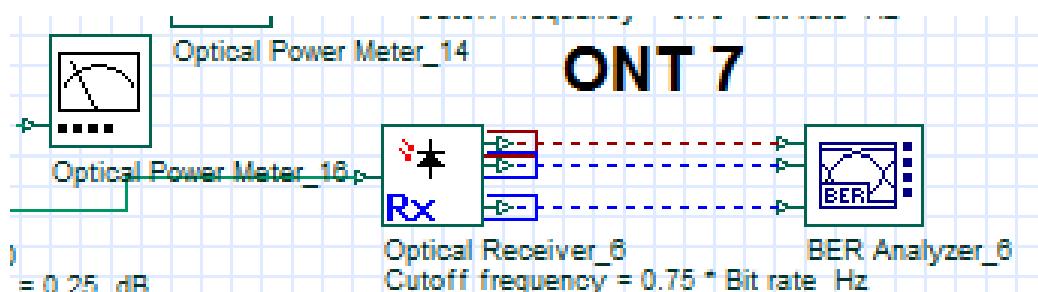
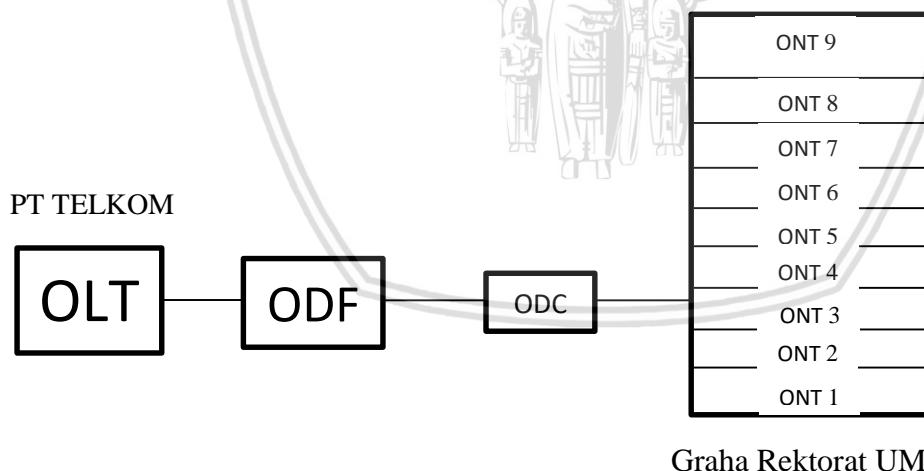


Gambar 4.77 jarak 1,032 km downstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,032 km *downstream* dengan *software optisystem* 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah 7.16333×10^{-10} .

Perhitungan SNR:



Gambar 4. 78 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 79 signal power

Sumber: optisystem 7.0

Optical Power Meter



Gambar 4. 80 noise power

Sumber: optisystem 7.0

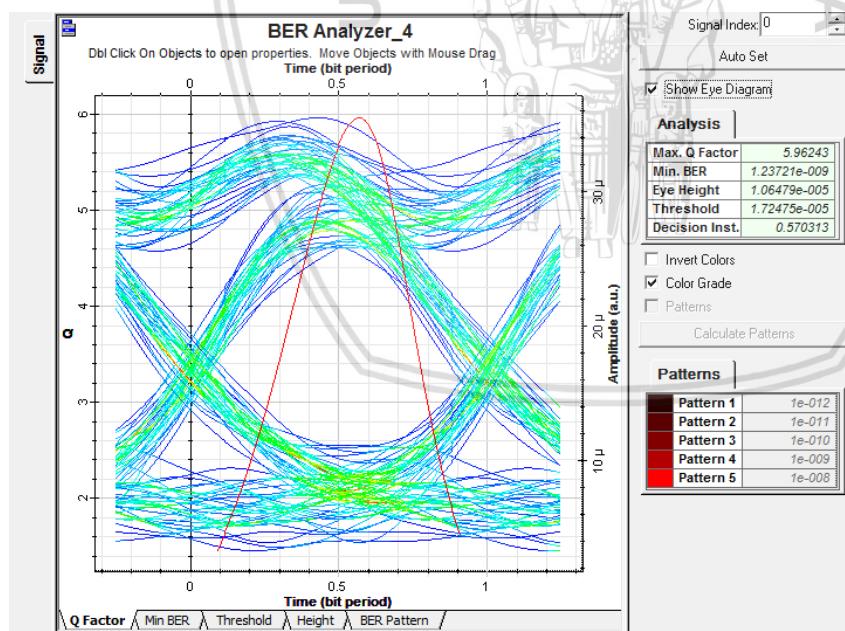
Sinyal power: $18,117 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $67,354 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18,117 \times 10^{-6}}{67,354 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24,291 \text{ dB}$$

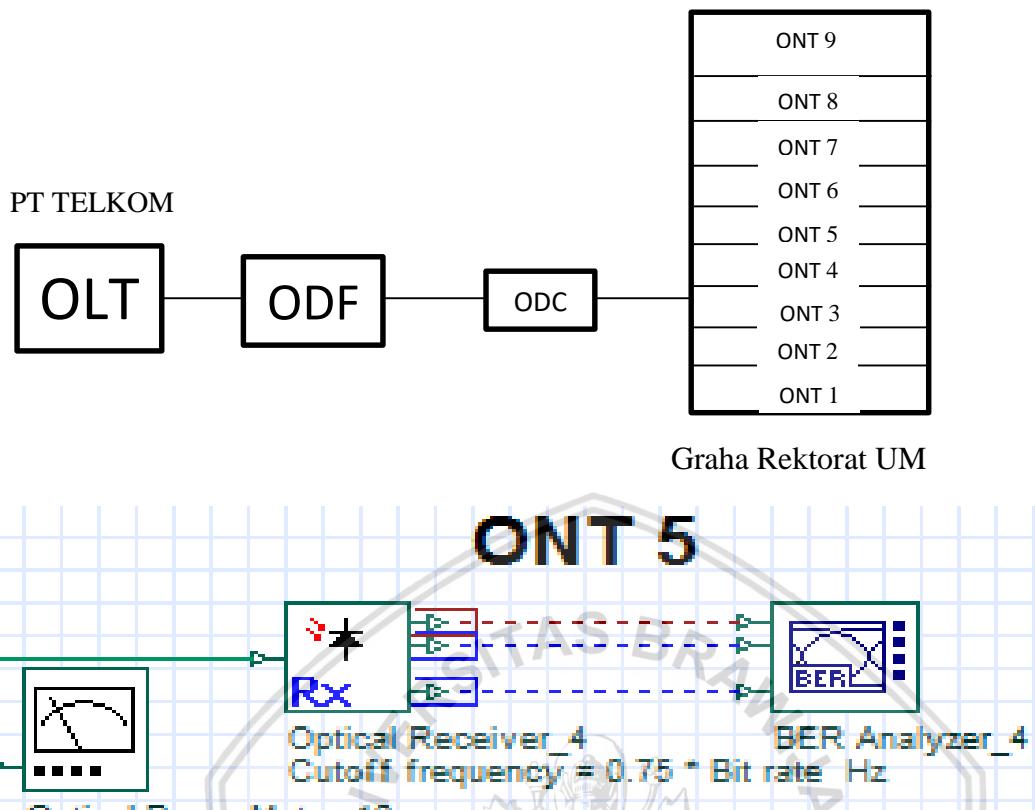


Gambar 4.81 jarak 1,036 km downstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,036 km *downstream* dengan *software* optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,23721 \times 10^{-9}$.

Perhitungan SNR:



Gambar 4. 82 optical power meter
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 83 signal power
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 84 noise power
Sumber: optisystem 7.0

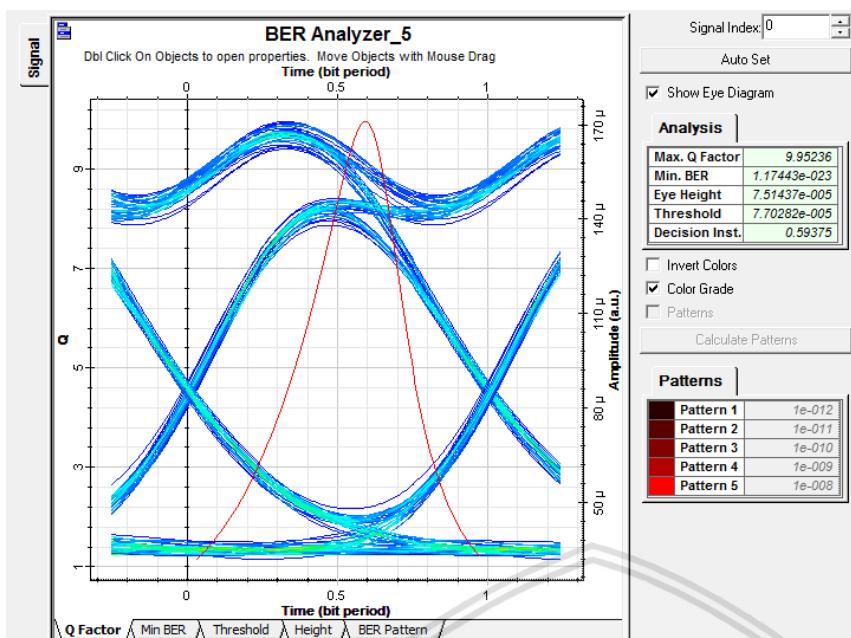
Sinyal power: 18.114×10^{-6} W

Noise power: 67.341×10^{-9} W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{18.114 \times 10^{-6}}{67.341 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 24.290 \text{ dB}$$

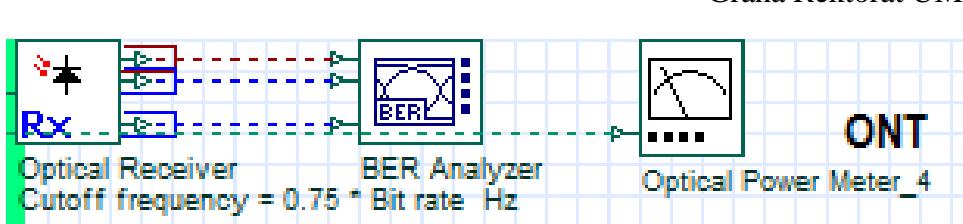
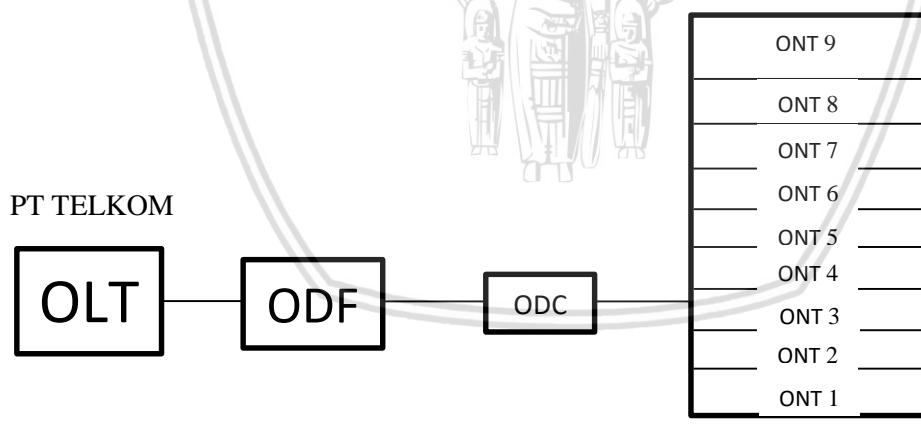


Gambar 4.85 jarak 1,004 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

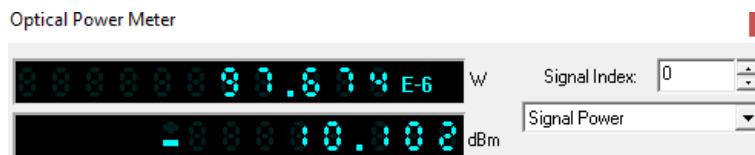
Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,004 km upstream dengan software optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,17443 \times 10^{-23}$.

Perhitungan SNR:



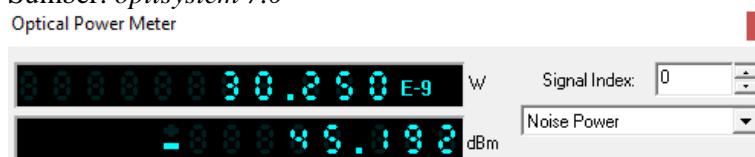
Gambar 4. 86 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 87 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 88 noise power

Sumber: optisystem 7.0

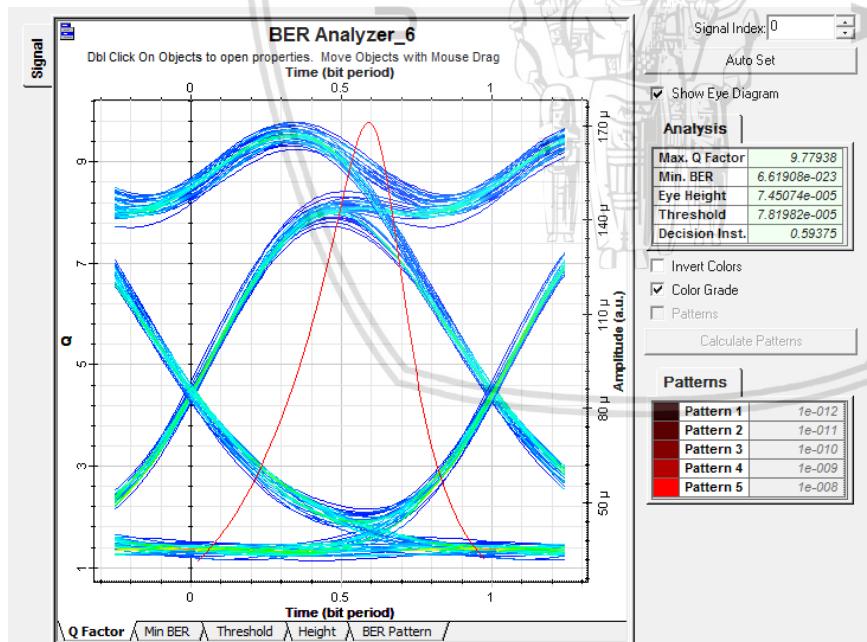
$$\text{Sinyal power: } 97,674 \times 10^{-6} \text{ W}$$

$$\text{Noise power: } 30,250 \times 10^{-9} \text{ W}$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,674 \times 10^{-6}}{30,250 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0905 \text{ dB}$$

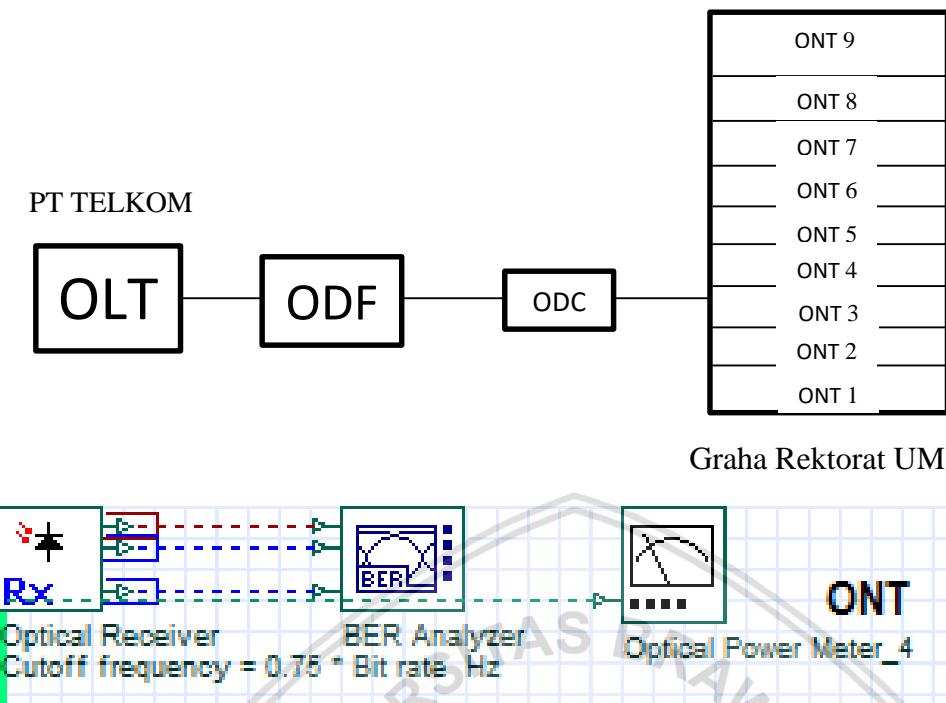


Gambar 4.89 jarak 1,008 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,008 km upstream dengan software optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $6,61908 \times 10^{-23}$.

Perhitungan SNR:



Gambar 4. 90 optical power meter
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 91 signal power
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 92 noise power
Sumber: optisystem 7.0

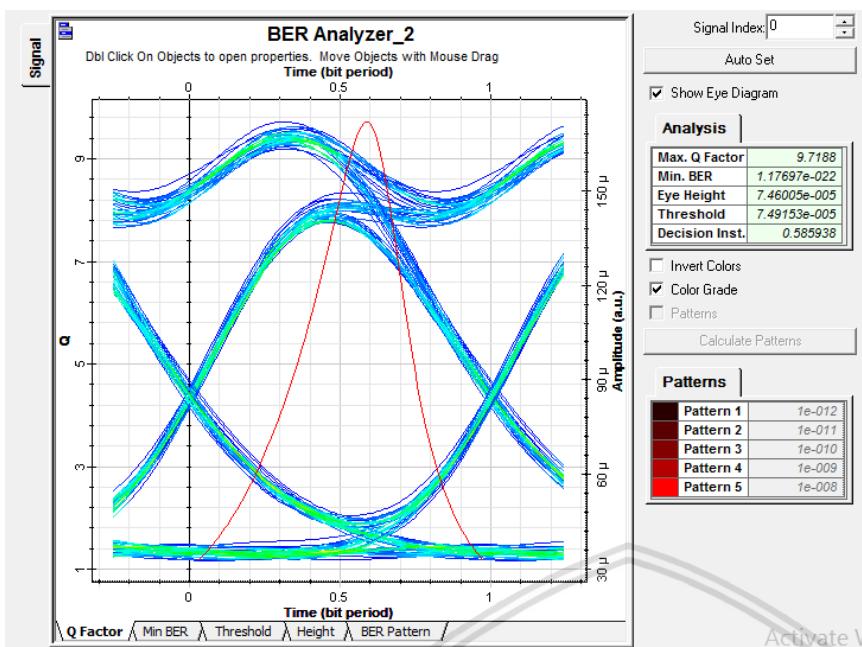
Sinyal power: $97,674 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $30,251 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,674 \times 10^{-6}}{30,251 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0904 \text{ dB}$$

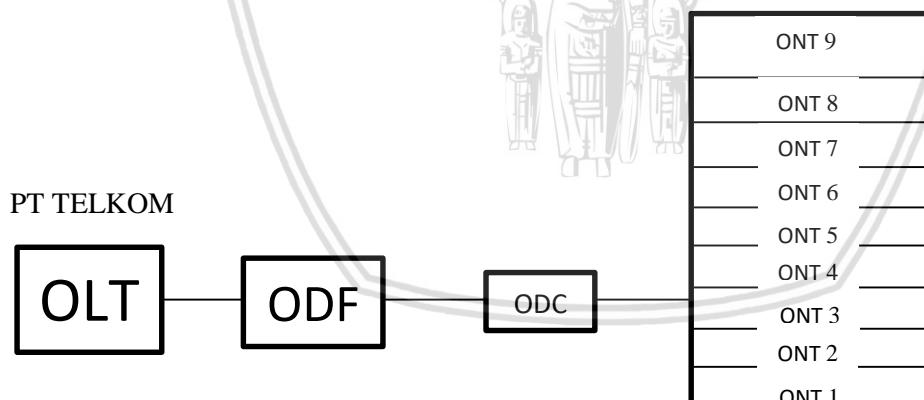


Gambar 4.93 jarak 1,012 km upstream

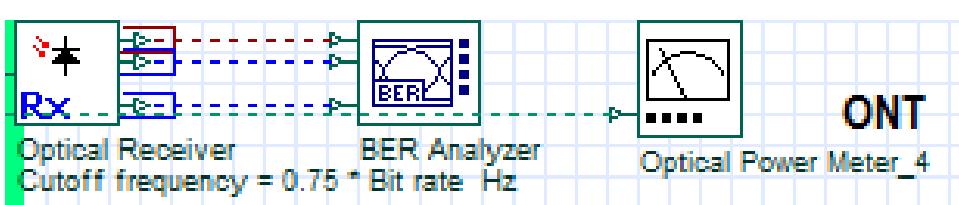
Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,012 km *upsream* dengan *software optisystem* 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,17697 \times 10^{-22}$.

Perhitungan SNR:

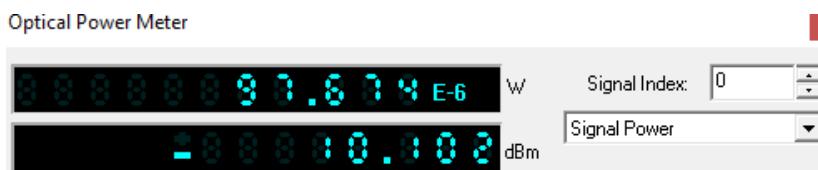


Graha Rektorat UM



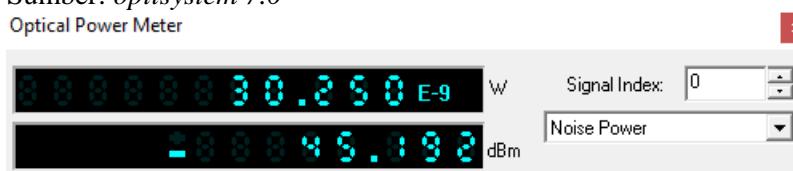
Gambar 4. 94 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 95 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 96 noise power

Sumber: optisystem 7.0

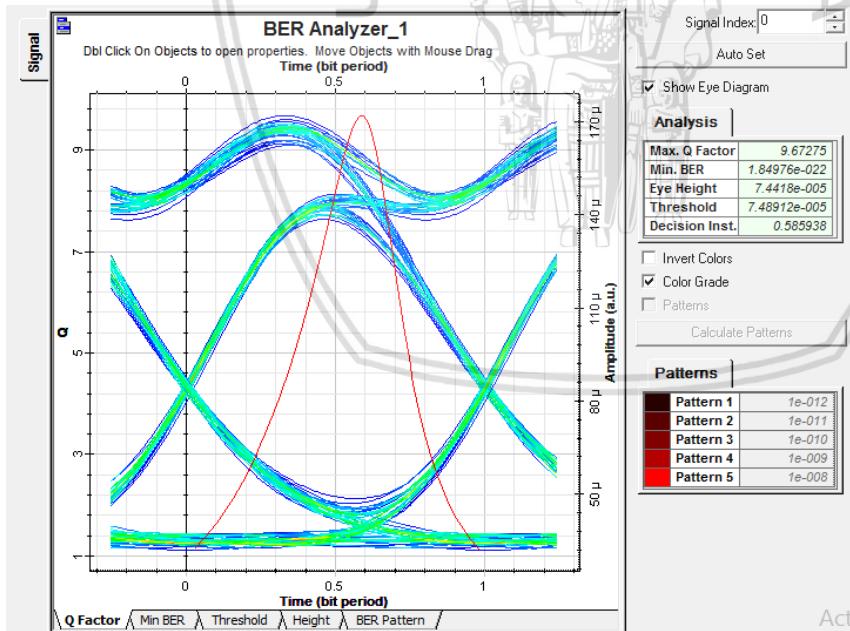
Sinyal power: $97,673 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $30,251 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,673 \times 10^{-6}}{30,251 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0903 \text{ dB}$$

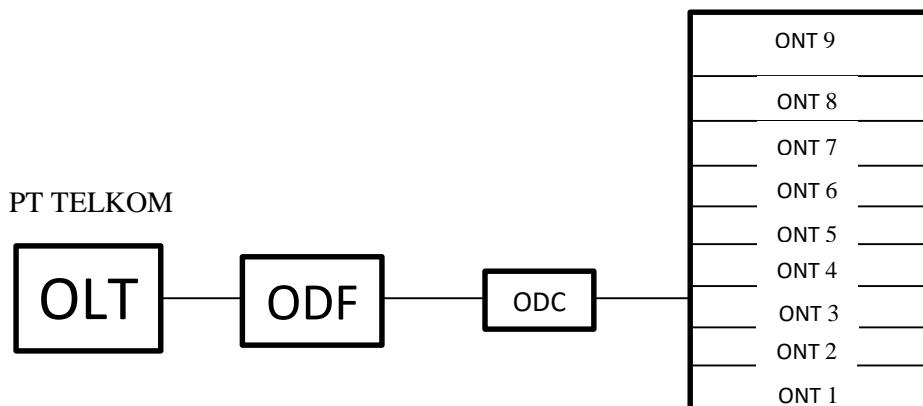


Gambar 4.97 jarak 1,016 km upstream

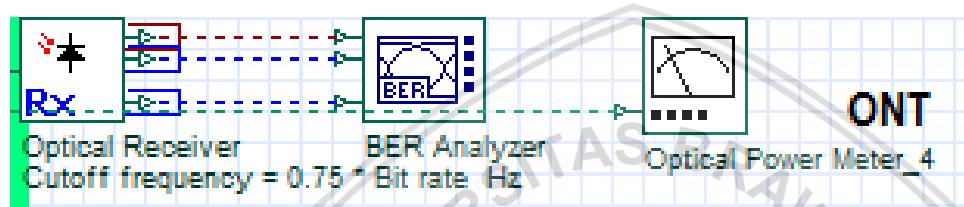
Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,016 km upstream dengan software optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,84976 \times 10^{-22}$.

Perhitungan SNR:



Graha Rektorat UM



Gambar 4. 98 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0

Optical Power Meter



Gambar 4. 99 signal power

Sumber: optisystem 7.0

Optical Power Meter



Gambar 4. 100 noise power

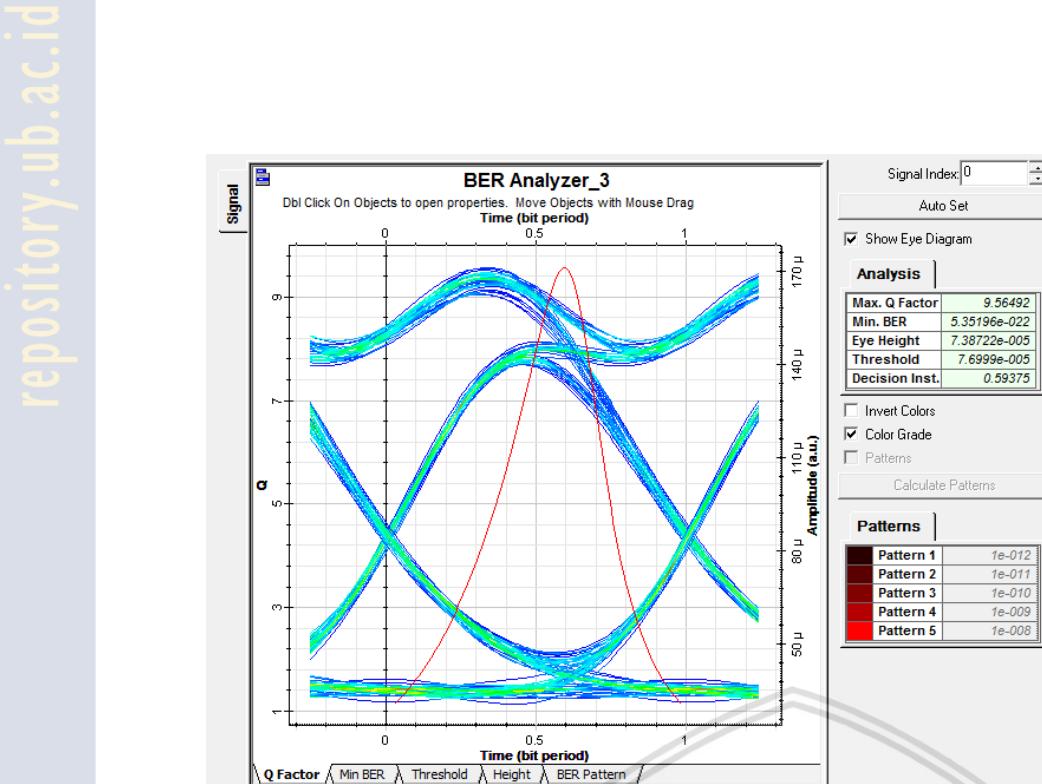
Sumber: optisystem 7.0

Sinyal power: $97,671 \times 10^{-6}$ WNoise power: $30,251 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,671 \times 10^{-6}}{30,251 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0902 \text{ dB}$$

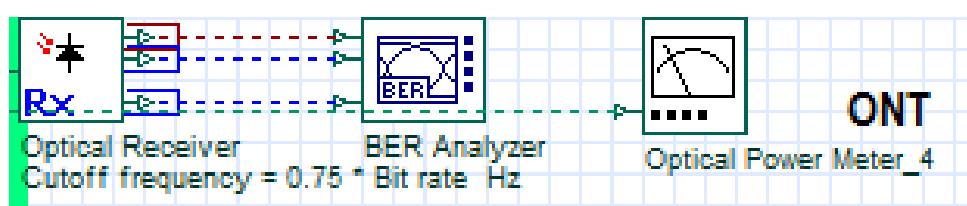
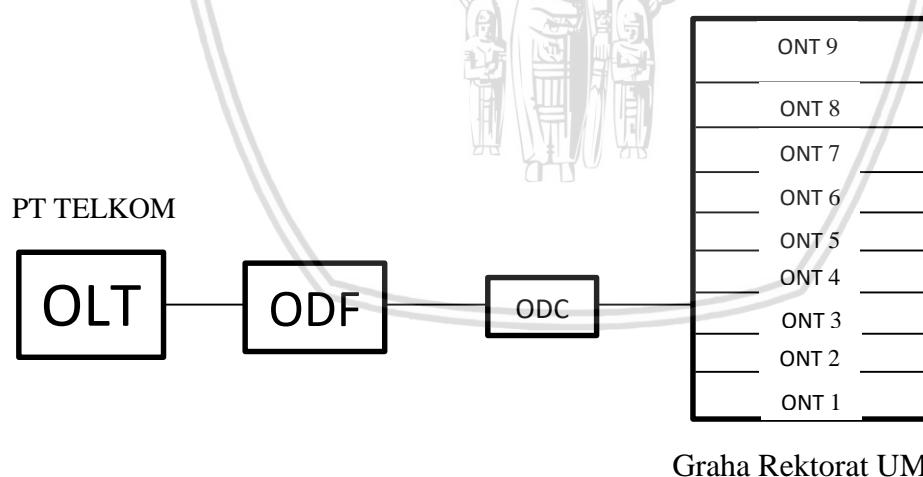


Gambar 4. 101 jarak 1,02 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

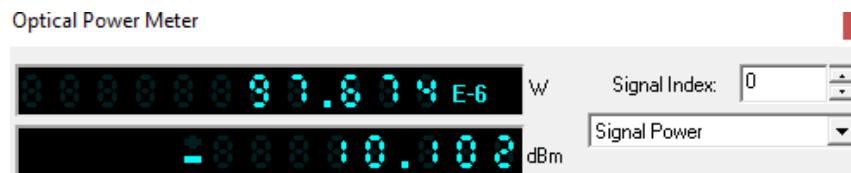
Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,02 km *upsream* dengan software *optisystem* 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $5,35195 \times 10^{-22}$.

Perhitungan SNR:



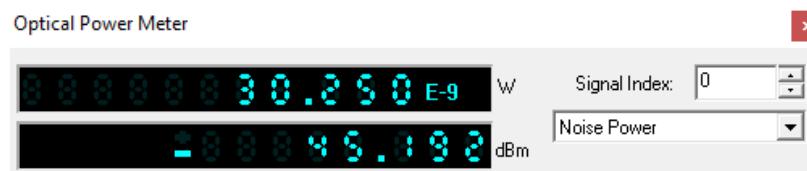
Gambar 4. 102 optical power meter

Sumber: *optisystem* 7.0



Gambar 4. 103 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 104 noise power

Sumber: optisystem 7.0

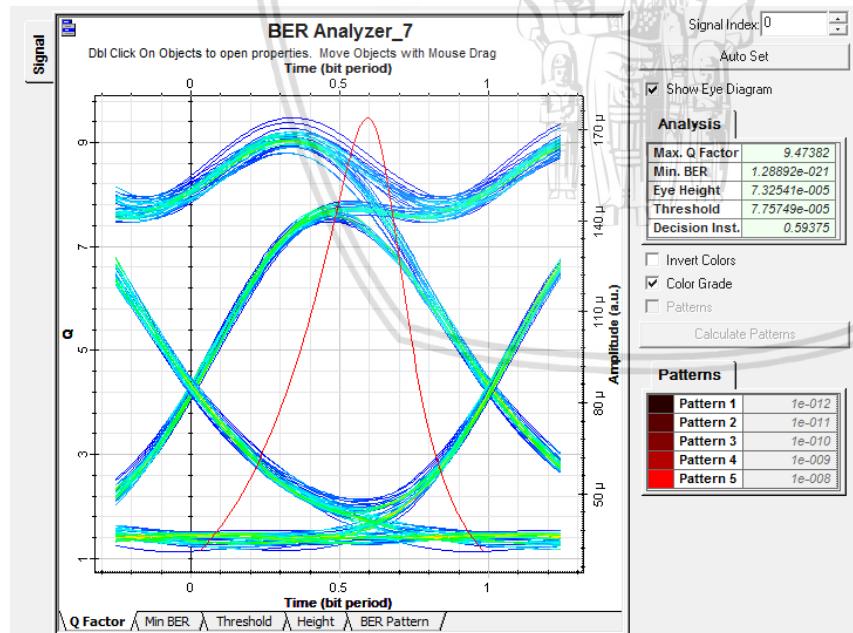
Sinyal power: $97,665 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $30,250 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,665 \times 10^{-6}}{30,250 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0901 \text{ dB}$$

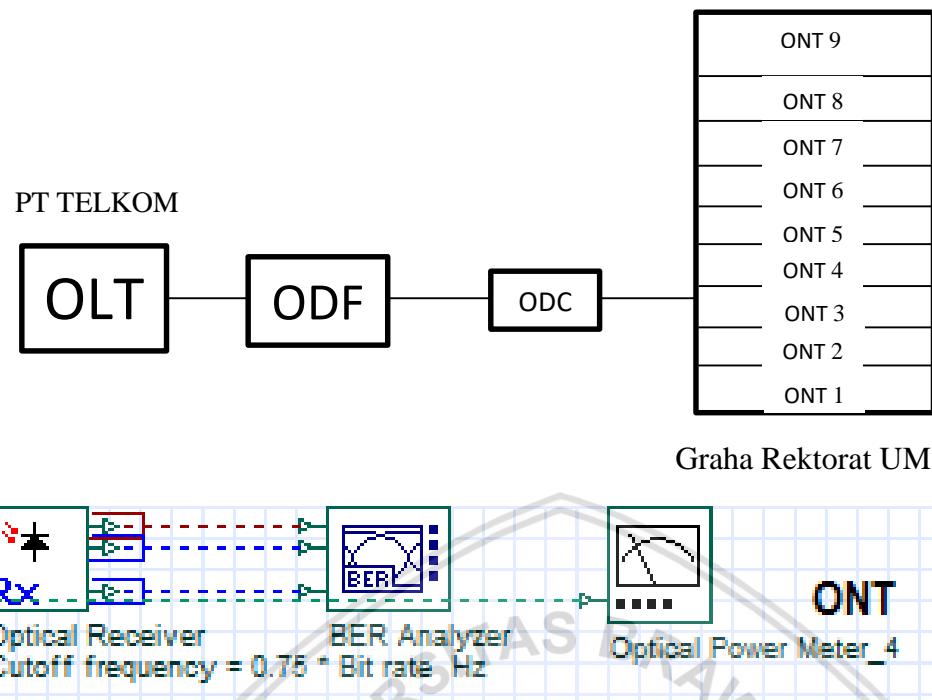


Gambar 4. 105 jarak 1,024 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,024 km upstream dengan software optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,28892 \times 10^{-21}$.

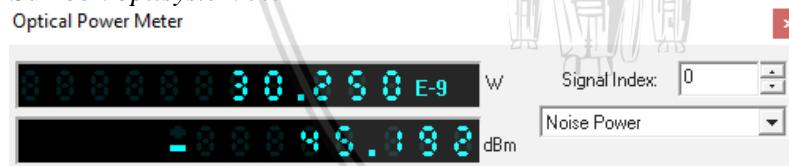
Perhitungan SNR:



Gambar 4. 106 optical power meter
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 107 signal power
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 108 noise power
Sumber: optisystem 7.0

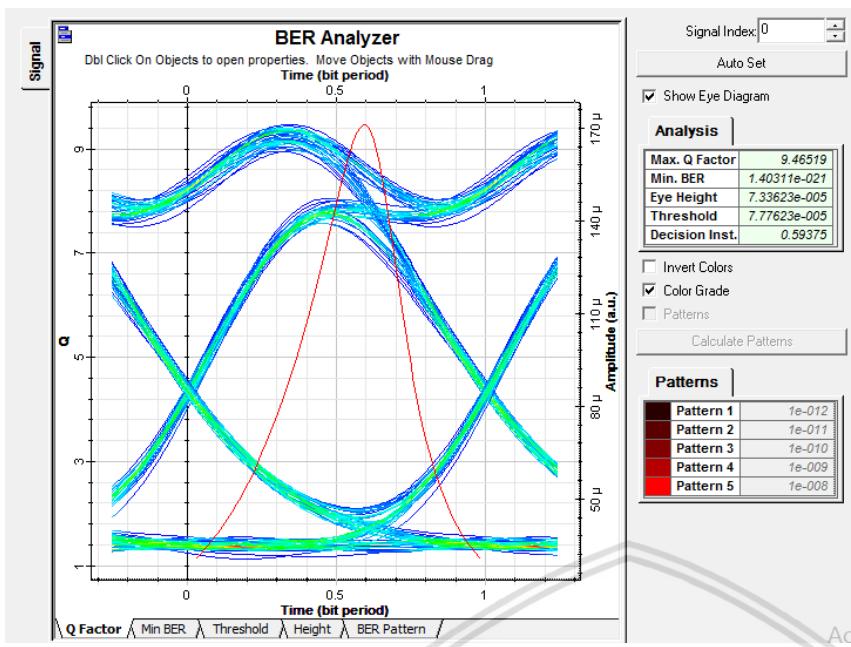
Sinyal power: $97,662 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $30,252 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,662 \times 10^{-6}}{30,252 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0897 \text{ dB}$$

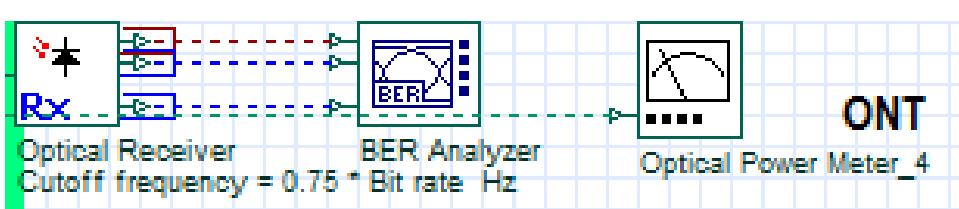
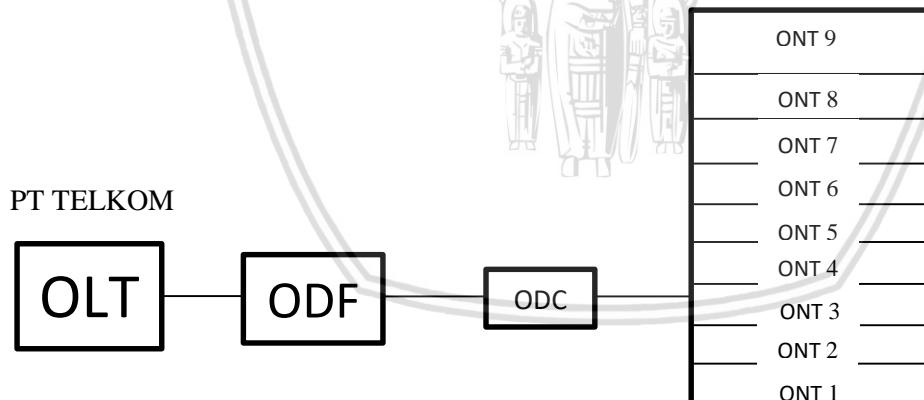


Gambar 4. 109jarak 1,028 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

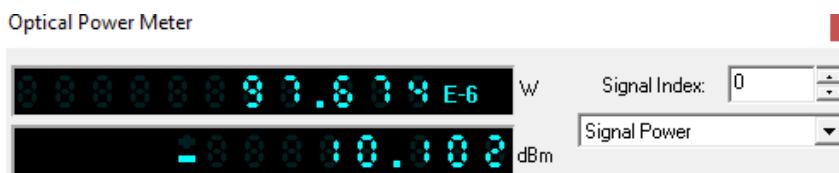
Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,028 km *upsream* dengan *software optisystem 7.0* dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,40311 \times 10^{-21}$.

Perhitungan SNR:



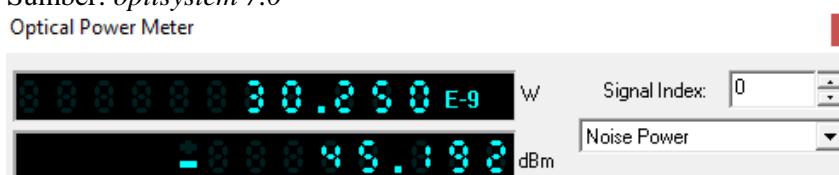
Gambar 4. 110 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 111 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 112 noise power

Sumber: optisystem 7.0

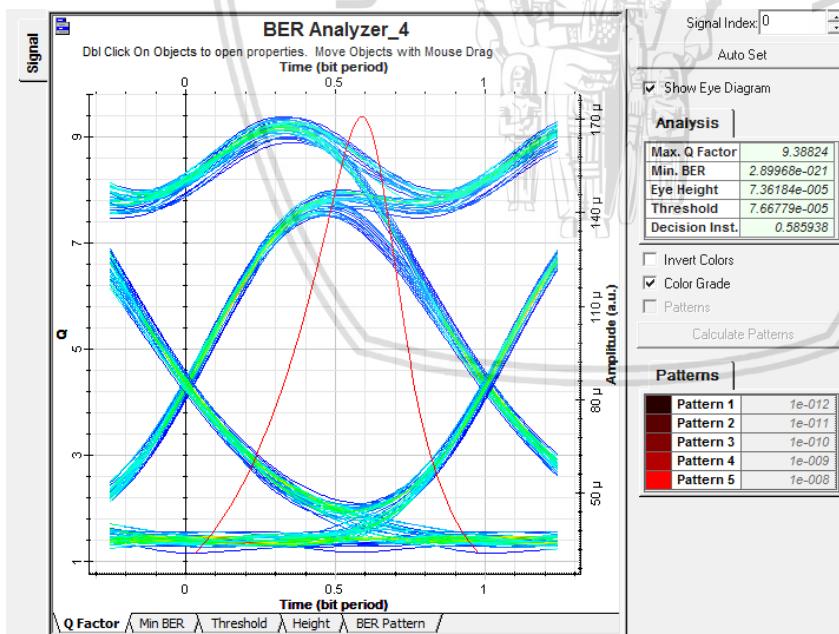
Sinyal power: $97,658 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $30,251 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \text{ (persamaan 2-11)}$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,658 \times 10^{-6}}{30,251 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0896 \text{ dB}$$

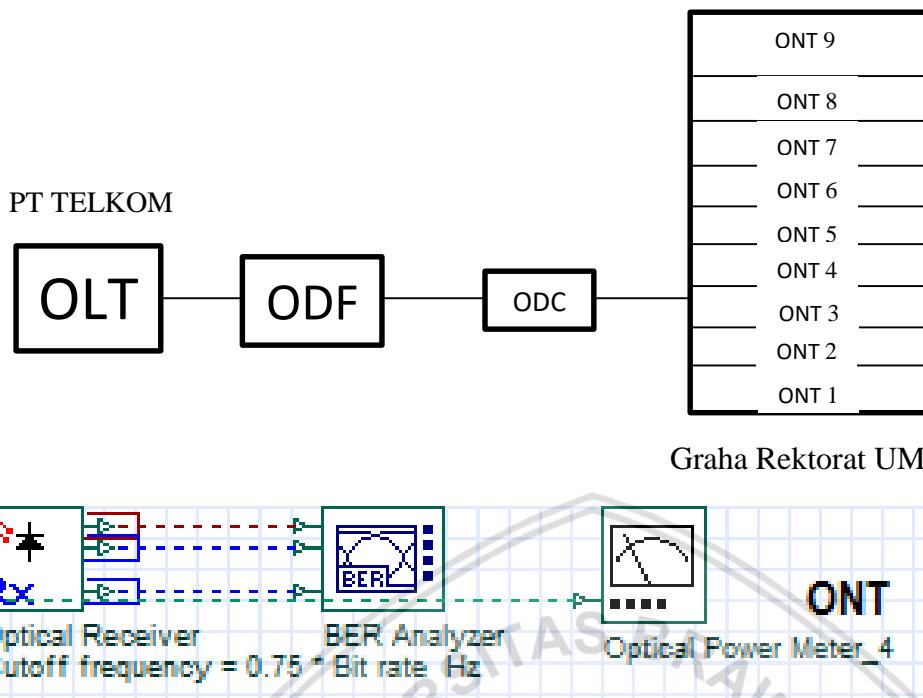


Gambar 4. 113 jarak 1,032 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,032 km upstream dengan software optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $2,89965 \times 10^{-21}$.

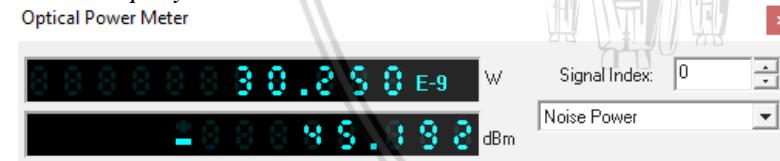
Perhitungan SNR:



Gambar 4. 114 optical power meter
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 115 signal power
Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 116 noise power
Sumber: optisystem 7.0

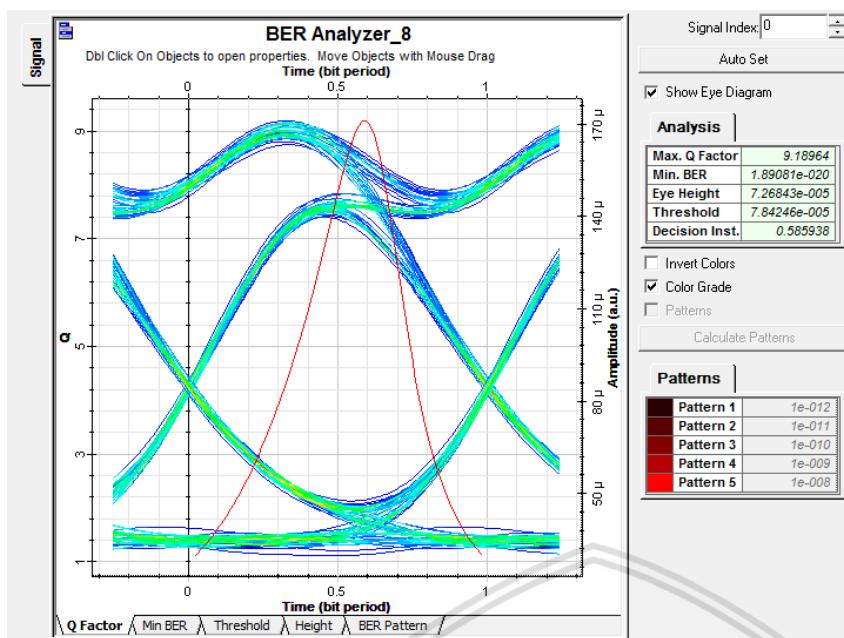
Sinyal power: $97,655 \times 10^{-6}$ W

Noise power: $30,251 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \text{ (persamaan 2-11)}$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,655 \times 10^{-6}}{30,251 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0895 \text{ dB}$$

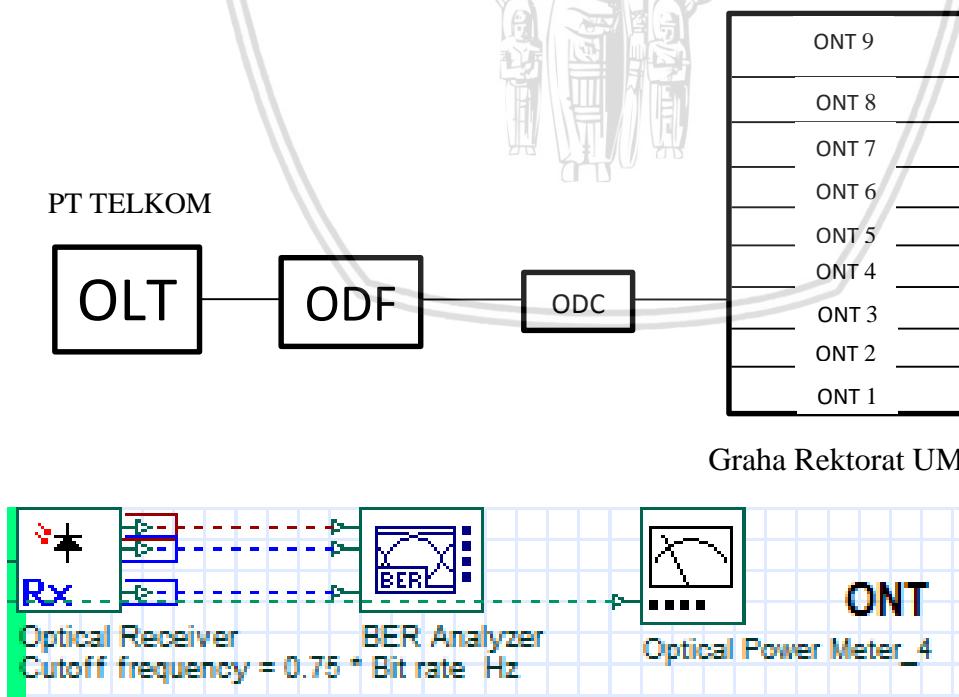


Gambar 4. 117 jarak 1,036 km upstream

Sumber: optisystem 7.0

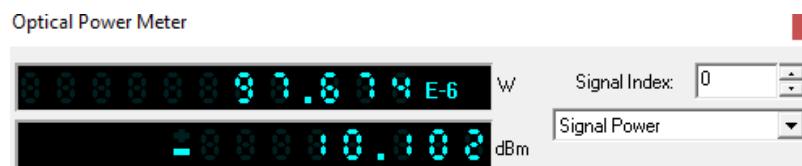
Dapat disimpulkan nilai BER dengan daya 5 dB pada jarak 1,036 km upstream dengan software optisystem 7.0 dikategorikan cukup baik. Karena standart nilai BER minimum adalah 10^{-9} , sedangkan nilai BER yang diperoleh adalah $1,89061 \times 10^{-20}$.

Perhitungan SNR:



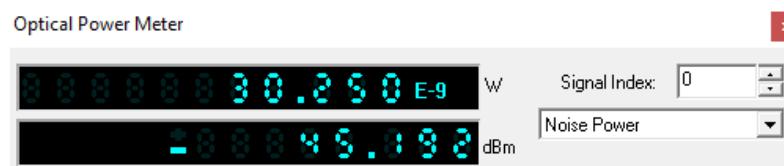
Gambar 4. 118 optical power meter

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 119 signal power

Sumber: optisystem 7.0



Gambar 4. 120 noise power

Sumber: optisystem 7.0

Sinyal power: $97,648 \times 10^{-6}$ W

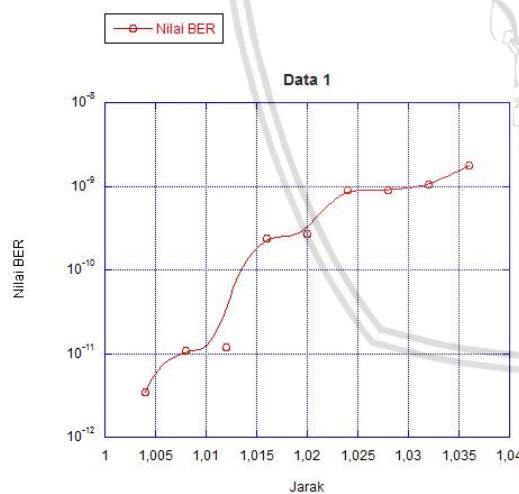
Noise power: $30,252 \times 10^{-9}$ W

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Sinyal power}}{\text{Noise power}} \quad (\text{persamaan 2-11})$$

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{97,648 \times 10^{-6}}{30,252 \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = 35,0891 \text{ dB}$$

Berikut merupakan grafik antara nilai BER terhadap panjang kabel serat optik:

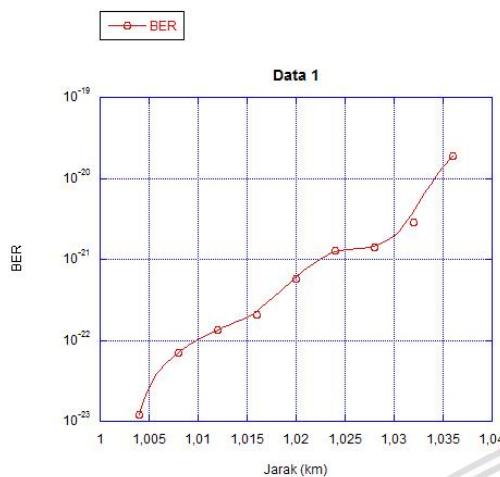


Gambar 4. 121 Grafik nilai BER terhadap panjang serat optik downstream

Sumber: optisystem 7.0

Dari grafik didapat nilai Bit Error Rate (BER) pada jarak 1,004 km downstream sebesar $2,25724 \times 10^{-12}$, sedangkan pada jarak 1,036 km downstream sebesar $1,23721 \times 10^{-9}$. Nilai tersebut menunjukkan semakin panjang kabel serat optik yang digunakan, maka nilai BER akan semakin besar. Akibat dari nilai BER yang tinggi adalah data yang diterima tidak akan sama dengan data yang dikirimkan. Jika hal ini terjadi pengirim harus

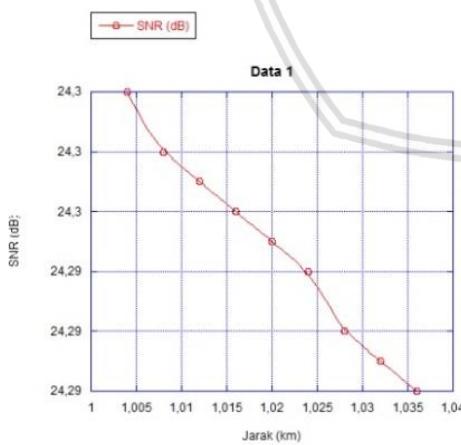
mentransmisikan ulang data yang *error* dan perlu tambahan waktu untuk mentransmisikan data tersebut sehingga proses transmisi akan lebih lama.



Gambar 4. 122 Grafik nilai BER terhadap panjang serat optik *upstream*
Sumber: *optisystem 7.0*

Dari grafik didapat nilai *Bit Error Rate* (BER) pada jarak 1,004 km *upstream* sebesar $1,17443 \times 10^{-23}$, sedangkan pada jarak 1,036 km *upstream* sebesar $1,89061 \times 10^{-20}$. Nilai tersebut menunjukkan semakin panjang kabel serat optik yang digunakan, maka nilai BER akan semakin besar. Akibat dari nilai BER yang tinggi adalah data yang diterima tidak akan sama dengan data yang dikirimkan. Jika hal ini terjadi pengirim harus mentransmisikan ulang data yang *error* dan perlu tambahan waktu untuk mentransmisikan data tersebut sehingga proses transmisi akan lebih lama.

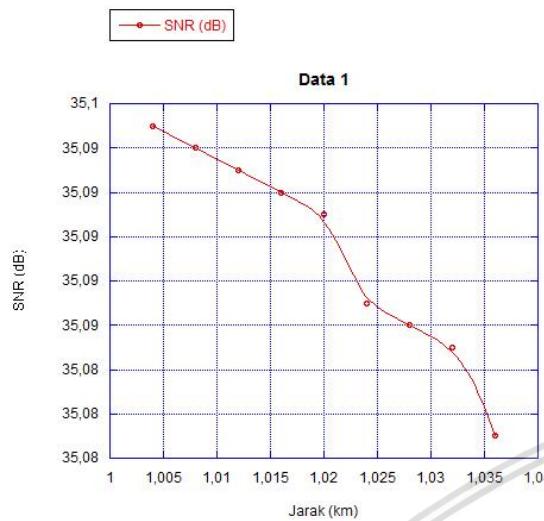
Berikut merupakan grafik antara nilai SNR terhadap panjang kabel serat optik:



Gambar 4. 123 Grafik nilai SNR terhadap panjang serat optik *downstream*
Sumber: *optisystem 7.0*

Dari grafik didapat nilai SNR pada jarak 1,004 km *downstream* sebesar 24,30 dB, sedangkan pada jarak 1,036 km *downstream* didapat nilai SNR sebesar 24,29 dB. Hal ini disebabkan oleh pengaruh noise, semakin jauh jarak pentransmisian serat optik makan

semakin banyak noise dalam pentransmisian tersebut sehingga dapat mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima oleh pelanggan.



Gambar 4. 124 Grafik nilai SNR terhadap panjang serat optik *upstream*

Sumber: *optisystem 7.0*

Dari grafik didapat nilai SNR pada jarak 1,004 km *upstream* sebesar 35,0905 dB, sedangkan pada jarak 1,036 km *upsream* didapat nilai SNR sebesar 35,0891 dB. Hal ini disebabkan oleh pengaruh noise, semakin jauh jarak pentransmisian serat optik makan semakin banyak noise dalam pentransmisian tersebut sehingga dapat mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima oleh pelanggan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari desain dan analisis jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) adalah:

1. Variasi panjang kabel serat optik berbanding lurus dengan nilai *Bit Error Rate* (BER). Berdasarkan pengukuran nilai BER saat *downstream* didapatkan nilai $3,4279 \times 10^{-12}$ pada jarak terdekat yaitu 1,004 km dan didapatkan nilai $1,7654 \times 10^{-9}$ pada jarak terjauh yaitu 1,036 km. Pengukuran nilai BER saat *upstream* didapatkan nilai $1,2203 \times 10^{-23}$ pada jarak terdekat yaitu 1,004 km dan didapatkan nilai $1,8908 \times 10^{-20}$ pada jarak terjauh yaitu 1,036 km. Hasil yang didapatkan baik saat *downstream* maupun *upstream* cukup baik karena standart nilai BER yang baik yaitu 10^{-9} .
2. SNR menunjukkan kualitas jalur koneksi, semakin besar nilai SNR maka semakin tinggi kualitas jalur komunikasi. Berdasarkan hasil pengukuran nilai SNR saat *downstream* didapatkan nilai SNR tertinggi yaitu 24,30 dB dengan jarak 1,004 km. Sedangkan pengukuran nilai SNR saat *upstream* didapatkan nilai SNR tertinggi yaitu 35,0905 dB dengan jarak 1,004 km.
3. Hasil perhitungan *Link Power Budget* didapatkan nilai yang memenuhi kelayakan operasi pada suatu desain jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON karena daya total lebih besar daripada total redaman dan nilai margin lebih besar dari 0 baik pada saat *downstream* maupun *upstream*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan merubah variasi jarak, komponen yang digunakan, dan bit ratenya.



DAFTAR PUSTAKA

- Ab-Rahman, Mohammad S. 2009." *Implementation of Access Control System For Fiber To The Home (FTTH)*".
- Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018*. Cisco
- Habib, Fazra. 2012. Analisis Rugi-Rugi Serat Optik Menggunakan *Optical Time Domain Reflectometer* dengan Aplikasi AQ77932 *Emilation*. Universitas Tanjungpura.
- Hoss, R.J. 1990. *Fiber Optic Communication Design Handbook*. Prentice-Hall Inc.
- ITU-T G.984.1. 2008. *General Characteristics for Gigabit-capable Passive Optical Networks*.
- ITU-T G.984.2. 2008. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) : Physical Media Dependent (PMD) layer specification*.
- ITU-T G.984.3. 2008. *Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) : Transmission Convergence Layer Specification*.
- Jhon M, Senior. 2009. " *Optical Fiber Communication, Handbook*".
- Kantor Perusahaan PT Telkom. 1998. Divisi Riset Teknologi Informasi, Rilis Teknologi Strategi Implementasi JarlokaF.
- Keisser, Gerd. 2006. *FTTX Concept and Application*. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Lam, Cedric. 2008. *Passive Optical Network Principles and Practice*. United States of America : Elsevier, Inc.
- Lee, C.H. & Sorin W.V. & Kim B.Y. 2006. *Fiber to the Home Using a PON Infrastructure*. Journal of Lightwave Technology, vol.24 no.12.
- Lallukka, Sami & Raatikainen, Pertti. 2006. *Passive Optical Networks Transport Concepts*. Espoo : VTT Publications 597. 123 p.
- PT.Telkom, 2012. " *Panduan Desain FTTH*".
- Reisslein, Martin dkk. 2009. *Capacity and Delay Analysis of Next-Generation Passive Optical Networks (NG-PONs)*. United States of America : Department of Electrical Engineering Arizona State University, Tempe Arizona.
- Shaik, J.S. Tanpa Tahun. *FTTH Deployment Options for Telecom Operators*. Sterlite Optical Technologies Ltd.
- Signh, Kumar Shakti. 2006. *GPON - The Next Generation Access Network*. Transwitch Corporation.
- Thyagarajan, K. & Ghatak, Ajoy. 2007. *Fiber Optic Essentials*. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.

Vlaknova Optika, SQS. 2008. *Fiberoptic Passive Components :PLC Splitters*. Czech Republic.

<http://optiwave.com>

