



**ANALISIS OPTIMASI JARINGAN FTTX TEKNOLOGI GPON PADA
LAYANAN *TRIPLE PLAY* PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA
WITEL SIDOARJO**

SKRIPSI

Oleh

**Melyana Dwi Haryani
NIM 131910201020**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**ANALISIS OPTIMASI JARINGAN FTTX TEKNOLOGI GPON PADA
LAYANAN *TRIPLE PLAY* PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA
WITEL SIDOARJO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Melyana Dwi Haryani
NIM 131910201020**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah Subhanallahu Waa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini merupakan sebuah pencapaian awal yang saya raih sebelum menuju kepada pencapaian selanjutnya. Dengan penuh rasa bahagia dan terimakasih, saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Muhammad Soleh dan ibunda Sudarsih tercinta yang telah membesarkan, mendidik, dan memberikan begitu banyak cinta dan kasih sayang, juga doa yang tak pernah putus dipanjatkan untuk saya sehingga bisa menyelesaikan skripsi dan mendapatkan gelar ini, seluruh pencapaian ini saya persembahkan untuk beliau.
2. Dosen pembimbing utama Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T. serta bapak Dosen Pembimbing Anggota Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T atas keikhlasan dan kesabarannya dalam membimbing saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi atas ilmu yang telah diberikan.
4. Almamater fakultas Teknik Universitas Jember

MOTTO

Kemuliaan seseorang adalah agamanya, harga diri (kehormatan) seseorang adalah akalnya, sedangkan ketinggian kedudukannya adalah akhlaknya
(HR. Ahmad dan Al Hakim)^{*)}

“Urusan seorang mukmin patut dikagumi. Semua urusannya merupakan kebaikan bagi dirinya dan tidak terdapat kecuali pada diri seorang mukmin. Apabila memperoleh kesenangan dia bersyukur dan itu baik untuk dirinya. Dan bila ditimpa kesusahan dia bersabar dan itu baik untuk dirinya”.

(HR.Imam Muslim)^{**)}

“ Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya menggunakan untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”

(H.R. Muslim)^{***)}

*) HR. Ahmad dan Al Hakim

***) HR.Imam Muslim

****) H.R. Muslim

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Melyana Dwi Haryani

NIM : 131910201020

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ Analisis Optimasi Jaringan FTTx Teknologi GPON pada Layanan *Triple Play* PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 06 Juni 2017
Yang menyatakan,

Melyana Dwi Haryani
NIM. 131910201020

SKRIPSI

**ANALISIS OPTIMASI JARINGAN FTTX TEKNOLOGI GPON PADA
LAYANAN *TRIPLE PLAY* PT.TELKOM INDONESIA
WITEL SIDOARJO**

Oleh :

Melayana Dwi Haryani

NIM 131910201020

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bambang Supeno, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Analisis Optimasi Jaringan FTTx Teknologi GPON pada Layanan *Triple Play* PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Selasa, 20 Juni 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Bambang Supeno, S.T., M.T.
NIP 196906301995121001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP 198405312008121004

Anggota II,

Anggota III,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.
NIP 196801191997021001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Analisis Optimasi Jaringan FTTx Teknologi GPON pada Layanan *Triple Play* PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo; Melyana Dwi Haryani; 131910201020; 2017; 85 Halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Layanan telekomunikasi bukan hal yang asing lagi bagi masyarakat di era globalisasi ini. Beragam layanan komunikasi juga disediakan oleh *provider* untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang semakin hari semakin beragam. Salah satu layanan yang semakin banyak peminatnya yaitu layanan *triple play* yang disediakan oleh PT. Telkom Indonesia. *Triple play* adalah layanan yang diberikan operator telekomunikasi bagi pelanggan rumah berupa langganan TV kabel, telepon rumah, dan akses internet. Dengan hanya menggunakan satu jaringan kabel fiber optik pelanggan sudah bisa menikmati tiga layanan sekaligus. Seiring dengan meningkatnya jumlah pelanggan layanan *triple play*, dengan lokasi dan jarak yang semakin beragam, seringkali terjadi gangguan pada pelanggan yang memiliki jarak yang cukup jauh dari sentral seperti yang terjadi pada pelanggan PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo. Salah satu gangguan yang sering terjadi yaitu redaman yang besar pada proses transmisi sehingga menyebabkan nilai *power link budget* pelanggan mendekati batas minimal *power link budget* berdasarkan standart ITU-T dan standart yang digunakan oleh PT. Telkom Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan analisis optimasi pada jaringan menggunakan simulasi optisystem untuk meningkatkan nilai *power link budget*, *Bit error rate* dan kualitas jaringan dengan mengganti beberapa komponen pada jaringan tersebut. Untuk tahapan penelitiannya, pertama dilakukan analisa pengukuran yang dilakukan dilapangan secara langsung. Untuk melakukan optimasi jaringan dibutuhkan pula topologi jaringan dari *provider* hingga *end user* atau pelanggan. Pada tahap kedua, dilakukan perhitungan untuk mengetahui

nilai *power link budget* dan *rise time budget* pelanggan yang kemudian dibandingkan dengan standart ITU dan standart yang berlaku. Dengan membandingkan nilai tersebut diketahui bahwa pada pelanggan dengan jarak terjauh didapatkan nilai *power link budget* yang mendekati batas minimal standar yang berlaku. Tahap selanjutnya yaitu dilakukan perancangan dengan *optisystem* sebelum dilakukan optimasi dan setelah dilakukan optimasi. Untuk optimasi yang diberikan yaitu dengan mengganti jumlah dan rasio *splitter*. Pada jaringan sebelum optimasi digunakan *splitter* dengan rasio 1:4 dan 1:8, kemudian digantikan dengan *splitter* 1:32 setelah optimasi. Dengan berkurangnya jumlah *splitter* yang digunakan maka jumlah konektor yang digunakan juga berkurang sehingga redaman yang diberikan oleh konektor berkurang. Untuk parameter yang dibandingkan berdasarkan hasil simulasi yaitu *power link budget*, *bit error rate*, dan *q factor*. Dengan mengganti jumlah dan rasio *splitter* didapatkan nilai *power link budget*, dan BER yang semakin kecil serta *Q Factor* yang semakin besar, seperti pada pelanggan 12 didapatkan nilai *power link budget* yang semula sebesar -26,619 dBm meningkat menjadi -24,53 dBm, nilai BER sebelum optimasi sebesar 3.1×10^{-17} meningkat menjadi $1,4 \times 10^{-41}$ serta nilai *Q Factor* semula 8,3 meningkat menjadi 13,44. Berdasarkan hasil perancangan optimasi yang dilakukan penulis pada *software* tersebut dapat disimpulkan bahwa jaringan lebih efektif ketika menggunakan satu buah *splitter* dengan rasio 1 :32 dibandingkan dua buah *splitter* dengan rasio 1 : 4 dan 1 : 8 seperti sebelumnya.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah S.W.T. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Optimasi Jaringan FTTx Teknologi GPON pada Layanan *Triple Play* PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing hingga pengerjaan skripsi ini selesai;
4. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji I;
5. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. selaku dosen penguji II;
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
7. Para staf karyawan dan karyawan serta teknisi Fakultas teknik Universitas jember yang telah memberikan bantuan selama mengikuti pendidikan di Fakultas teknik Universitas Jember;
8. Ayahanda M. Saleh dan Ibunda Sudarsih tercinta yang telah memberikan dorongan, semangat, kasih sayang, perhatian, kesabaran dan doa yang tak pernah putus demi mempermudah terselesaikannya skripsi ini;
9. Kakakku Ariska Desy Haryani dan adikku Tri Septya Indri Haryani yang telah memberikan dukungan, semangat, serta bantuannya.

10. Bapak Anang Sudiarto selaku pembimbing lapangan di PT. Telkom Indonesia atas ilmu, waktu dan tenaga untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.
11. Dulur-dulur INTEL (Elektro 2013) yang banyak membantu, dan memberi semangat dan dukungan sejak awal menjadi keluarga besar di teknik hari.
12. M. Fafiyadi Taftazani yang telah meluangkan waktu, tenaga dan ilmunya serta dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Sahabat dari awal masuk kuliah Nurul Hidayah, Dahlia Fatmawati, Ila Nurmawati, Abdul Ghofur, Dede Ade Chandra, Ibrahim Saiful Millah, Ahmad Kusairi dan Devry Berta yang telah meluangkan tenaga dan waktu bersama, memberi kritik, saran, maupun semangat dan hiburan di kala gundah;
14. Sahabat dari SMP dan SMA Ayu Novianti, Aylisa Winata, Risqi Dwi, Nur Indah, Galih Enggarini dan Taufiqurrahman Hafifi, Aditya Imam Nurhuda yang memberikan semangat, dukungan, dan hiburan.
15. Keluarga Blado Kulon KKN 125 yang telah memberikan kenangan manis selama proses 45 hari pengabdian masyarakat Blado Kulon, Kecamatan Tegalsiwalan, Probolinggo, dan hari-hari setelahnya dengan komunikasi yang memberi semangat dan hiburan.
16. Konsentrasi Telkom Elektro 2013 yang memberikan banyak ilmu dan kenangan bersama.
17. Mas Krisnawan Putra Kumala atas waktu dan ilmunya untuk membantu menyelesaikan masalah yang terjadi pada software yang digunakan..
18. Dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri pada khususnya semoga Allah SWT memberikan yang terbaik untuk kita semua. Aamiin.

Jember, 11 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Matriks Permasalahan.....	5
2.2 Serat Optik.....	7
2.2.1 Jenis Serat Optik	8
2.3 FTTx.....	9
2.3.1 <i>Fiber To The Home</i>	9
2.3.2 <i>Fiber To The Building</i>	10
2.3.3 <i>Fiber To The Curb</i>	10
2.3.4 <i>Fiber To The Node</i>	11
2.4 Triple Play	12
2.4.1 Bentuk Layanan	12
2.4.2 Topologi Jaringan	13

2.5 GPON	13
2.5.1 Topologi Jaringan	14
2.5.2 Komponen.....	14
2.6 Parameter Kualitas Layanan	15
2.6.1 <i>Power Link Budget</i>	15
2.6.2 <i>Rise Time Budget</i>	16
2.6.3 <i>Bit Error Rate</i>	16
2.7 Perancangan Jaringan	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Block Diagram Penelitian	18
3.2 Flowchart Penelitian	19
3.3 Pengumpulan Data	20
3.3.1 Perhitungan dan Pengukuran	20
3.3.2 Perancangan Jaringan.....	22
3.4 Lokasi Penelitian	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Pengukuran	26
4.1.1 Pelanggan Pertama	26
4.1.2 Pelanggan Kelima	27
4.1.3 Pelanggan Terakhir	27
4.2 Analisa Perhitungan	28
4.2.1 Pelanggan Pertama	28
4.2.2 Pelanggan Terakhir	30
4.3 Analisa Simulasi	35
4.3.1 Perancangan Jaringan.....	35
4.3.2 Analisa <i>Power Link Budget</i>	40
4.3.3 Analisa BER dan <i>Q Factor</i>	45
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	xv

DAFTAR GAMBAR

2.1 Singlemode Fibers	8
2.2 Multimode Fibers	9
2.3 Arsitektur FTTH	10
2.4 Arsitektur FTTB.....	10
2.5 Arsitektur FTTC.....	11
2.6 Arsitektur FTTN	11
2.7 Topologi Layanan Triple play	13
2.8 Topologi Jaringan GPON.....	14
2.9 <i>Software</i> Optisystem	17
3.1 Block Diagram Penelitian	18
3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian	19
3.3 Perancangan Jaringan GPON.....	23
3.4 Diagram jaringan FTTx Teknologi GPON pada STO	25
4.1 Grafik <i>Power Link Budget</i>	32
4.2 Grafik <i>Rise Time Budget</i> arah <i>Downstream</i>	34
4.3 Grafik <i>Rise Time Budget</i> arah <i>Upstream</i>	34
4.4 Rancangan Sebelum Optimasi Arah <i>Downstream</i>	36
4.5 Rancangan Setelah Optimasi Arah <i>Downstream</i>	37
4.6 Rancangan Sebelum Optimasi Arah <i>Upstream</i>	38
4.7 Rancangan Setelah Optimasi Arah <i>Upstream</i>	39
4.8 BER dan <i>Q Factor</i> Sebelum dan Setelah Optimasi ONT 1 (<i>Down</i>).....	45
4.9 BER dan <i>Q Factor</i> Sebelum dan Setelah Optimasi ONT 5 (<i>Down</i>).....	46
4.10 BER dan <i>Q Factor</i> Sebelum dan Setelah Optimasi ONT 12 (<i>Down</i>).....	47
4.11 BER dan <i>Q Factor</i> Sebelum dan Setelah Optimasi ONT 1 (<i>Up</i>)	47
4.12 BER dan <i>Q Factor</i> Sebelum dan Setelah Optimasi ONT 5 (<i>Up</i>)	48
4.13 BER dan <i>Q Factor</i> Sebelum dan Setelah Optimasi ONT 12 (<i>Up</i>)	49

DAFTAR TABEL

2.1 Matriks Permasalahan	5
4.1 Spesifikasi Fiber Optik	26
4.2 Spesifikasi Parameter Pelanggan 1	26
4.3 Spesifikasi Parameter Pelanggan 5	27
4.4 Spesifikasi Parameter Pelanggan 12	28
4.5 Perbandingan Daya pada Tiap Komponen Arah <i>Downstream</i>	40
4.6 Perbandingan Daya pada Tiap Komponen Arah <i>Upstream</i> ONT 1.....	43
4.7 Perbandingan Daya pada Tiap Komponen Arah <i>Upstream</i> ONT 5.....	44
4.8 Perbandingan Daya pada Tiap Komponen Arah <i>Upstream</i> ONT 12.....	44

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Era globalisasi saat ini layanan telekomunikasi bagi perorangan ataupun perusahaan menjadi kebutuhan pokok dalam menjalani aktivitas sehari-hari. Telekomunikasi yang digunakanpun beragam, dapat berupa panggilan suara, internet, ataupun multimedia seperti televisi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut PT. Telekomunikasi Indonesia menggunakan jaringan yang dapat menyediakan beragam layanan, salah satunya yaitu jaringan fiber to the x (FTTx) dengan konsep NGN. *Next Generation Network* (NGN) adalah jaringan yang mampu menyediakan berbagai layanan, terutama layanan telekomunikasi dan mampu untuk digunakan pada multiple broadband, teknologi transport dengan mekanisme pemeliharaan.

Triple play merupakan teknologi yang menerapkan NGN. Layanan *Triple Play* merupakan layanan dimana satu kabel serat optik mencatu ke *Home gateway* (HGW) atau *Optical Network Terminal* (ONT) dapat mengirimkan data berupa suara, paket data (internet) dan multimedia (*Internet Protocol Television*). *Triple play* adalah layanan yang diberikan operator telekomunikasi bagi pelanggan rumah berupa langganan TV kabel, telepon rumah, dan akses internet. Seiring dengan meningkatnya jumlah pelanggan layanan *triple play*, dengan lokasi dan jarak yang semakin beragam, seringkali terjadi gangguan pada pelanggan yang memiliki jarak yang cukup jauh dari sentral seperti yang terjadi pada pelanggan PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo. Salah satu gangguan yang sering terjadi yaitu redaman yang besar pada proses transmisi sehingga menyebabkan nilai *power link budget* pelanggan mendekati batas minimal *power link budget* berdasarkan standart ITU-T dan standart yang digunakan oleh PT. Telkom Indonesia. Untuk memastikan jasa layanan pada *Triple play* tetap stabil maka pada penelitian ini akan dilakukan analisa performansi jaringan dengan parameter yang digunakan, yaitu *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* (BER). *Power link budget* adalah total redaman pada daya optik yang diijinkan

antara sumber cahaya dan fotodetektor, yang didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, dan margin sistem. *Rise time budget* merupakan metode untuk menentukan batasan *disperse* suatu link serat optik. Sedangkan BER adalah sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya. Dengan analisa tersebut akan dilakukan perancangan jaringan dengan *software Optisystem* yang dapat menghasilkan performansi yang optimal dan meminimalkan redaman pada jaringan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, berikut ini adalah beberapa masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh jarak dari sentral ke pelanggan terhadap nilai *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* (BER) pada layanan *Triple Play* ?
2. Bagaimana pengaruh besarnya nilai *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* (BER) pada layanan *Triple Play* terhadap kualitas jaringan ?
3. Bagaimana perancangan jaringan yang dapat menghasilkan performansi yang optimal?

1.3 BATASAN MASALAH

Berdasarkan rumusan masalah penelitian diatas, agar pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan suatu pembatasan masalah sebagai berikut:

1. *Sample* pengukuran dilakukan pada jaringan FTTh.
2. Diambil *sample* 12 pelanggan dengan jarak terjauh dan jarak terdekat
3. Performansi yang akan dilihat berdasarkan parameter *power link budget*, *rise time budget* dan *bit error rate* (BER).
4. Optimasi dilakukan menggunakan *software Optisystem*.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Untuk menghitung dan mengukur parameter-parameter kualitas jaringan pada layanan Triple Play PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk witel Sidoarjo yang berupa :
 - a. *Power link budget*,
 - b. *Rise time budget*,
 - c. *Bit Error Rate (BER)*
2. Untuk mengetahui pengaruh nilai parameter – parameter tersebut terhadap performansi layanan.
3. Untuk mengetahui perancangan jaringan yang dapat menghasilkan performansi layanan yang optimal.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai:

1. Langkah awal perbaikan dalam peningkatan kualitas jaringan FTTx pada layanan *triple play* teknologi GPON.
2. Produk rancangan optimasi jaringan sederhana meningkatkan nilai parameter yang diukur.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapa topik bahasan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai latar belakang, perumusan dan batasan masalah, tujuan, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang semua teori yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini akan memberikan gambaran metode penelitian yang digunakan.

BAB IV Analisa Data

Bab ini akan membahas hasil analisa parameter-parameter kualitas layanan pada jaringan Telkom Triple Play

BAB V Kesimpulan dan Saran

Memberikan kesimpulan hasil penelitian dan saran pengembangan penelitian ke depan.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini menjelaskan tentang matriks permasalahan, serat optik, jaringan Fiber To The x (FTTx), layanan *triple play*, teknologi GPON, dan parameter kualitas layanan, serta perancangan jaringan.

2.1 Matriks Permasalahan

No	Pustaka	Solusi	Metode	Hasil	Saran
1	Analisis Performansi Jaringan Akses <i>Fiber To The Home</i> (FTTH) Link STO Gegerkalong ke Perumahan Cipaku Indah. (Alief K. Krishnanti & Akhmad H.2015)	Melakukan analisa secara langsung di lapangan dan melalui perancangan dengan simulasi	Melakukan perhitungan dan pengukuran dilapangan, dan simulasi perancangan	Kualitas jaringan di lapangan dan hasil simulasi tergolong baik dan sesuai stardart yang berlaku	Belum adanya pengoptimalan jaringan dan rancangan untuk pengembangan jaringan
2	Analisis Jaringan FTTH (<i>Fiber To The Home</i>) Berteknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network) (Brilian Dermawan. 2016)	Melakukan perhitungan kualitas jaringan dan perancangan pengembangan jaringan dengan simulasi	Melakukan perhitungan dan perancangan	Hasil perancangan pengembangan jaringan tergolong baik	belum lengkapnya parameter yang digunakan seperti nilai BER

3	Analisis Perancangan <i>Optisystem</i> Jaringan <i>Fiber To The Home</i> (FTTH) <i>Link Point To Multipoint</i> dengan Menggunakan <i>Passive Splitter 1:32</i> Pada PT. Telkom (Krisnawan Putra, 2016)	Melakukan analisa secara langsung dan perancangan dengan simulasi	Melakukan pengukuran dan perhitungan di lapangan dan perancangan dengan simulasi	Perancangan yang lebih optimal dengan perbandingan <i>splitter</i>	Belum adanya perancangan untuk pengembangan jaringan
4	Analisis <i>Power Budget</i> Jaringan Komunikasi Serat Optik PT Telkom di STO Jatinegara (Auzaiy & Rochmah N.S.2009)	Melakukan analisa perhitungan	Melakukan perhitungan dengan parameter power link budget	Jaringan memiliki nilai power link budget yang tergolong baik	Kurangnya parameter yang digunakan dan belum dilakukan optimalisasi perancangan jaringan

Pada jurnal pertama berjudul “Analisis Performansi Jaringan Akses *Fiber To The Home* (FTTH) Link STO Gegerkalong ke Perumahan Cipaku Indah” melakukan penelitian dengan menganalisa performansi jaringan FTTH dari STO (Sentral Telepon Otomat) Gegerkalong ke perumahan Cipaku Indah dengan metode melakukan perhitungan dan pengukuran secara langsung dilapangan. Selain itu dilakukan pula perancangan jaringan dengan menggunakan simulasi yang menghasilkan kualitas atau performansi jaringan yang cukup baik.

Jurnal kedua dengan judul “Analisis Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) Berteknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*)” dilakukan penelitian dengan melakukan perancangan jaringan yang telah ada dengan melakukan pengukuran dan perhitungan terlebih dahulu. Kemudian dilakukan pengembangan dari jaringan yang sudah ada menggunakan simulasi dan dihasilkan beberapa opsi yang bisa digunakan untuk proses pengembangan selanjutnya. Kualitas jaringan yang dikembangkan menghasilkan performansi yang cukup baik.

Pada jurnal ketiga berjudul ”Analisis Perancangan *Optisystem* Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) *Link Point To Multipoint* dengan Menggunakan *Passive Splitter* 1:32 Pada PT. Telkom” dilakukan penelitian pada satu STO dengan tiga *link* yang selanjutnya diberikan optimasi pada link tersebut dengan mengganti *splitter* yang awalnya menggunakan 2 *passive splitter* menjadi 1 *passive splitter*. Didapatkan hasil yang cukup baik untuk nilai link budget dan BER namun masih terdapat redaman yang berasal dari redaman kabel, *connector* atau *splicing*.

Pada jurnal keempat berjudul “Analisis *Power Budget* Jaringan Komunikasi Serat Optik PT Telkom di STO Jatinegara” dilakukan penelitian dengan melakukan analisa dengan hasil perhitungan nilai power link budget. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa jaringan pada STO Jatinegara memiliki nilai power link budget yang tergolong baik.

2.2 Serat Optik

Serat optik adalah helaian optik murni yang sangat tipis (setipis rambut manusia) dan dapat membawa data informasi digital untuk jarak jauh. Helaian tipis ini tersusun dalam bundelan yang dinamakan kabel serat optik dan berfungsi mentransmisikan (mengirim) cahaya, hampir tanpa kerugian. Dengan kata lain, cahaya yang dikirim dari satu tempat ke tempat lain hanya mengalami kehilangan sinyal dalam jumlah yang sangat sedikit. Serat-serat membentuk kabel yang sedemikian halus hingga ketebalan mencapai 1 mm untuk dua puluh helai serat. Dalam kabel bergaris tengah 1 cm dapat disalurkan 10.000 kanal telepon (Nugraha A.R, 2006).

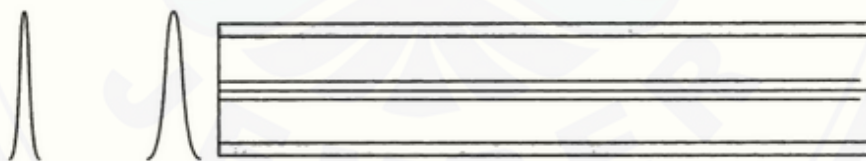
Serat optik memiliki beberapa keunggulan seperti bandwidth yang lebih besar dibandingkan kabel tembaga atau kabel logam lainnya, sehingga kabel fiber bisa mentransmisikan data lebih banyak. Kabel serat optik lebih tahan terhadap interferensi dibandingkan kabel lainnya. Kabel serat optik memiliki ukuran yang lebih kecil daripada logam, juga dengan serat optik data bisa ditransmisikan secara digital dan bukan analog. Namun serat optik memiliki beberapa kekurangan, seperti lebih mahal biaya instalasinya, serta lebih rapuh dan sulit untuk dipotong.

2.2.1 Jenis Serat Optik

Untuk keperluan yang berbeda-beda, serat optik dibuat dalam dua jenis utama yang berbeda, yaitu singlemode fibers dan multimode fibers.

1. Singlemode fibers

Singlemode fibers mempunyai inti sangat kecil (berdiameter sekitar 9×10^{-6} meter atau 9 mikron), cahaya yang merambat secara paralel ditengah membuat teradinya sedikit dispersi pulsa. Singlemode fibers mentransmisikan cahaya laser inframerah (panjang gelombang 1300 – 1550 nm). Jenis serat ini digunakan untuk menstransmisikan satu sinyal dalam setiap serat. Serat ini sering dipakai dalam pesawat telepon dan TV kabel.

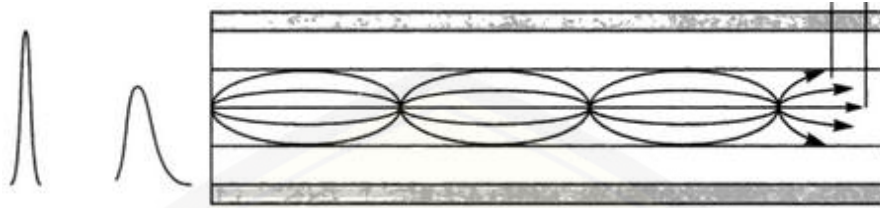


Gambar 2.1 *Singlemode Fibers* (Tricker, 2002)

2. Multimode fibers

Multimode fibers mempunyai ukuran inti yang lebih besar (berdiameter sekitar $6,35 \times 10^{-5}$ meter atau 63,5 mikron) dan menstransmisikan cahaya inframerah (panjang gelombang 850 – 1300 nm) dari lampu *light emitting diodes* (LED). Serat ini digunakan untuk menstransmisikan banyak sinyal

dalam setiap serat dan sering digunakan pada jaringan komputer dan *Local Area Network* (LAN).



Gambar 2.2 *Multimode Fibers* (Tricker, 2002)

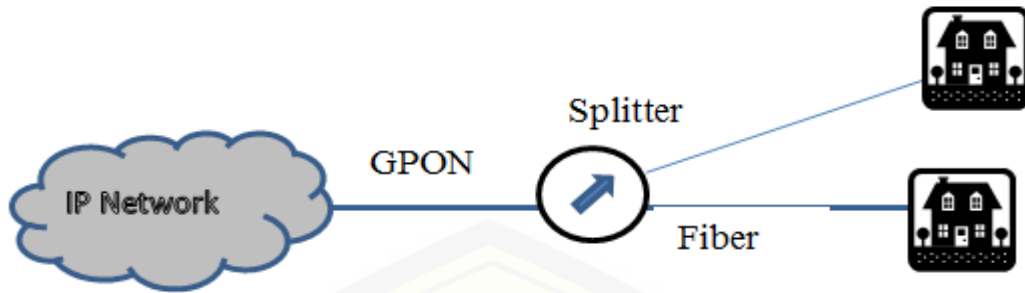
2.3 FTTx

FTTx adalah suatu format transmisi sinyal optik dari pusat penyedia (provider) ke kawasan pengguna dengan menggunakan fiber optik sebagai media penghantaran. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi fiber optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional. Dan juga didorong oleh keinginan untuk mendapatkan layanan yang dikenal dengan istilah layanan *Triple Play Services*.

Biasanya jarak antara pusat layanan dengan pelanggan dapat berkisar maksimum 20 km. Dimana pusat penghantaran penyelenggara layanan (services provider) yang berada di kantor utama disebut juga dengan *central office* (CO), disini terdapat peralatan yang disebut dengan OLT. Kemudian dari OLT ini dihubungkan kepada ONU yang ditempatkan di rumah-rumah pelanggan (*customers*) melalui jaringan distribusi serat optik (*Optical Distribution Network*, ODN). Berdasarkan lokasi penempatan ONU, FTTx dibagi menjadi 4, yaitu :

2.3.1 *Fiber To The Home* (FTTH)

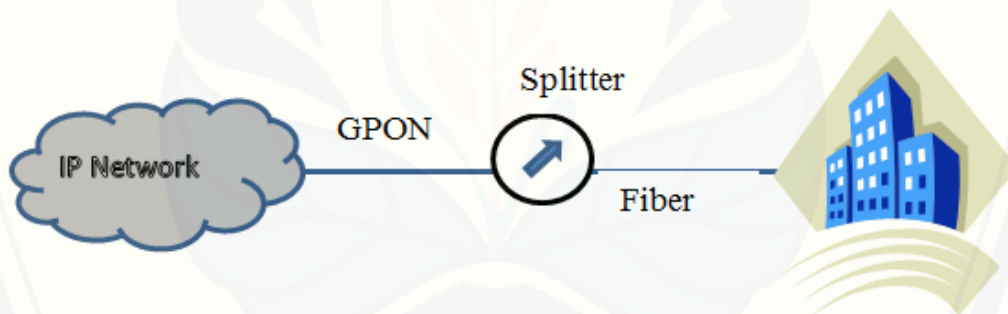
FTTH didefinisikan sebagai arsitektur jaringan kabel fiber optik yang dibuat hingga sampai ke rumah-rumah atau ruangan dimana terminal berada. Teknologi ini merupakan sepenuhnya jaringan optik dari *provider* ke pemakai. Biasanya digunakan *splitter* 1 : 16 yang artinya sinyal multiplex dibagi ke 16 rumah yang berbeda.



Gambar 2.3 Arsitektur FTTH (Telkom Training Center, 2008)

2.3.2 Fiber To The Building (FTTB)

FTTB didefinisikan sebagai arsitektur jaringan kabel fiber optik yang dibuat sampai pada gedung bertingkat dan kemudian didistribusikan ke masing-masing ruangan dengan kabel. TKO terletak di dalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi basement. Terminal pelanggan dihubungkan dengan TKO melalui kabel tembaga *indoor*. FTTB dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis di gedung bertingkat atau pelanggan di apartemen.



Gambar 2.4 Arsitektur FTTB (Telkom Training Center, 2008)

2.3.3 Fiber To The Curb (FTTC)

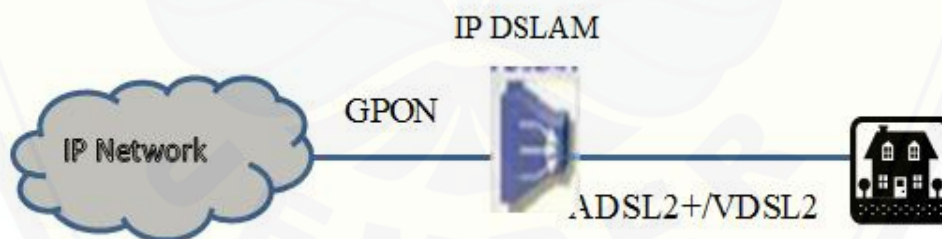
Jaringan fiber optik yang dibuat sampai pada suatu titik pendistribusian (curb) yang berada sekitar 100 kaki dari tempat pengguna berada. Dari curb sampai ke rumah-rumah digunakan koneksi kabel tembaga. Curb biasanya melayani 8 sampai 24 pelanggan. FTTC dapat diterapkan bagi pelanggan bisnis yang letaknya terkumpul di suatu area terbatas namun tidak berbentuk gedung bertingkat atau bagi pelanggan perumahan yang pada waktu dekat akan menjadi pelanggan jasa hiburan.



Gambar 2.5 Arsitektur FTTC (Telkom *Training Center*, 2008)

2.3.4 *Fiber To The Node* (FTTN)

Jaringan fiber dibuat sampai pada suatu node yang berupa kabinet yang berlokasi di pinggir jalan sehingga disebut juga FTTCab. Jarak antara titik pendistribusian dengan pelanggan pada FTTN lebih jauh daripada FTTC. Jumlah pelanggan yang bisa dilayani juga lebih banyak, biasanya hingga ratusan pelanggan. FTTN juga menggunakan kabel tembaga untuk koneksi dari kabinet ke rumah-rumah. FTTN dapat diterapkan pada daerah perumahan yang letaknya jauh dari sentral atau bila infrastruktur duct pada arah yang bersangkutan, sudah tidak memenuhi lagi untuk ditambah dengan kabel tembaga. (Maulana, 2012)



Gambar 2.6 Arsitektur FTTN (Telkom *Training Center*, 2008)

2.4 Triple Play

Pada layanan *Triple play* berisi tiga layanan dasar yang menyatu menjadi satu paket dan menyajikan satu tagihan (*single billing*), dengan kata lain dengan berlangganan *triple play* maka pelanggan dapat menikmati 3 manfaat sekaligus tanpa berlangganan lagi layanan-layanan lain sehingga tidak merepotkan pelanggan.

2.4.1 Bentuk Layanan

Tiga layanan yang disajikan pada layanan *triple play* yaitu :

1. Aplikasi Internet

Salah satu layanan data dalam layanan *triple play* adalah akses internet. Secara umum, perangkat kerja internet adalah Internet Protocol Suite. Ukuran data untuk internet berdasarkan ITU untuk IPv4 sekurang – kurangnya adalah 68 Bytes.

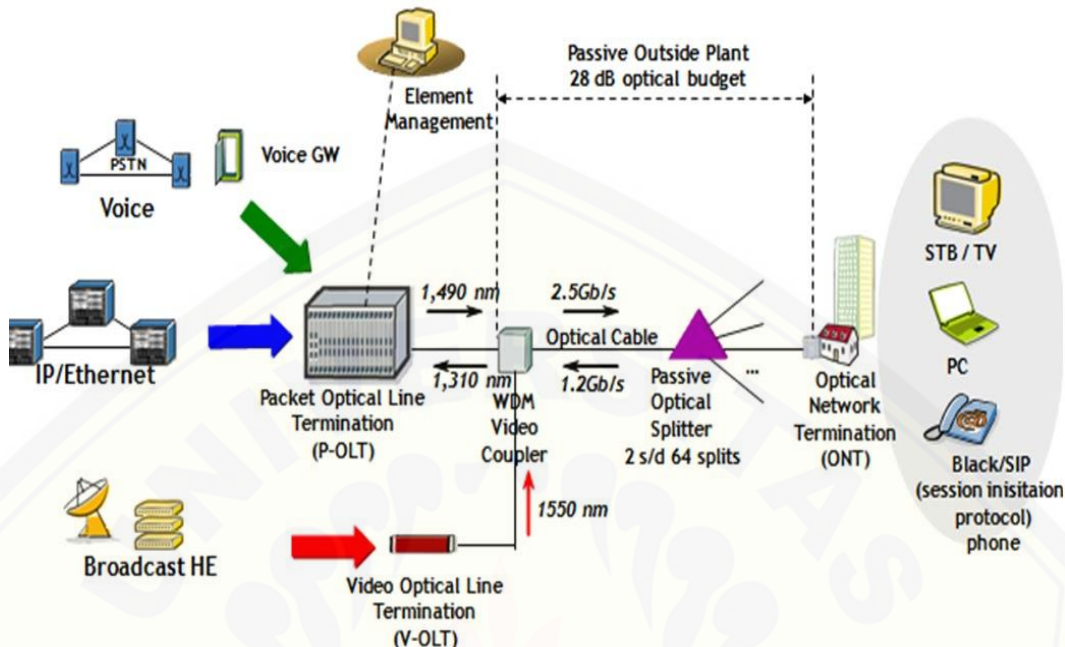
2. Aplikasi VoIP

Voice over Internet Protocol merupakan teknologi menyalurkan suara yang sudah diubah dan dikemas secara padat berupa paket data kedalam jaringan internet/intranet melalui sebuah protokol (yaitu protokol TCP/IP). VoIP berarti menggunakan jaringan internet untuk melakukan pembicaraan suatu kanal suara analog dimampatkan menjadi 8 –16 Kbps.

3. Aplikasi IPTV

IPTV adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengirim layanan televisi digital kepada *subscriber* dalam sistem tersebut. Pengiriman sinyal digital televisi tersebut memungkinkan diselenggarakan menggunakan internet Protocol melewati sebuah koneksi *broadband* yang digunakan pada jaringan dengan kualitas yang lebih baik daripada akses internet publik agar kualitas pelayanan terjamin.

2.4.2 Topologi Jaringan

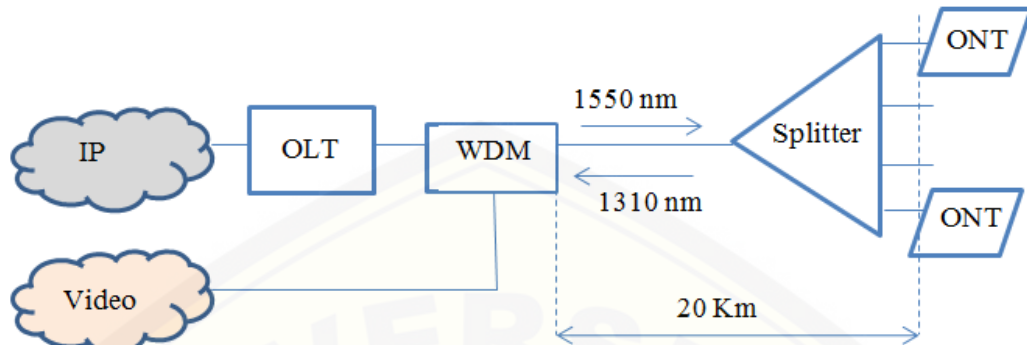


Gambar 2.7 Topologi Layanan Triple Play (Telkom Training Center, 2008)

2.5 GPON

Gigabite Passive Optical Network (GPON) merupakan teknologi FTTx yang dapat mendeliver servis sampai ke *user* menggunakan *fiber optic*. GPON telah distandarisasi oleh ITU-T (ITU-T G.984). GPON mampu menyediakan layanan dengan kecepatan 2.4 Gbps secara simetri untuk arah *downstream* yaitu dari *provider* ke pelanggan dan 1.2 Gbps untuk *upstream* yaitu dari pelanggan menuju *provider*. Prinsip kerja dari GPON yaitu ketika data atau sinyal dikirimkan dari OLT, maka ada bagian yang bernama *splitter* yang berfungsi untuk memungkinkan serat optik tunggal dapat mengirim ke berbagai ONT. Untuk ONT sendiri akan memberikan data-data dan sinyal yang diinginkan oleh *user*. (Pramundia, 2016)

5.1 Topologi Jaringan GPON



Gambar 2.8 Topologi Jaringan GPON

2.5.2 Komponen GPON

Komponen-komponen pada teknologi GPON antara lain yaitu :

1. Sumber cahaya

Sumber cahaya yang digunakan dalam teknologi GPON adalah *Injection Laser Diode* (ILD). Jenis ILD yang digunakan pada sistem GPON antara lain *Fabry Perot Laser* dan *Distributed Feedback Laser* (DFB), dengan lebar spektrum masing – masing 3nm dan 1nm.

2. Serat optik yang digunakan

Dari dua jenis serat optik yang ada yaitu *single mode* dan *multimode*, yang digunakan sebagai media transmisi teknologi GPON adalah jenis *single mode* dikarenakan daerah kerja panjang gelombang *single mode* lebih tinggi daripada daerah kerja panjang gelombang *multimode*.

3. *Optical Line Termination* (OLT)

OLT dipergunakan untuk mentransmisikan suara, data dan video yang melewati *GPON*. OLT mempunyai fungsi untuk melakukan konversi dari sinyal elektrik menjadi optik.

4. *Optical Network Unit* (ONU)

ONU mempunyai tugas utama yaitu mentransmisikan suara, data dan video yang melewati jaringan GPON kepada para *user* dan OLT. Sinyal optik yang

ditransmisikan melalui OLT diubah oleh ONU menjadi sinyal elektrik yang diperlukan untuk *service user*.

5. Splitter

Splitter adalah optikal fiber *coupler* sederhana yang membagi sinyal optik menjadi beberapa *path* (*multiple path*) atau sinyal – sinyal kombinasi dalam satu *path*. Selain itu, *splitter* juga dapat berfungsi untuk merutekan dan mengkombinasikan berbagai sinyal optik. *Splitter* mendukung beberapa pilihan *ratio* pembagian sinyal seperti pemakaian *splitter* tunggal 1:32, atau pemakaian *splitter* secara paralel seperti 1:8 dan 1:4 atau 1:16 atau 1:2.

6. Splicer

Alat sambung serat optik dikenal dengan sebutan *fusion splicer* yaitu suatu alat yang digunakan untuk menyambung *core* serat optik

7. Connector

Connector terdapat pada ujung dari serat optik yang terhubung langsung pada perangkat. *Connector* pada fiber optik terbuat dari material yang sederhana seperti plastik, karet dan kaca sehingga lebih praktis.

2.6 Parameter Kualitas Layanan

2.6.1 Power Link Budget

Power link budget dapat diartikan secara sederhana sebagai total redaman pada daya optik yang diijinkan antara sumber cahaya dan fotodetektor, yang didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, dan margin sistem. Untuk perumusan *link power budget* yang terdiri dari redaman total, daya yang diterima penerima, dan nilai margin sistem dapat dilihat pada persamaan berikut ini. (Premunindia , 2015)

$$P_{rx} = P_{tx} - (\alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

P_{rx} =daya sinyal yang diterima (dBm)

P_{tx} =daya optis yang dipancarkan dari sumber cahaya (dBm)

α_f =redaman kabel serat optik (Panjang kabel (km) x loss kabel (0,35))

α_c =redaman pada konektor (Jumlah konektor x loss konektor (0.5))

α_s =redaman pada splicer (Jumlah splice x loss splice (0.2))

M =nilai yang digunakan untuk mengkompensasi redaman yang terjadi pada kabel serat optik

Untuk spesifikasi level terima perangkat PT. TELKOM terletak pada batas level terima -10 dBm sampai dengan -30 dBm.

2.6.2 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan *disperse* suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (Non-return-to-zero) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (return-to-zero). Satu periode bit didefinisikan sebagai resiprokal dari rate data. Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{total} = \sqrt{(T_{tx}^2 + T_{intra}^2 + T_{inter}^2 + T_{rx}^2)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

T_{tx} = Rise time transmitter (ns)

T_{rx} = Rise time receiver (ns)

$T_{intermodal}$ = bernilai nol (untuk serat optik single mode)

$T_{intramodal}$ = $\Delta\sigma \times L \times D_m$

$\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm)

L = Panjang serat optik (Km)

D_m = Dispersi Material (ps/nm.Km)

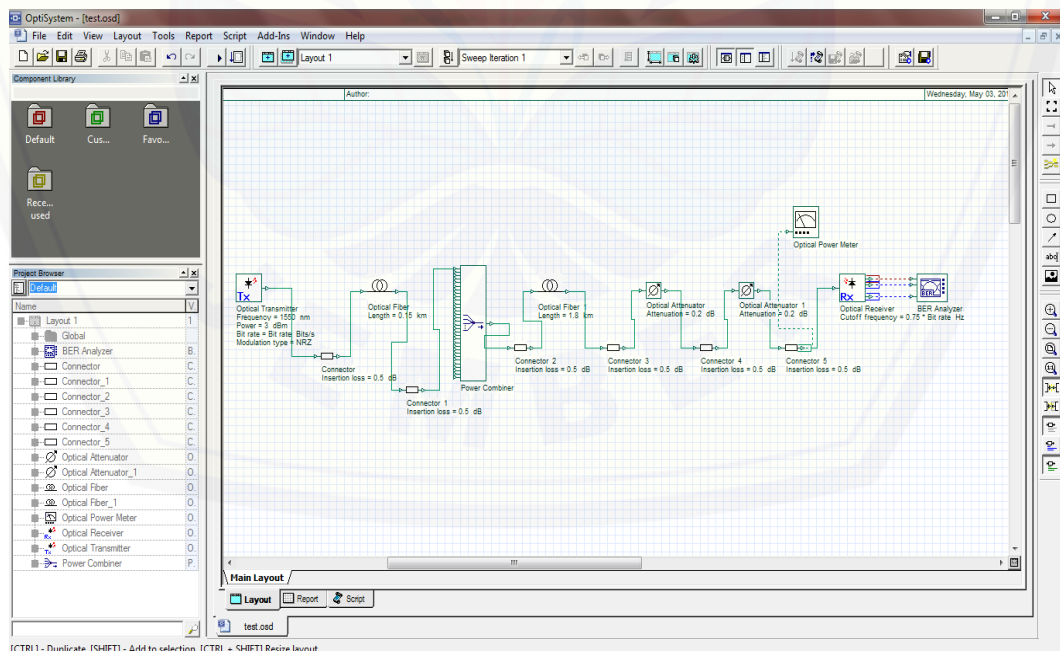
2.6.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan kemungkinan pemunculan digit binary tertentu pada sumber yang diterima dengan salah oleh pengguna. Kerugian yang lebih sedikit dalam perambatan sepanjang inti memberikan lebih banyak cahaya mencapai receiver dan lebih sedikit BER. (Serat Optik, 2006)

2.7 Perancangan Jaringan dengan Optisystem

Optisystem adalah sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi suatu jaringan fiber optik mulai dari sentral sampai *end-user*, selain itu Optisystem juga mendukung untuk pengukuran jaringan seperti *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget* dan BER.

Komponen yang digunakan pada *software* Optisystem seperti pada topologi jaringan GPON, yaitu terdiri dari OLT, *connector*, *splitter*, ONT, dan fiber optik. Untuk mengatur redaman *splicing* dapat menambahkan komponen *attenuator*. Untuk mengetahui daya pada tiap komponen dapat digunakan OPM atau *optical power meter* sehingga akan diketahui redaman dari setiap komponen yang terhubung. Untuk mengetahui kualitas jaringan yang disimulasikan dan nilai *Bit Error Rate* dari setiap *link* yang terhubung dapat digunakan BER Analyzer yang dihubungkan pada komponen akhir jaringan atau *receiver*, pada teknologi GPON komponen yang bertindak sebagai receiver adalah ONU atau *Optical Network Unit* untuk arah *downstream*, dan OLT bertindak sebagai *receiver* untuk arah *upstream*.

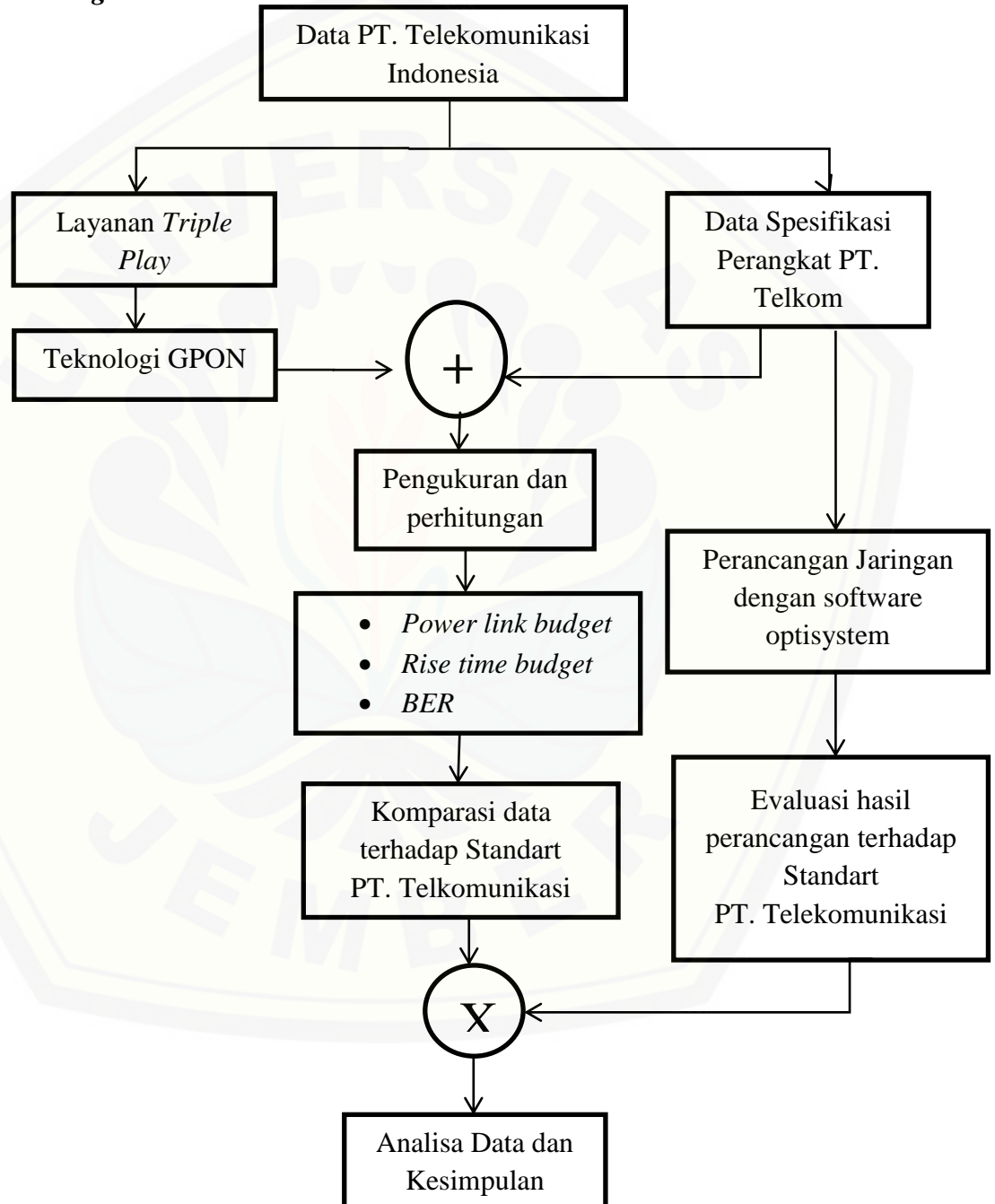


Gambar 2.9 Software Optisystem

BAB 3. METODE PENELITIAN

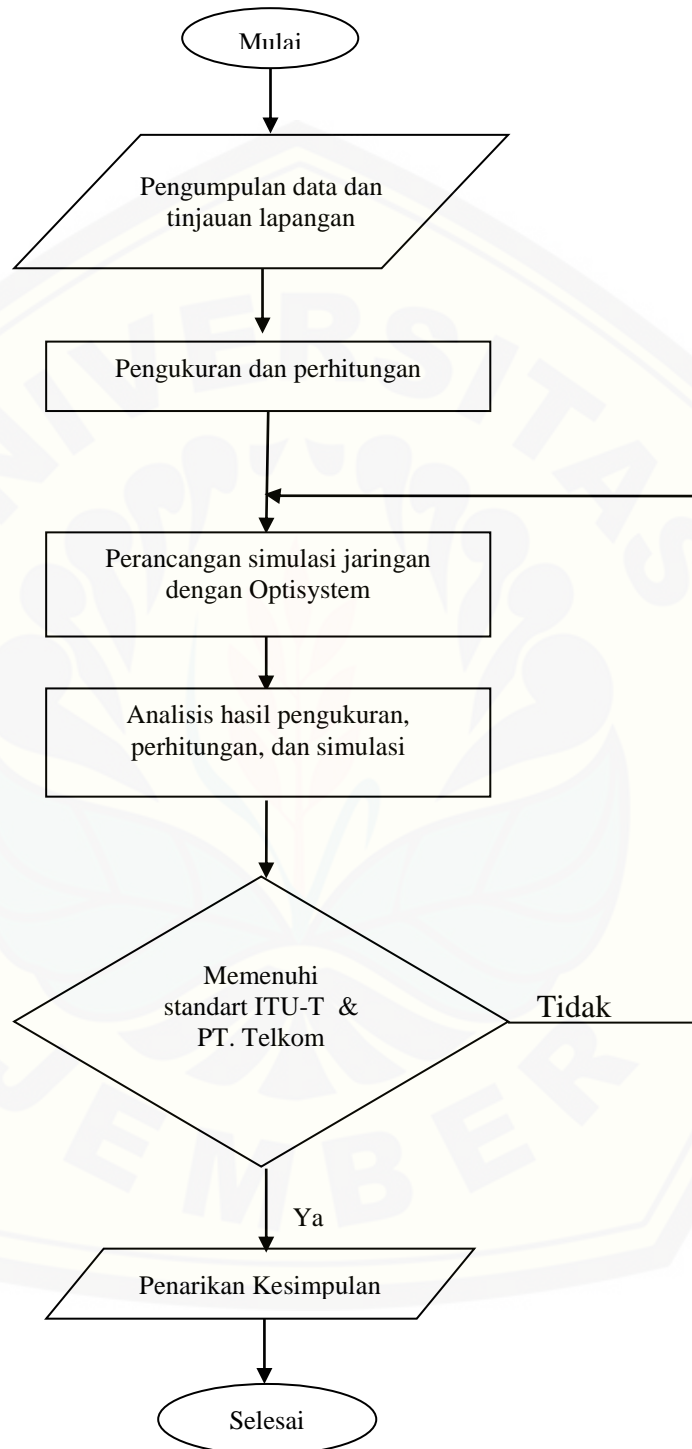
Pada bab metode penelitian ini membahas mengenai blok diagram penelitian, *flowchart* penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari pengukuran dan perhitungan serta perancangan jaringan, dan lokasi penelitian.

3.1 Block Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Block Diagram Penelitian

3.2 Flowchart Penelitian untuk Parameter Kualitas Jaringan



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian Kualitas Jaringan

Pada penelitian ini langkah-langkah yang akan dilakukan seperti yang tertera pada gambar 3.2 *Flowchart* penelitian, yaitu langkah pertama yang dilakukan mencari literatur mengenai *Triple play*, topologi jaringan GPON, dan data pengguna astinet. Data yang digunakan yaitu data *link* dari beberapa sentral telepon otomatis (STO) yang berada dibawah cakupan wilayah PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo. Dengan data pelanggan tersebut dilakukan perhitungan secara teoritis dan pengukuran untuk nilai parameter *power link budget* dan *rise time budget*. Proses pengukuran kualitas layanannya menggunakan power meter dimana nantinya akan didapatkan nilai parameter yang dibutuhkan. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan nilai standart yang digunakan PT. Telkom Indonesia , Tbk. Dilakukan pula perhitungan secara teoritis nilai *power link budget* dan *rise time budget* yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai standart seperti sebelumnya. Dengan hasil perbandingan tersebut, dilakukan perancangan jaringan dengan menggunakan software optisystem agar bisa menghasilkan performansi yang optimal. Dari hasil perbandingan tersebut dilakukan analisa data dan didapatkan kesimpulan berupa nilai rata-rata parameter yang ada serta mengetahui kehandalan jaringan dari PT. Telekomunikasi Indonesia witel Sidoarjo berdasarkan hasil perbandingan dengan nilai standart PT. Telekmunikasi Indonesia.

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Perhitungan dan pengukuran parameter

3.3.1.1 *Power Link Budget*

Power link budget dapat diartikan secara sederhana sebagai total redaman pada daya optik yang diijinkan antara sumber cahaya dan fotodetektor, yang didapatkan dari redaman kabel, redaman konektor, redaman penyambungan, dan margin sistem. Untuk perumusan *link power budget* yang terdiri dari redaman total, daya yang diterima penerima, dan nilai margin sistem dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$Prx = Ptx - (\alpha f + ac + as + M) \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan :

P_{rx} = daya sinyal yang diterima (dBm)

P_{tx} = daya optis yang dipancarkan dari sumber cahaya (dBm)

α_f = redaman kabel serat optik (Panjang kabel (km) x loss kabel (0,35))

α_c = redaman pada konektor (Jumlah konektor x loss konektor (0.5))

α_s = redaman pada splicer (Jumlah splice x loss splice (0.2))

M = nilai yang digunakan untuk mengkompensasi redaman yang terjadi pada kabel serat optik

Untuk spesifikasi level terima perangkat PT. TELKOM terletak pada batas level terima -10 dBm sampai dengan -30 dBm.

3.3.1.2 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan *disperse* suatu link serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari link digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ (Non-return-to-zero) atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ (return-to-zero). Satu periode bit didefinisikan sebagai resiprokal dari rate data. Untuk menghitung *Rise Time budget* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{total} = \sqrt{(T_{tx}^2 + T_{intra}^2 + T_{inter}^2 + T_{rx}^2)} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

T_{tx} = Rise time transmitter (ns)

T_{rx} = Rise time receiver (ns)

$T_{intermodal}$ = bernilai nol (untuk serat optik single mode)

$T_{intramodal}$ = $\Delta\sigma \times L \times D_m$

$\Delta\sigma$ = Lebar Spektral (nm)

L = Panjang serat optik (Km)

D_m = Dispersi Material (ps/nm.Km)

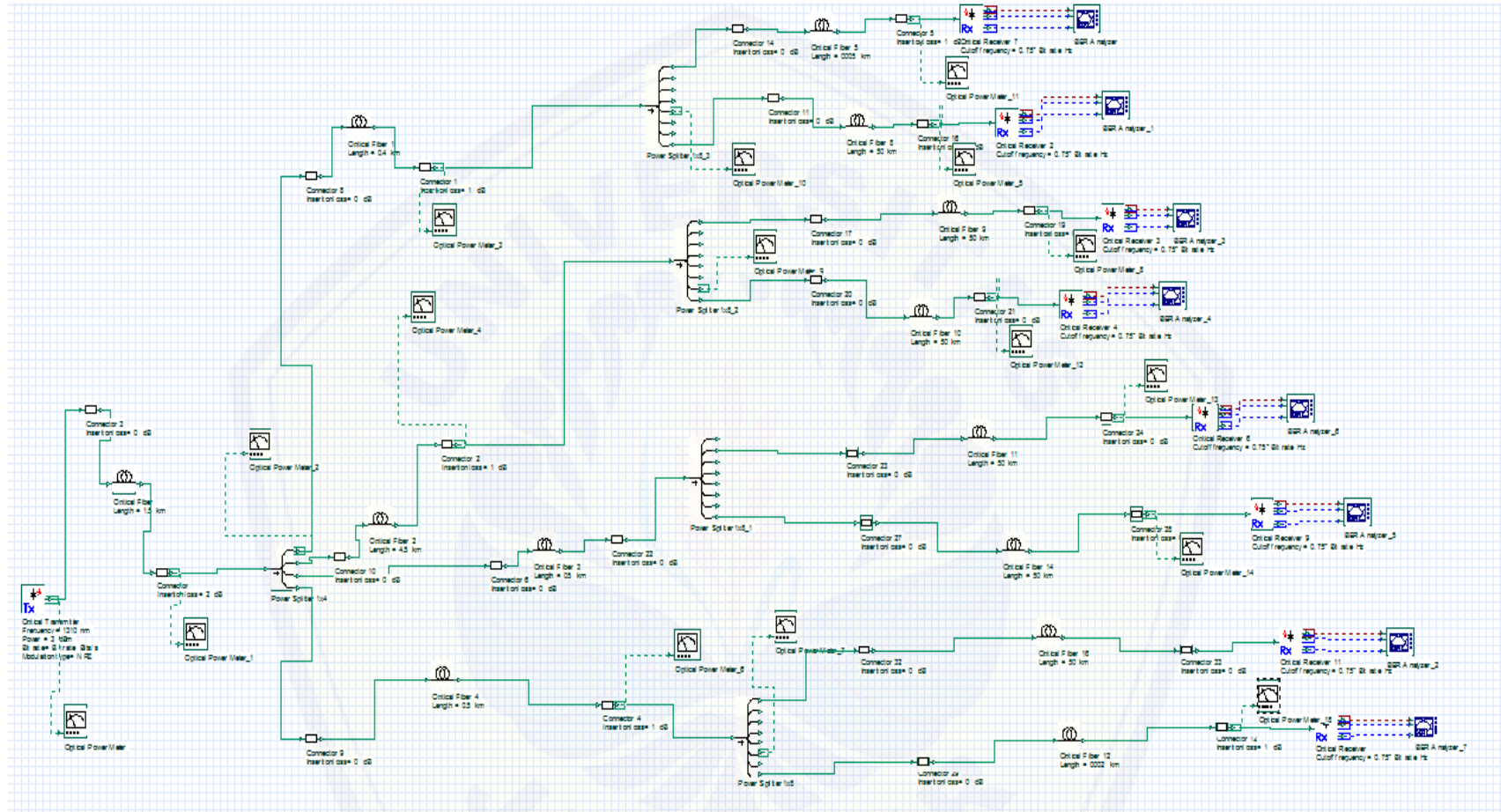
3.3.1.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan kemungkinan pemunculan digit binary tertentu pada sumber yang diterima dengan salah oleh pengguna. Kerugian yang lebih sedikit dalam perambatan sepanjang inti memberikan lebih banyak cahaya mencapai receiver dan lebih sedikit BER. (Serat Optik, 2006)

3.3.2 Perancangan Jaringan dengan Optisystem

Optisystem adalah sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi suatu jaringan fiber optik mulai dari sentral sampai *end-user*, selain itu Optisystem juga mendukung untuk pengukuran jaringan seperti *Power Link Budget* , *Q factor*, dan BER.

Komponen yang digunakan pada *software* Optisystem seperti pada topologi jaringan GPON, yaitu terdiri dari OLT, *connector*, *splitter*, ONT, dan fiber optik. Untuk mengatur redaman *splicing* dapat menambahkan komponen *attenuator*. Untuk mengetahui daya pada tiap komponen dapat digunakan OPM atau *optical power meter* sehingga akan diketahui redaman dari setiap komponen yang terhubung. Untuk mengetahui kualitas jaringan yang disimulasikan dan nilai *Bit Error Rate* dari setiap *link* yang terhubung dapat digunakan *BER Analyzer* yang dihubungkan pada komponen akhir jaringan atau *receiver*, pada teknologi GPON komponen yang bertindak sebagai receiver adalah ONU atau *Optical Network Unit* untuk arah *downstream*, dan OLT bertindak sebagai *receiver* untuk arah *upstream*. Bentuk dari perancangan jaringan dengan menggunakan *software* Optisystem dapat dilihat pada gambar 3.3. Gambar 3.3 menunjukkan bentuk jaringan dari sentral yang berupa OLT hingga *end user* atau pelanggan yang berupa komponen ONT.



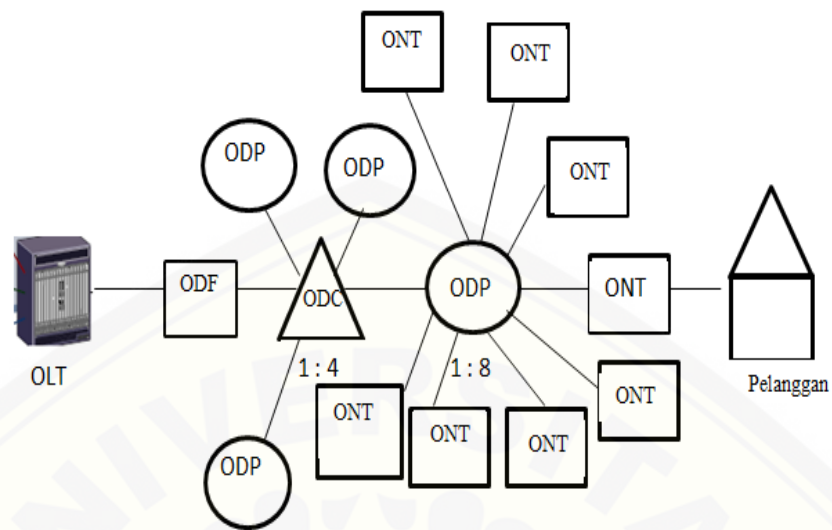
Gambar 3.3 Perancangan Jaringan GPON

3.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di PT. Telkom Indonesia Witel Sidoarjo, dimana wilayah cakupannya meliputi beberapa daerah sekitarnya. Pada beberapa titik dibangun STO untuk mempermudah pembagian link jaringan.

Pada setiap Sentral Telepon Otomat (STO) terdapat teknologi GPON yang menyediakan layanan *upstream* dan *downstream* yang sama. Dengan arsitektur jaringan *Fiber To The x* (FTTx) , komponen yang digunakan yaitu *Optical Line Termination* (OLT) yang berfungsi sebagai penghubung antara *server* dengan komponen lain yang terhubung ke pelanggan. OLT terhubung dengan *Optical Distribution Frame* (ODF) yaitu rak dan frame yang berfungsi sebagai tempat *splitter* untuk mendistribusikan fiber optik ke *Optical Distribution Cabinet* (ODC) untuk melayani beberapa area. Pada ODC terdapat *splitter* atau pembagi. *Splitter* pada ODC yang digunakan oleh PT. Telkom Indonesia yaitu *splitter* dengan rasio 1:4 yang berarti ODC akan terhubung dengan 4 *Optical Distribution Point* (ODP) atau kotak distribusi layanan ke pelanggan. Pada ODP juga terdapat *splitter* yang nantinya akan membagi sinyal optik menjadi beberapa jalur yang sesuai dengan rasio *splitter* yang digunakan. *Splitter* pada ODP yang digunakan oleh PT. Telkom Indonesia yaitu *splitter* dengan rasio 1:8, sehingga pada 1 ODP akan terdapat 8 *Optical Network Terminal* atau *Optical Network Unit* (ONT / ONU). ONT/ONU merupakan komponen yang dimiliki oleh setiap pelanggan karena hanya melayani satu pelanggan saja. ONU akan melakukan konversi layanan dari sinyal optik menjadi sinyal elektrik.

Proses pengukuran dan perhitungan pada penelitian ini dilakukan pada komponen ONT/ ONU untuk mengetahui besarnya daya terima (*Rx power* atau *power link budget*) dan besarnya redaman (*attenuation*) yang diterima oleh pelanggan. Diagram jaringan teknologi GPON pada STO PT. Telkom Indonesia yang sudah menggunakan perangkat GPON dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Diagram jaringan FTTx Teknologi GPON pada STO PT. Telkom Indonesia

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Jarak sentral ke pelanggan berpengaruh cukup besar terhadap nilai *power link budget*, *Rise Time Budget* dan *bit error rate*.
 - a. Untuk nilai *power link budget* seperti pada lampiran 1.a nilai *power link budget* pelanggan 1 dengan jarak 1,957 Km sebesar -19,653 dBm sedangkan pelanggan 12 pada lampiran 1.1 dengan jarak 14,931 Km memiliki nilai *power link budget* sebesar - 25,2249 dBm mendekati batas minimal *power link budget* yaitu sebesar -28 dBm.
 - b. Untuk nilai *Rise Time Budget* semua pelanggan masih jauh dari batas standart yang berlaku. Seperti pada lampiran 1.1 nilai rise time terbesar yaitu pada pelanggan 12 sebesar 0.2553 ns sedangkan batas maksimal nilai *Rise Time Budget* yaitu 0,2917 ns untuk *upstream* dan 0,583 ns untuk *downstream*.
 - c. Dapat dilihat grafik nilai BER dan *Q Factor* dari masing-masing pelanggan pada lampiran 3 untuk *downstream* dan 4 untuk *upstream*. Nilai *Q Factor* terkecil yaitu pada pelanggan 12 sebesar 8,35 mendekati nilai batas minimal *Q Factor* yang bernilai 8 sedangkan nilai BER terkecil juga pada pelanggan 12 yaitu sebesar 3.1×10^{-17} sedangkan nilai ideal BER adalah 10^{-9} .
2. Semakin kecil nilai *power link budget* maka daya terima pelanggan juga semakin berkurang sehingga kualitas jaringannya juga semakin kecil, semakin kecil nilai *rise time* maka semakin kecil dispersi yang dialami, dan semakin besar nilai BER maka semakin banyak bit error yang diterima pelanggan. Seperti pada pelanggan 1 dan pelanggan 12 arah *downstream*, pada pelanggan 1 didapatkan nilai *power link budget* sebesar -20,78 dBm, *rise time budget* sebesar 0,25 ns pada lampiran 3.a, dan BER sebesar 1,39

$\times 10^{-15}$ sehingga didapatkan nilai Q Factor sebesar 26,8 pada lampiran 4.a. Sedangkan pada pelanggan 12 didapatkan nilai *power link budget* sebesar -26,6 dBm, *rise time budget* sebesar 0,255 ns pada lampiran 3.a, dan BER sebesar $3,13 \times 10^{-17}$ sehingga didapatkan nilai q factor sebesar 8,37 pada lampiran 4.1

3. Dengan mengubah jumlah dan rasio *splitter* dari 2 *splitter* dengan rasio 1:4 dan 1:8 menjadi 1 *splitter* dengan rasio 1: 32 didapatkan nilai *power link budget*, dan BER yang semakin kecil serta Q Factor yang semakin besar, seperti pada pelanggan 12 pada lampiran 5.1 nilai Q Factor pelanggan meningkat menjadi 13,44.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan menambah jumlah parameter dan membandingkan beberapa jaringan dengan OLT yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Dermawan, B.dkk. 2016. *Analisis Jaringan FTTH (Fiber To The Home) Berteknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network)*. Universitas Diponegoro
- Nugraha, A.R. 2006. *Serat Optik*. Edisi 1. Yogyakarta. Penerbit Andi
- Pramundia, N.O, dkk. 2015. *Analisis Kualitas Jaringan GPON pada Layanan IPTv PT. Telkom di Daerah Denpasar, Bali*. Universitas Udayana
- Putra, K. 2016. *Analisis Perancangan Optisystem Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Link Point To Multipoint dengan Menggunakan Passive Splitter 1 : 32 Pada PT. Telkom*. Universitas Jember
- Riyadi, V, dkk. 2014. *Analisis Performansi Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Link STO Gegerkalong ke Perumahan Cipaku Indah*. Universitas Telkom.
- Stalling, W. 2007. *Komunikasi dan Jaringan Nirkabel*. Terjemahan oleh Dimas Aryo Sasongko, S.T. *Wireless Communicatin and Network*. Edisi Kedua. Jilid 1. Jakarta. Erlangga
- Telkom Marketing Guides. 2016. *Telkom Indonesia Product*. PT. Telkom Indonesia
- Telkom Learning Center. 2008. *Sistem GPON*. PT. Telkom Indonesia
- Telkom Learning Center. 2008. *Standar Teknologi GPON*. PT. Telkom
- Tricker, R. 2002. *Optoelectronics and Fiber Optic Technology*. Oxford. Newnes
- Utami, F. 2006. *Analisis Performansi Jaringan Telkom Triple play di Area Bandung*. Universitas Telkom
- Zaki, A. 2008. *Home Networking*. Jakarta. PT. Elex Media Komputindo



LAMPIRAN

Lampiran

1. Perhitungan Power Link Budget dan Rise Time Budget

a. Perhitungan Pelanggan 1

• Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 3,832 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 1 \times (0,2) = 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 1,957 \times 0,35 = 0,685 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 0,685 + 5 + 0,2 + 15,6 + 2$$

$$= 23,485 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,832 - 23,485$$

$$= -19,653 \text{ dB}$$

• Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 3,166 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 1 \times (0,2) = 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 1,957 \times 0,35 = 0,685 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 0,685 + 5 + 0,2 + 15,6 + 2$$

$$= 23,485 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,166 - 23,485$$

$$= -20,319 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

Bit rate : 1,2 Gbps

$$\begin{aligned} Tr &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{1,2} \\ &= 0,583 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 1,957 \times 0.0035 \\ &= 0.006849 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,006849)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,06255)^{1/2} \\ &= 0,2501 \text{ ns} \end{aligned}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$\begin{aligned} Tr &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{2,4} \\ &= 0,2917 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 1,957 \times 0.0035 \\ &= 0.006849 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,006849)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,06255)^{1/2} \\ &= 0,2501 \text{ ns} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Pelanggan 2

• Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 3,742 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 9,46 \times 0,35 = 3,311 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 3,311 + 5 + 0,4 + 15,6 + 2$$

$$= 26,311 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,742 - 26,311 = -22,569 \text{ dBm}$$

• Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 2,247 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 9,46 \times 0,35 = 3,311 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 3,311 + 5 + 0,4 + 15,6 + 2$$

$$= 26,311 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 2,247 - 26,311 = -24,064 \text{ dBm}$$

• Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$Tr = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$Tmat = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 9,46 \times 0.0035$$

$$= 0.033 \text{ ns}$$

$$Ts = (Ttx^2 + Tmat^2 + Tintermodal^2 + Trx^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,0331)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06359)^{1/2}$$

$$= 0,2521 \text{ ns}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$Tr = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,2917 \text{ ns}$$

$$Tmat = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 9,46 \times 0.0035$$

$$= 0.033 \text{ ns}$$

$$Ts = (Ttx^2 + Tmat^2 + Tintermodal^2 + Trx^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,0331)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06359)^{1/2}$$

$$= 0,2521 \text{ ns}$$

- c. Perhitungan Pelanggan 3

- Power Link Budget *Downstream*:

Ptx : 3,926 dBm

α Splitter : 1:4 = 6,8 dB

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 1 \times (0,2) = 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 2,991 \times 0,35 = 1,0469 \text{ dB}$$

$$\text{SM} : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM}$$

$$= 1,0469 + 5 + 0,2 + 15,6 + 2$$

$$= 23,846 \text{ dB}$$

$$\text{Prx} = \text{Ptx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$\text{Prx} = 3,832 - 23,846$$

$$= -19,920 \text{ dB}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$\text{Ptx} : 2,597 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 1 \times (0,2) = 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 2,991 \times 0,35 = 1,0469 \text{ dB}$$

$$\text{SM} : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM}$$

$$= 1,0469 + 5 + 0,2 + 15,6 + 2$$

$$= 23,846 \text{ dB}$$

$$\text{Prx} = \text{Ptx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$\text{Prx} = 2,597 - 23,846$$

$$= - 21,249 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$\text{Tr} = \frac{0,7}{\text{Br}}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$T_{mat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 2,991 \times 0.0035$$

$$= 0.01047 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,01047)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06260)^{1/2}$$

$$= 0,2501 \text{ ns}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$T_r = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,2917 \text{ ns}$$

$$T_{mat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 2,991 \times 0.0035$$

$$= 0.01047 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,01047)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06260)^{1/2}$$

$$= 0,2501 \text{ ns}$$

d. Perhitungan Pelanggan 4

- Power Link Budget *Downstream*:

P_{tx} : 3,75 dBm

α_{Splitter} : 1:4 = 6,8 dB

1:8 = 9 dB

α_{Splicing}: 3 x (0,2) = 0,6 dB

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 6,418 \times 0,35 = 2,246 \text{ dB}$$

$$\text{SM} : 2$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{tot}} &= \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM} \\ &= 2,246 + 5 + 0,6 + 15,8 + 2 \\ &= 25,646 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Prx} = \text{Ptx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$\text{Prx} = 3,75 - 25,646 = -22,506 \text{ dBm}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$\text{Ptx} : 3,14 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 3 \times (0,2) = 0,6 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 6,418 \times 0,35 = 2,246 \text{ dB}$$

$$\text{SM} : 2$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{tot}} &= \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM} \\ &= 2,246 + 5 + 0,6 + 15,8 + 2 \\ &= 25,646 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Prx} = \text{Ptx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$\text{Prx} = 3,14 - 25,646 = -22,506 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$\text{Tr} = \frac{0,7}{\text{Br}}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$\text{Tmat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 6,418 \times 0.0035$$

$$= 0.02246 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,02246)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0630)^{1/2} \\ &= 0,2509 \text{ ns} \end{aligned}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$\begin{aligned} T_r &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{2,4} \\ &= 0,2917 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 6,418 \times 0.0035 \\ &= 0.02246 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,02246)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0630)^{1/2} \\ &= 0,2509 \text{ ns} \end{aligned}$$

- e. Perhitungan Pelanggan 5

- Power Link Budget *Downstream*:

P_{tx} : 3,684 dBm

α_{Splitter} : 1:4 = 6,8 dB

1:8 = 9 dB

α_{Splicing} : 2 x (0,2) = 0,4 dB

$\alpha_{\text{connector}}$: 10 x 0,5 = 5 dB

α_{kabel} : 6,88 x 0,35 = 2,408 dB

SM : 2

$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM}$

$$= 2,408 + 5 + 0,4 + 15,8 + 2$$

$$= 25,608 \text{ dB}$$

$$Prx = Ptx - \alpha_{tot}$$

$$Prx = 3,684 - 25,608 = -21,924 \text{ dBm}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$Ptx : 2,887 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}} : 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 6,88 \times 0,35 = 2,408 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{tot} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 2,408 + 5 + 0,4 + 15,8 + 2$$

$$= 25,608 \text{ dB}$$

$$Prx = Ptx - \alpha_{tot}$$

$$Prx = 2,887 - 25,608 = -22,721 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$Tr = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$T_{mat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 6,88 \times 0,0035$$

$$= 0,0240 \text{ ns}$$

$$Ts = (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,0240)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06307)^{1/2}$$

$$= 0,2511 \text{ ns}$$

• Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$T_r = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,2917 \text{ ns}$$

$$T_{mat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 6,88 \times 0,0035$$

$$= 0,0240 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,0240)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06307)^{1/2}$$

$$= 0,2511 \text{ ns}$$

f. Perhitungan Pelanggan 6

• Power Link Budget *Downstream*:

P_{tx} : 3,692 dBm

$\alpha_{splitter}$: 1:4 = 6,8 dB

1:8 = 9 dB

$\alpha_{splicing}$: 3 x (0,2) = 0,6 dB

$\alpha_{connector}$: 10 x 0,5 = 5 dB

α_{kabel} : 7,843 x 0,35 = 2,745 dB

SM : 2

$\alpha_{tot} = \alpha_{kabel} + \alpha_{connector} + \alpha_{splicing} + \alpha_{splitter} + SM$

$$= 2,745 + 5 + 0,6 + 15,8 + 2$$

$$= 26,145 \text{ dB}$$

$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot}$

$$Prx = 3,692 - 26,145 = -22,453 \text{ dBm}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$Ptx : 2,405 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}} : 3 \times (0,2) = 0,6 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 7,843 \times 0,35 = 2,745 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{tot}} &= \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM \\ &= 2,745 + 5 + 0,6 + 15,8 + 2 \\ &= 26,145 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$Prx = Ptx - \alpha_{\text{tot}}$$

$$Prx = 2,405 - 26,145 = -23,740 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$\begin{aligned} Tr &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{1,2} \\ &= 0,583 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{mat}} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 7,843 \times 0,0035 \\ &= 0,02745 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts &= (Ttx^2 + Tmat^2 + Tintermodal^2 + Trx^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,02745)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0632)^{1/2} \\ &= 0,2513 \text{ ns} \end{aligned}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$\begin{aligned} T_r &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{2,4} \\ &= 0,2917 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 7,843 \times 0.0035 \\ &= 0.02745 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,02745)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0632)^{1/2} \\ &= 0,2513 \text{ ns} \end{aligned}$$

g. Perhitungan Pelanggan 7

- Power Link Budget *Downstream*:

P_{tx} : 3,734 dBm

$\alpha_{splitter}$: 1:4 = 6,8 dB

1:8 = 8,9 dB

$\alpha_{splicing}$: 2 x (0,2) = 0,4 dB

$\alpha_{connector}$: 10 x 0,5 = 5 dB

α_{kabel} : 2,299 x 0,35 = 0,8 dB

SM : 2

$$\begin{aligned} \alpha_{tot} &= \alpha_{kabel} + \alpha_{connector} + \alpha_{splicing} + \alpha_{splitter} + SM \\ &= 0,8 + 5 + 0,4 + 15,7 + 2 \\ &= 23,904 \text{ dB} \end{aligned}$$

$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot}$

$$P_{rx} = 3,734 - 23,904 = -20,170 \text{ dBm}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 3,084 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 2,299 \times 0,35 = 0,8 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 0,8 + 5 + 0,4 + 15,7 + 2$$

$$= 23,904 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,084 - 23,904 = -20,820 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$T_r = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$T_{\text{mat}} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 2.299 \times 0.0035$$

$$= 0.008046 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{tx}^2 + T_{\text{mat}}^2 + T_{\text{intermodal}}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,008046)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06256)^{1/2}$$

$$= 0,25011 \text{ ns}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

$$\text{Bit rate} : 2,4 \text{ Gbps}$$

$$T_r = \frac{0,7}{B_r}$$

$$= \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,2917 \text{ ns}$$

$$T_{mat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 2.299 \times 0.0035$$

$$= 0.008046 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,008046)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06256)^{1/2}$$

$$= 0,25011 \text{ ns}$$

h. Perhitungan Pelanggan 8

- Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 3,73 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}} : 1 \times (0,2) = 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 4,914 \times 0,35 = 1,7199 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{tot} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 1,7199 + 5 + 0,2 + 15,7 + 2$$

$$= 24,619 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot}$$

$$P_{rx} = 3,73 - 24,619 = -20,889 \text{ dBm}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 2,95 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 1 \times (0,2) = 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 4,914 \times 0,35 = 1,7199 \text{ dB}$$

$$\text{SM} : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM}$$

$$= 1,7199 + 5 + 0,4 + 15,7 + 2$$

$$= 24,619 \text{ dB}$$

$$P_{\text{rx}} = P_{\text{tx}} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{rx}} = 2,95 - 24,619 = -21,669 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$T_r = \frac{0,7}{B_r}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$T_{\text{mat}} = \Delta\sigma \times L \times D_m$$

$$= 1 \text{ nm} \times 4,914 \times 0,0035$$

$$= 0,01719 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{\text{tx}}^2 + T_{\text{mat}}^2 + T_{\text{intermodal}}^2 + T_{\text{rx}}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,01719)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06279)^{1/2}$$

$$= 0,2507 \text{ ns}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

$$\text{Bit rate} : 2,4 \text{ Gbps}$$

$$T_r = \frac{0,7}{B_r}$$

$$= \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,2917 \text{ ns}$$

$$T_{mat} = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 4,914 \times 0.0035$$

$$= 0.01719 \text{ ns}$$

$$T_s = (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,01719)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06279)^{1/2}$$

$$= 0,2507 \text{ ns}$$

i. Perhitungan Pelanggan 9

- Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 3,99 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 7,727 \times 0,35 = 2,7045 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 2,7045 + 5 + 0,4 + 15,7 + 2$$

$$= 25,804 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,99 - 25,804 = -21,805 \text{ dBm}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 2,911 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,9 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 7,727 \times 0,35 = 2,7045 \text{ dB}$$

SM : 2

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{tot}} &= \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + \text{SM} \\ &= 2,7045 + 5 + 0,4 + 15,7 + 2 \\ &= 25,804 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$P_{\text{rx}} = P_{\text{tx}} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{rx}} = 2,911 - 25,804 = -22,893 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

Bit rate : 1,2 Gbps

$$\begin{aligned}T_{\text{r}} &= \frac{0,7}{B_{\text{r}}} \\ &= \frac{0,7}{1,2} \\ &= 0,583 \text{ ns}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\text{mat}} &= \Delta\sigma \times L \times D_{\text{m}} \\ &= 1 \text{ nm} \times 7,727 \times 0.0035 \\ &= 0.0270 \text{ ns}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\text{s}} &= (T_{\text{tx}}^2 + T_{\text{mat}}^2 + T_{\text{intermodal}}^2 + T_{\text{rx}}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,0270)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0632)^{1/2} \\ &= 0,2513 \text{ ns}\end{aligned}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$\begin{aligned}T_{\text{r}} &= \frac{0,7}{B_{\text{r}}} \\ &= \frac{0,7}{2,4} \\ &= 0,2917 \text{ ns}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\text{mat}} &= \Delta\sigma \times L \times D_{\text{m}} \\ &= 1 \text{ nm} \times 7,727 \times 0.0035 \\ &= 0.0270 \text{ ns}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\
 &= (0,15)^2 + (0,0270)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\
 &= (0,0632)^{1/2} \\
 &= 0,2513 \text{ ns}
 \end{aligned}$$

j. Perhitungan Pelanggan 10

• Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 4,006 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 2,152 \times 0,35 = 0,753 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 0,753 + 5 + 0,4 + 15,6 + 2$$

$$= 23,753 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 4,006 - 23,753$$

$$= -19,747 \text{ dB}$$

• Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 2,338 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 2,152 \times 0,35 = 0,753 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 0,753 + 5 + 0,4 + 15,6 + 2$$

$$= 23,753 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot}$$

$$\begin{aligned} P_{rx} &= 2,338 - 23,753 \\ &= -21,415 \text{ dBm} \end{aligned}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

Bit rate : 1,2 Gbps

$$\begin{aligned} T_r &= \frac{0,7}{B_r} \\ &= \frac{0,7}{1,2} \\ &= 0,583 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times D_m \\ &= 1 \text{ nm} \times 2.152 \times 0.0035 \\ &= 0.007532 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,007532)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,06255)^{1/2} \\ &= 0,2501 \text{ ns} \end{aligned}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$\begin{aligned} T_r &= \frac{0,7}{B_r} \\ &= \frac{0,7}{2,4} \\ &= 0,2917 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times D_m \\ &= 1 \text{ nm} \times 2.152 \times 0.00 \\ &= 0.007532 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,008046)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,06250)^{1/2} \end{aligned}$$

$$= 0,2501 \text{ ns}$$

k. Perhitungan Pelanggan 11

- Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 3,691 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 4,141 \times 0,35 = 1,449 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 1,449 + 5 + 0,4 + 15,6 + 2$$

$$= 24,449 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,691 - 24,449$$

$$= -20,758 \text{ dB}$$

- Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 2,963 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 2 \times (0,2) = 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 4,141 \times 0,35 = 1,449 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 1,449 + 5 + 0,4 + 15,6 + 2$$

$$= 24,449 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 2,963 - 24,449$$

$$= -21,486 \text{ dBm}$$

- Rise Time Budget *Downstream* :

Bit rate : 1,2 Gbps

$$Tr = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{1,2}$$

$$= 0,583 \text{ ns}$$

$$Tmat = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 4,141 \times 0.0035$$

$$= 0.0144935 \text{ ns}$$

$$Ts = (Ttx^2 + Tmat^2 + Tintermodal^2 + Trx^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,0144935)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06271)^{1/2}$$

$$= 0,2504 \text{ ns}$$

- Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

$$Tr = \frac{0,7}{Br}$$

$$= \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,2917 \text{ ns}$$

$$Tmat = \Delta\sigma \times L \times Dm$$

$$= 1 \text{ nm} \times 4,141 \times 0.0035$$

$$= 0.0144935 \text{ ns}$$

$$Ts = (Ttx^2 + Tmat^2 + Tintermodal^2 + Trx^2)^{1/2}$$

$$= (0,15)^2 + (0,0144935)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2}$$

$$= (0,06271)^{1/2}$$

$$= 0,2504 \text{ ns}$$

1. Perhitungan Pelanggan 12

• Power Link Budget *Downstream*:

$$P_{tx} : 3,877 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 3 \times (0,2) = 0,6 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 14,931 \times 0,35 = 5,2259 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 5,2259 + 5 + 0,6 + 15,6 + 2$$

$$= 28,425 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,887 - 28,425 = -24,5489 \text{ dBm}$$

Power Link Budget *Upstream* :

$$P_{tx} : 3,201 \text{ dBm}$$

$$\alpha_{\text{Splitter}} : 1:4 = 6,8 \text{ dB}$$

$$1:8 = 8,8 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{Splicing}}: 3 \times (0,2) = 0,6 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{connector}} : 10 \times 0,5 = 5 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{kabel}} : 14,931 \times 0,35 = 5,2259 \text{ dB}$$

$$SM : 2$$

$$\alpha_{\text{tot}} = \alpha_{\text{kabel}} + \alpha_{\text{connector}} + \alpha_{\text{Splicing}} + \alpha_{\text{Splitter}} + SM$$

$$= 5,2259 + 5 + 0,6 + 15,6 + 2$$

$$= 28,425 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{\text{tot}}$$

$$P_{rx} = 3,887 - 3,201 = -25,2249 \text{ dBm}$$

Rise Time Budget *Downstream* :

$$\text{Bit rate} : 1,2 \text{ Gbps}$$

$$\begin{aligned} Tr &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{1,2} \\ &= 0,583 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 14,931 \times 0.0035 \\ &= 0.05225 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ts &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,05225)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0652)^{1/2} \\ &= 0,2553 \text{ ns} \end{aligned}$$

Rise Time Budget *Upstream* :

Bit rate : 2,4 Gbps

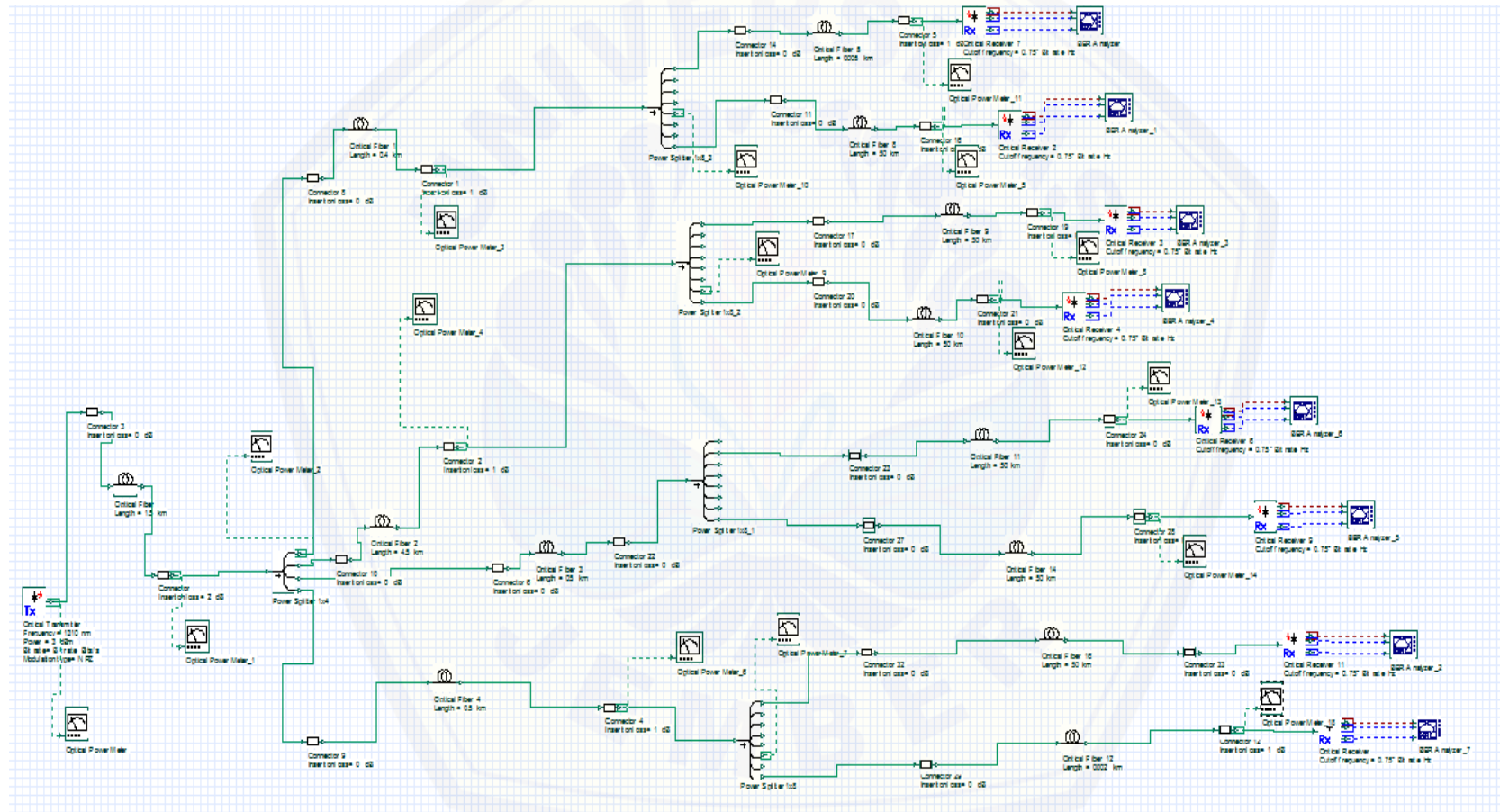
$$\begin{aligned} Tr &= \frac{0,7}{Br} \\ &= \frac{0,7}{2,4} \\ &= 0,2917 \text{ ns} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{mat} &= \Delta\sigma \times L \times Dm \\ &= 1 \text{ nm} \times 14,931 \times 0.0035 \\ &= 0.05225 \text{ ns} \end{aligned}$$

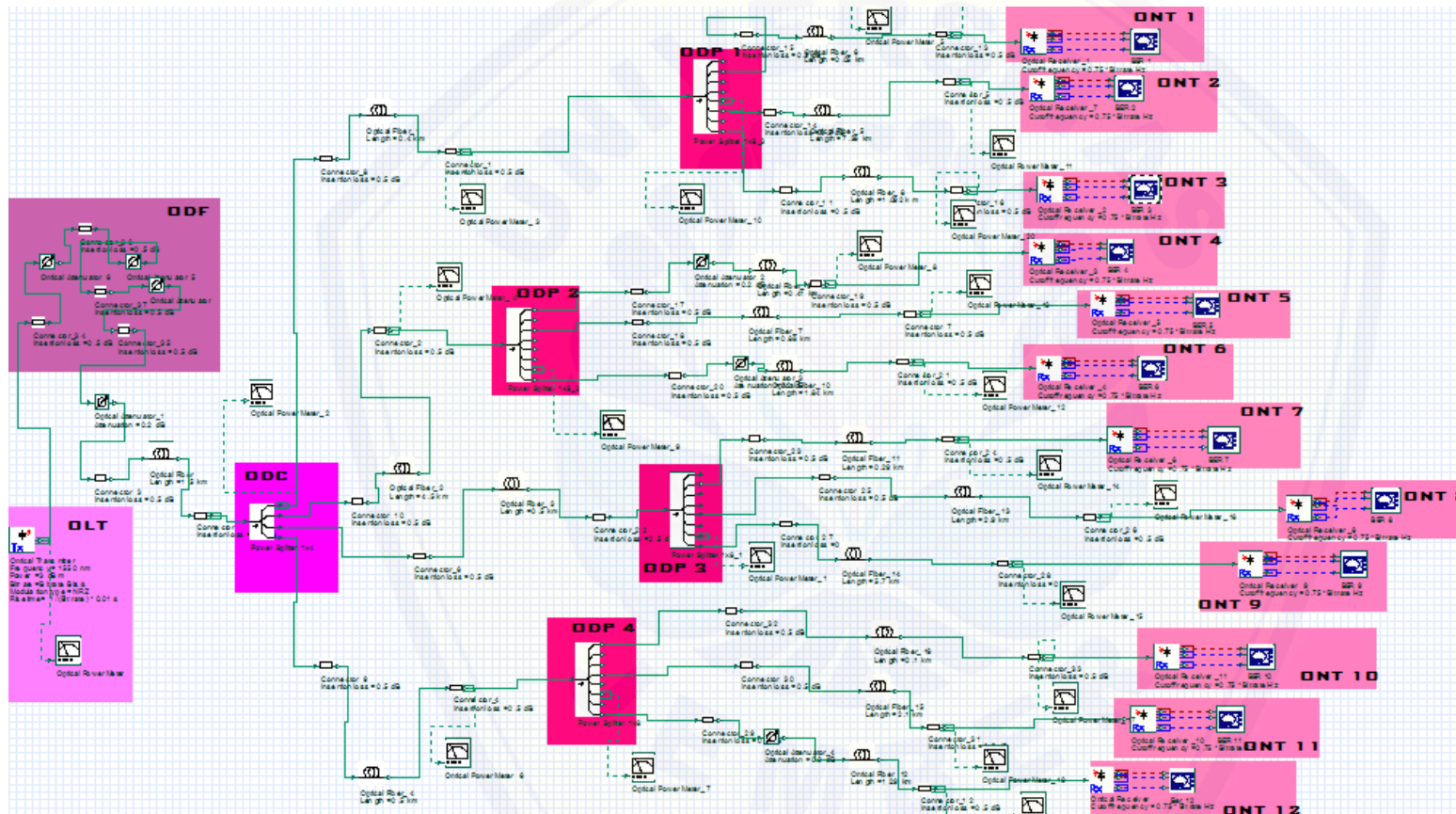
$$\begin{aligned} Ts &= (T_{tx}^2 + T_{mat}^2 + T_{intermodal}^2 + T_{rx}^2)^{1/2} \\ &= (0,15)^2 + (0,05225)^2 + (0)^2 + (0,2)^2)^{1/2} \\ &= (0,0652)^{1/2} \\ &= 0,2553 \text{ ns} \end{aligned}$$

2. Perancangan Jaringan

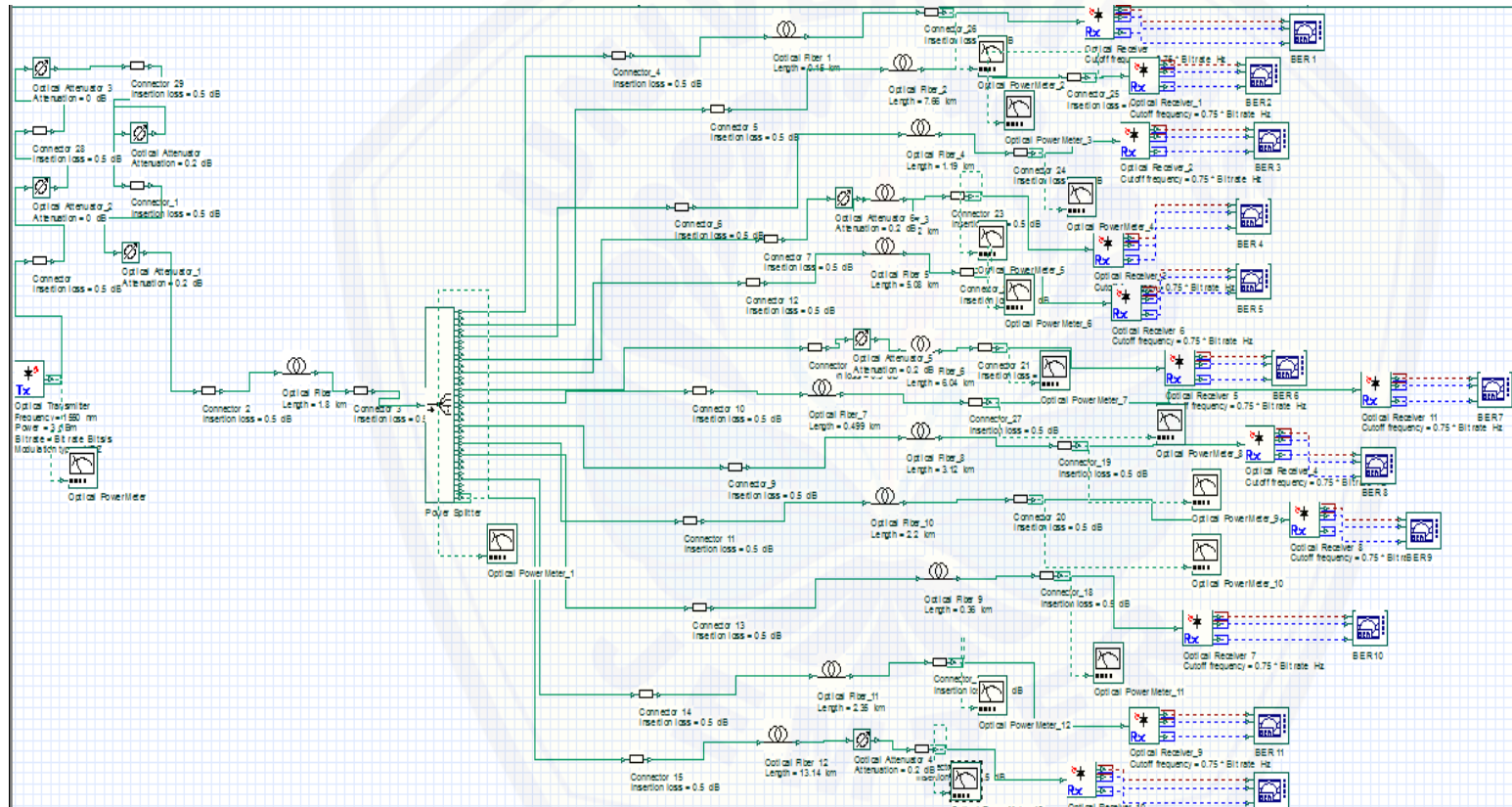
a. Gambar perancangan jaringan pada optisystem



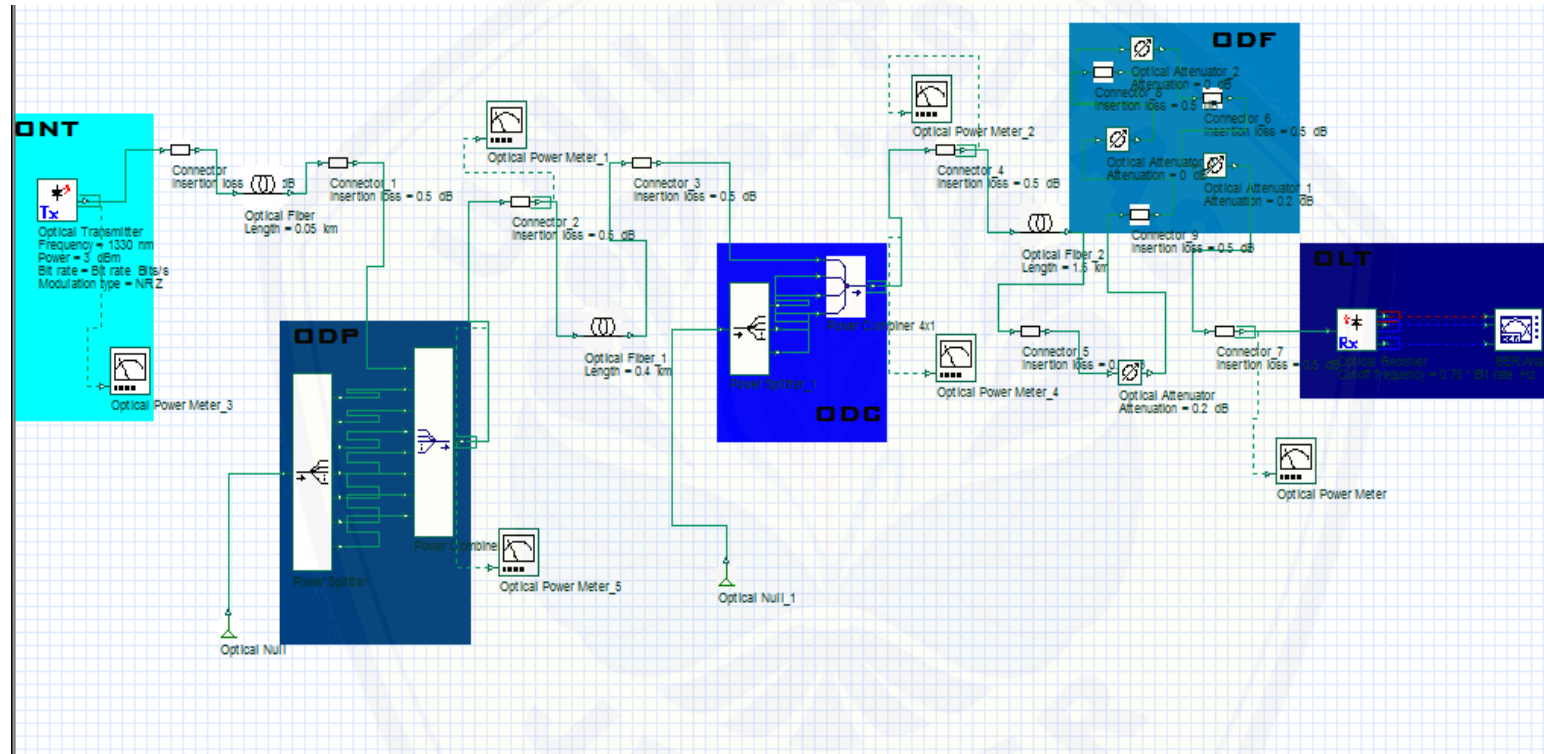
b. Gambar Rancangan Sebelum Optimasi Arah *Downstream*



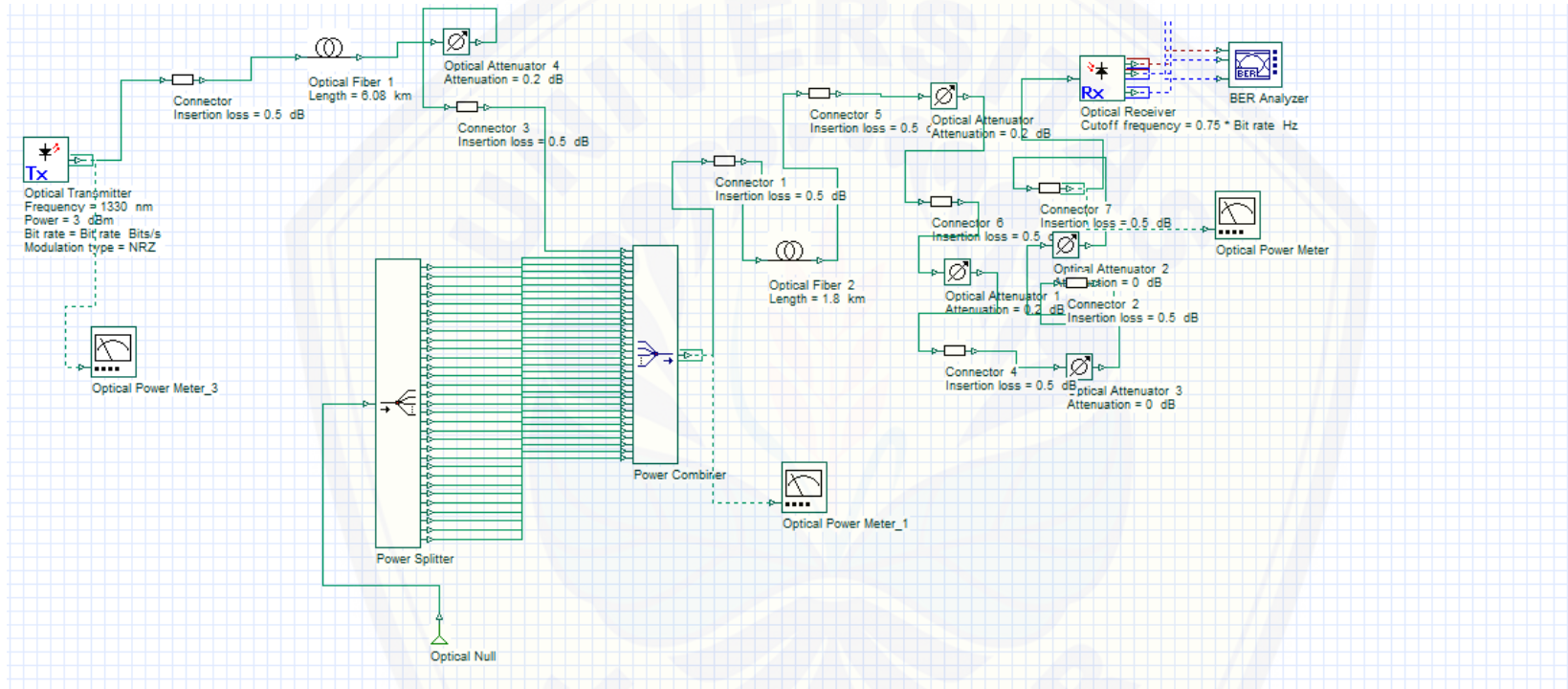
c. Gambar Rancangan Setelah Optimasi Arah *Downstream*



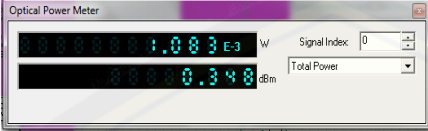
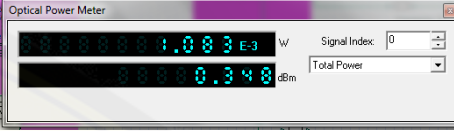
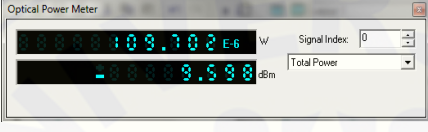


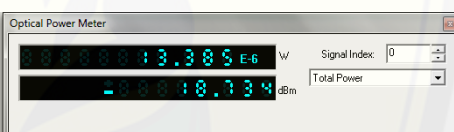



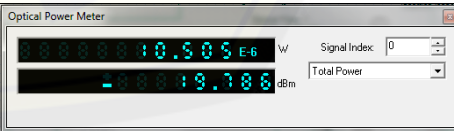
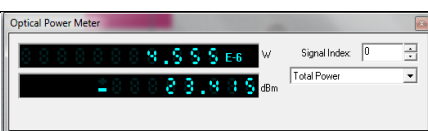
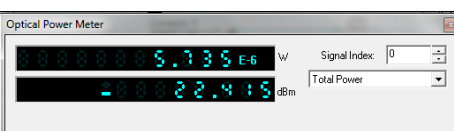
d. Gambar Rancangan Sebelum Optimasi Arah *Upstream*


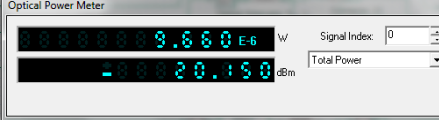

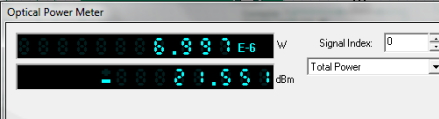




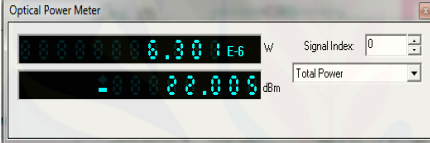
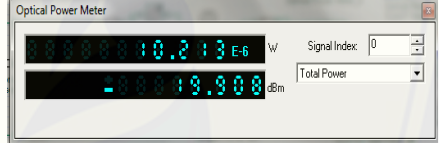



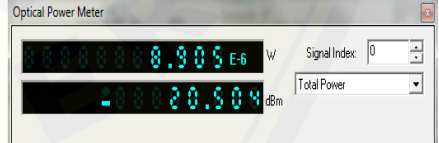

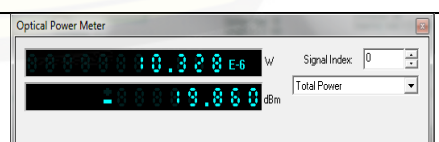






e. Gambar Rancangan Setelah Optimasi Arah *Upstream*



3. Tabel Daya Hasil Simulasi
 a. Arah *Downstream*

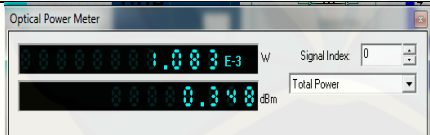
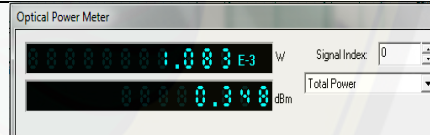

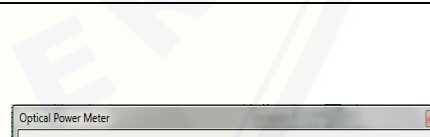

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP 1		
ODP 2		
ODP 3		
ODP 4		
ONT 1		
ONT 2		

ONT 3		
ONT 4		
ONT 5		
ONT 6		
ONT 7		
ONT 8		
ONT 9		
ONT 10		

ONT 11	 <p>Optical Power Meter</p> <p>5.447 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>22.630 dBm Total Power</p>	 <p>Optical Power Meter</p> <p>8.790 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>20.556 dBm Total Power</p>
ONT 12	 <p>Optical Power Meter</p> <p>2.170 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>26.619 dBm Total Power</p>	 <p>Optical Power Meter</p> <p>3.521 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>24.533 dBm Total Power</p>

b. Tabel Daya Hasil Simulasi Upstream

1) ONT 1

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx	 <p>Optical Power Meter</p> <p>1.003 E-3 W Signal Index: 0</p> <p>0.348 dBm Total Power</p>	 <p>Optical Power Meter</p> <p>1.003 E-3 W Signal Index: 0</p> <p>0.348 dBm Total Power</p>
ODC	 <p>Optical Power Meter</p> <p>20.600 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>16.861 dBm Total Power</p>	 <p>Optical Power Meter</p> <p>26.569 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>15.756 dBm Total Power</p>
ODP	 <p>Optical Power Meter</p> <p>107.135 E-6 W Signal Index: 0</p> <p>9.701 dBm Total Power</p>	






Rx		
----	--	--

2) ONT 2

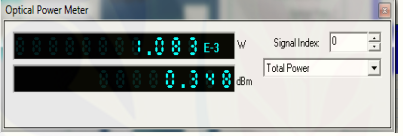
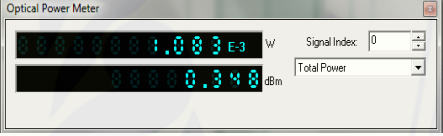

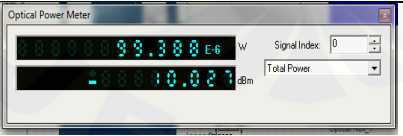


Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		
Rx		

3) ONT 3

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		




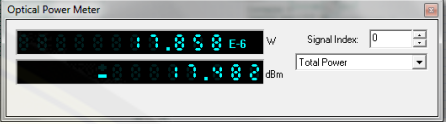



ODC		
ODP		
Rx		

4) ONT 4


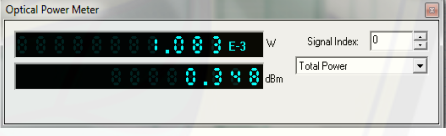

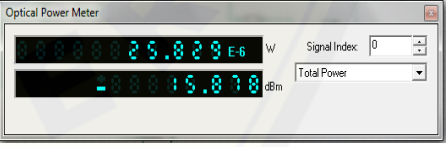

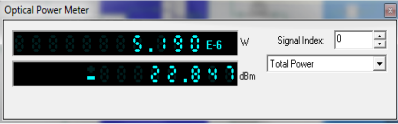
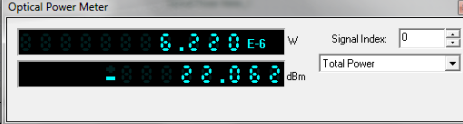
Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		
Rx		

5) ONT 5

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
----------	-----------------------	-----------------------


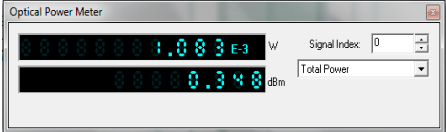





Tx		
ODC		
ODP		
ONT		

6) ONT 6

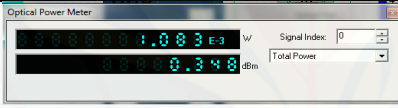
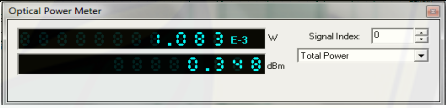
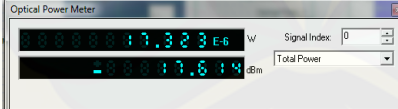


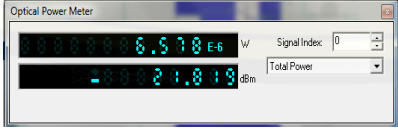

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		
ONT		

7) ONT 7



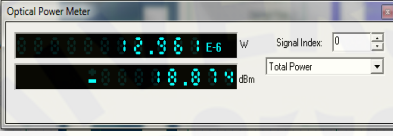
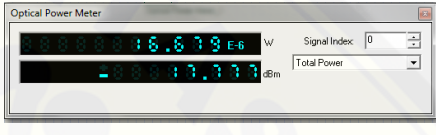
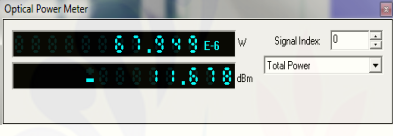
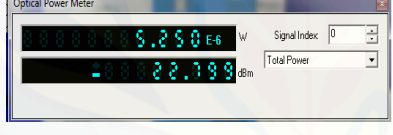

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
----------	-----------------------	-----------------------

Tx		
ODC		
ODP		
Rx		


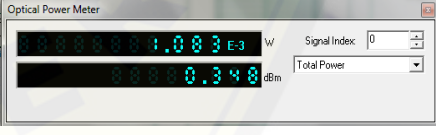


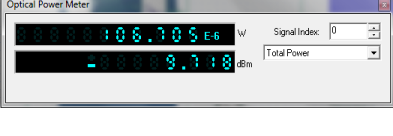
8) ONT 8



Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		
ONT		

9) ONT 9


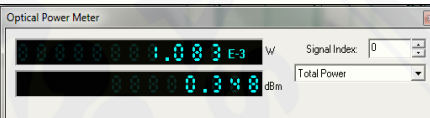

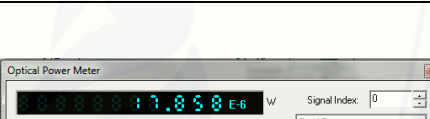


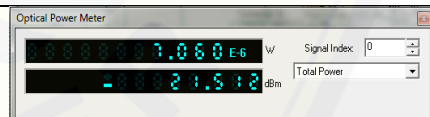
Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		
ONT		

10) ONT 10

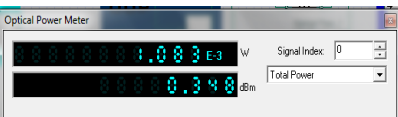
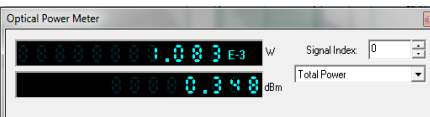
Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		






ONT		
-----	---	--

11) ONT 11

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		
ODC		
ODP		
ONT		

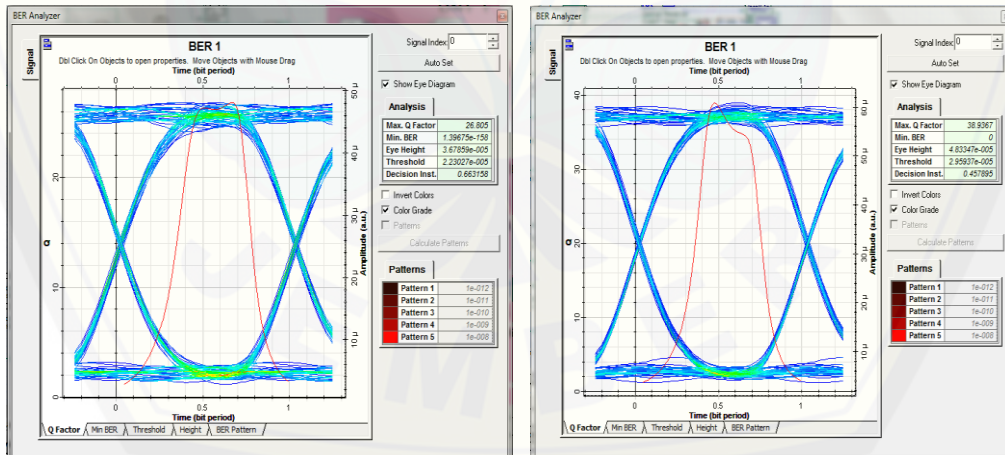
12) ONT 12

Komponen	Daya Sebelum Optimasi	Daya Setelah Optimasi
Tx		

ODC	 <p>Optical Power Meter 6.928 E-6 W 21.594 dBm</p>	 <p>Optical Power Meter 8.907 E-6 W 20.503 dBm</p>
ODP	 <p>Optical Power Meter 38.034 E-6 W 14.198 dBm</p>	
ONT	 <p>Optical Power Meter 2.806 E-6 W 25.519 dBm</p>	 <p>Optical Power Meter 3.521 E-6 W 24.533 dBm</p>

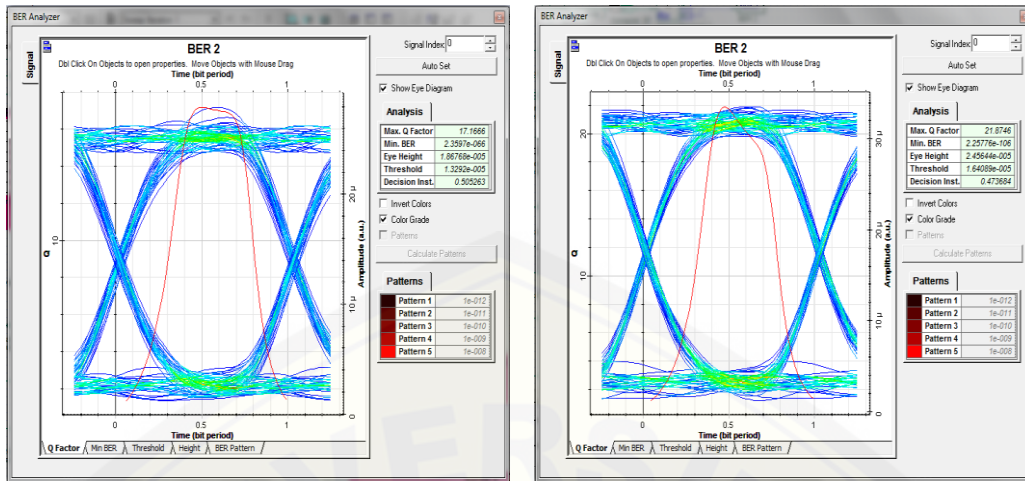
4. BER dan Q factor Downstream Sebelum dan Setelah Optimasi

a. ONT 1



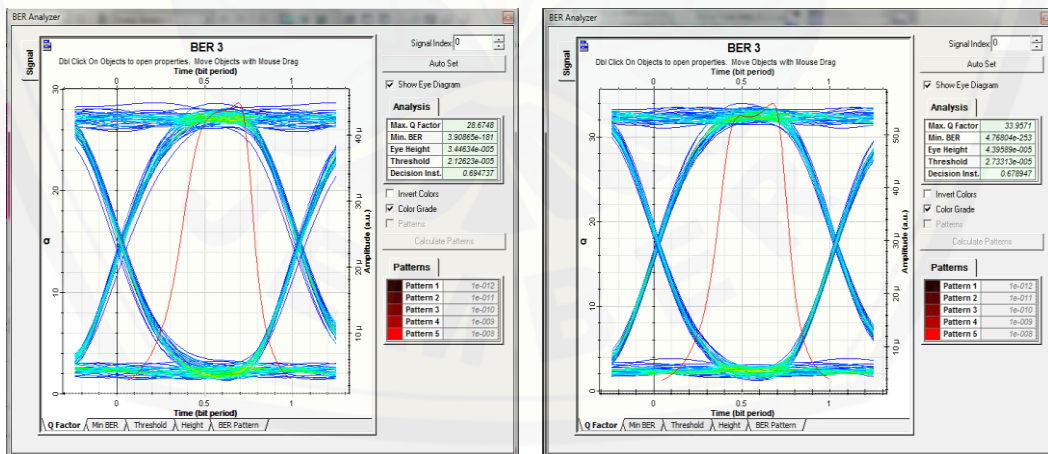
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimasi

b. ONT 2



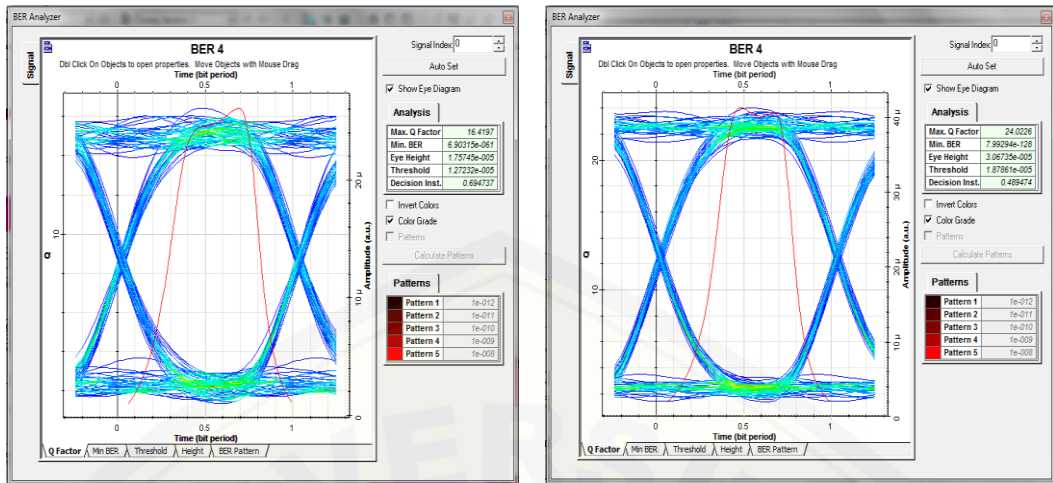
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimasi

c. ONT 3



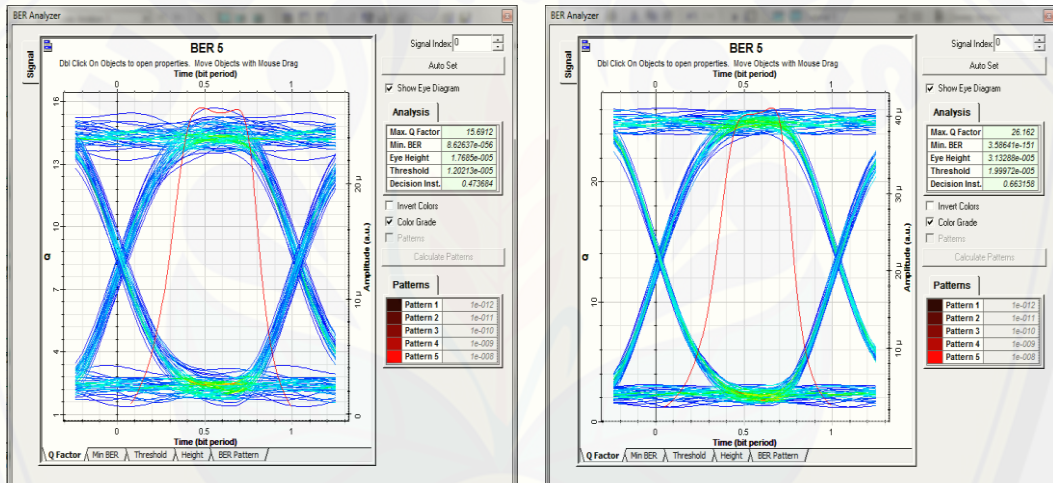
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimasi

d. ONT 4



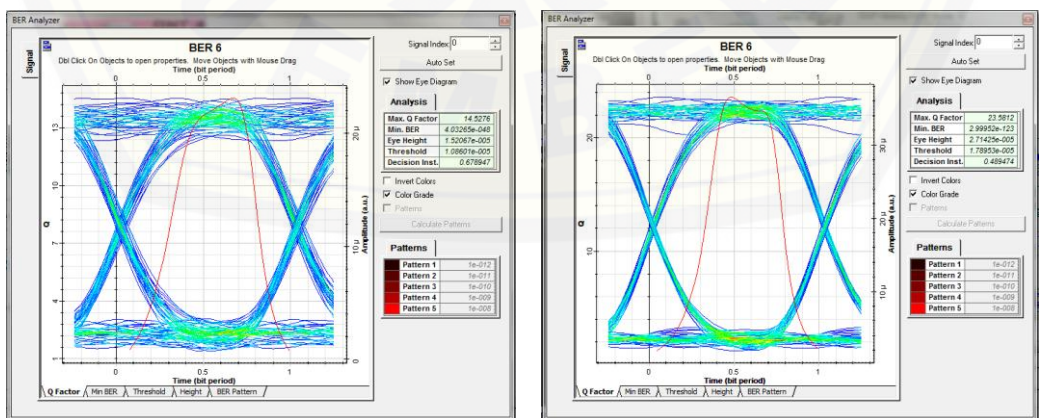
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optomasi

e. ONT 5



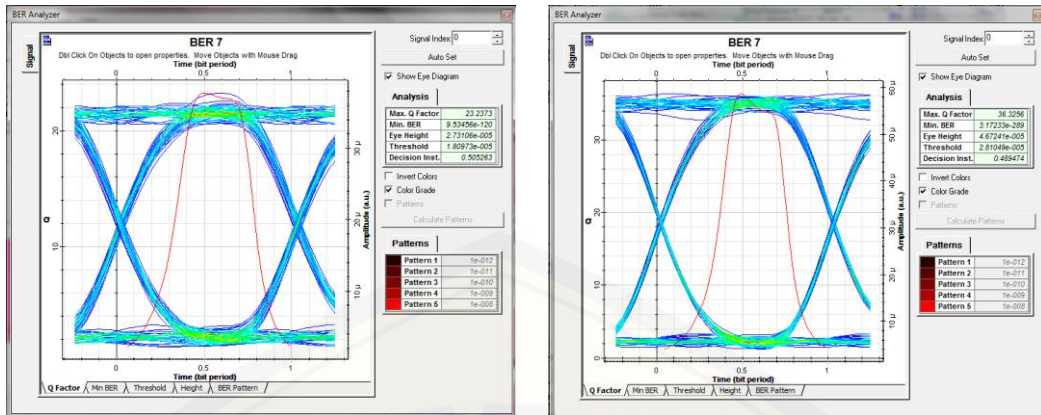
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optomasi

f. ONT 6



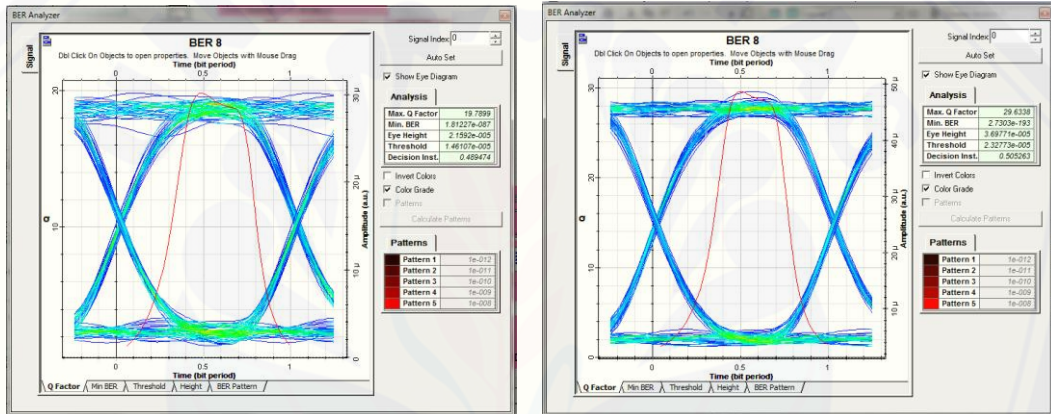
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optomasi

g. ONT 7



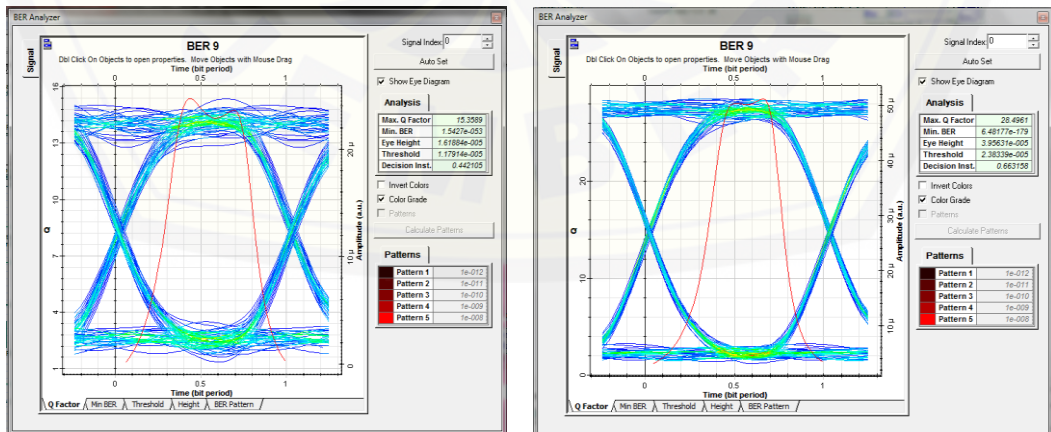
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

h. ONT 8



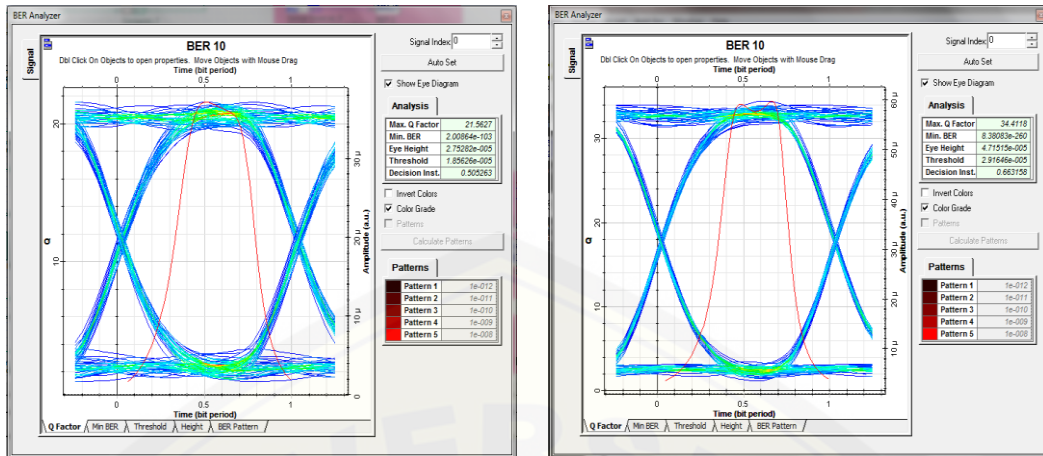
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

i. ONT 9



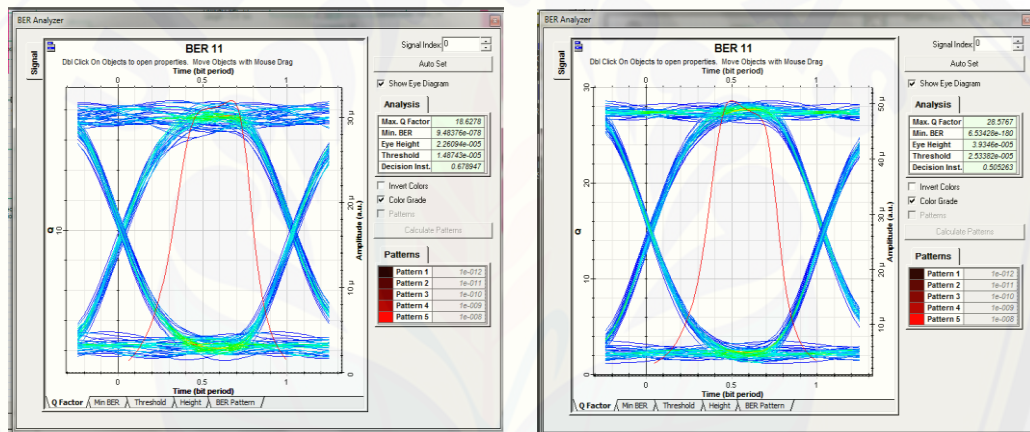
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

j. ONT 10



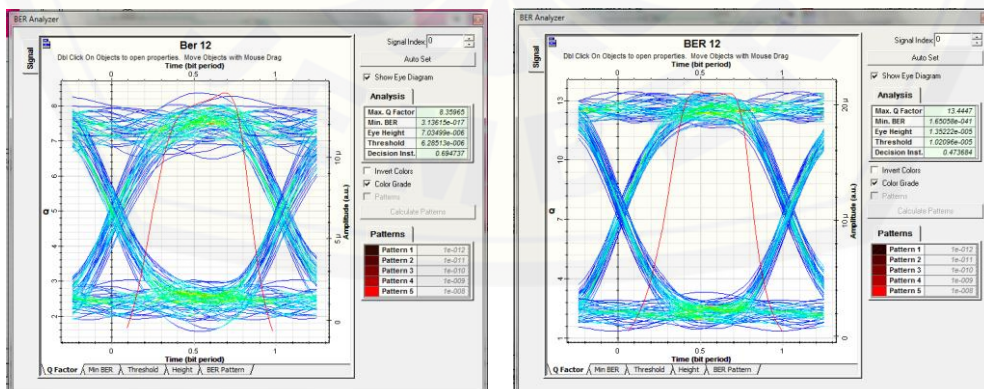
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

k. ONT 11



Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

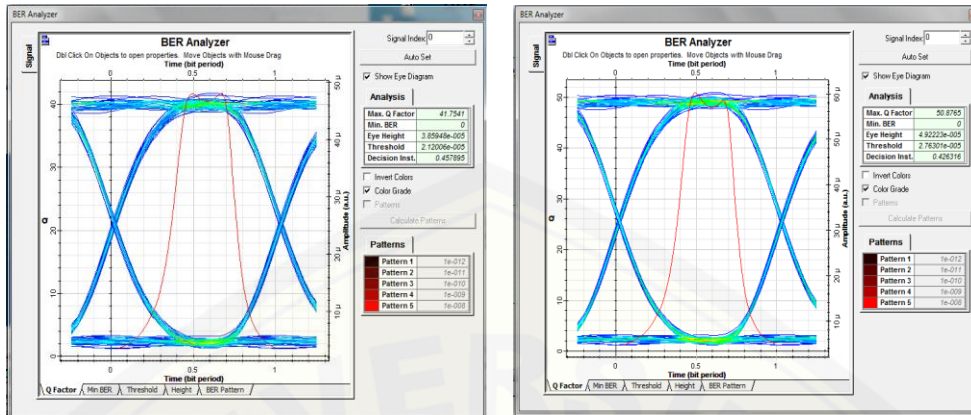
l. ONT 12



Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

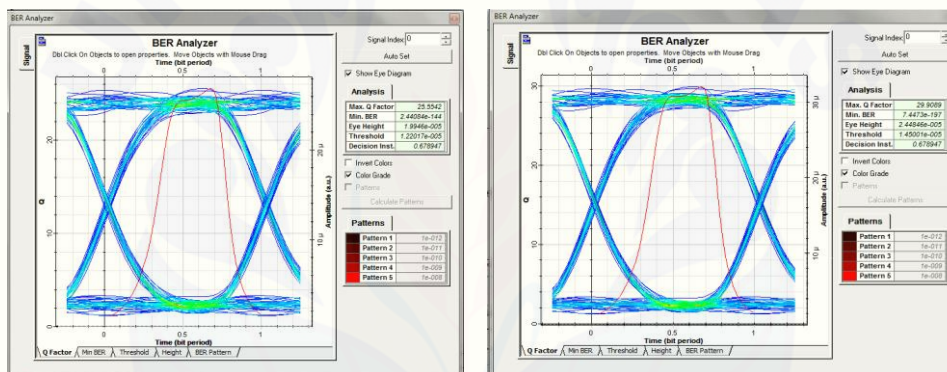
5. BER dan Q factor Upstream Sebelum dan Setelah Optimalisasi

a. ONT 1



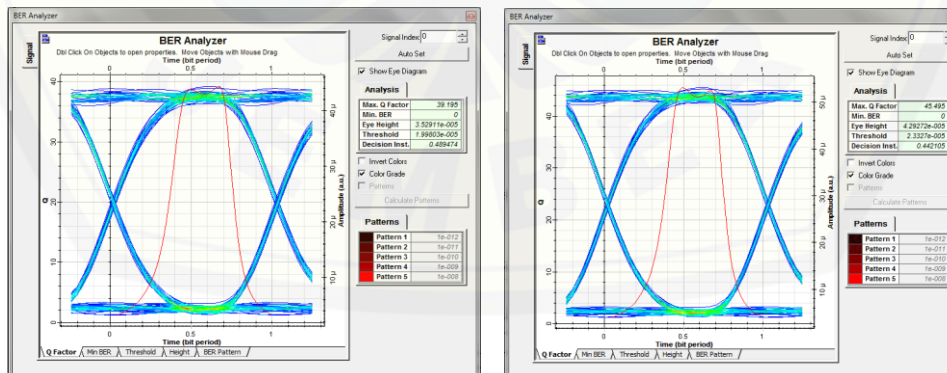
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

b. ONT 2



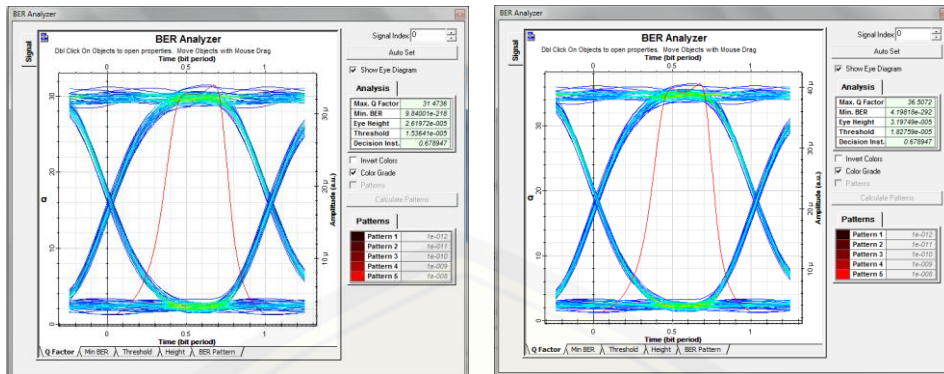
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

c. ONT 3



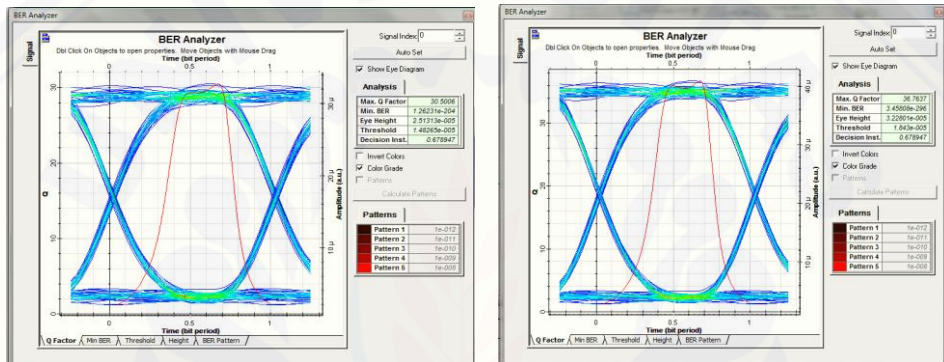
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

d. ONT 4



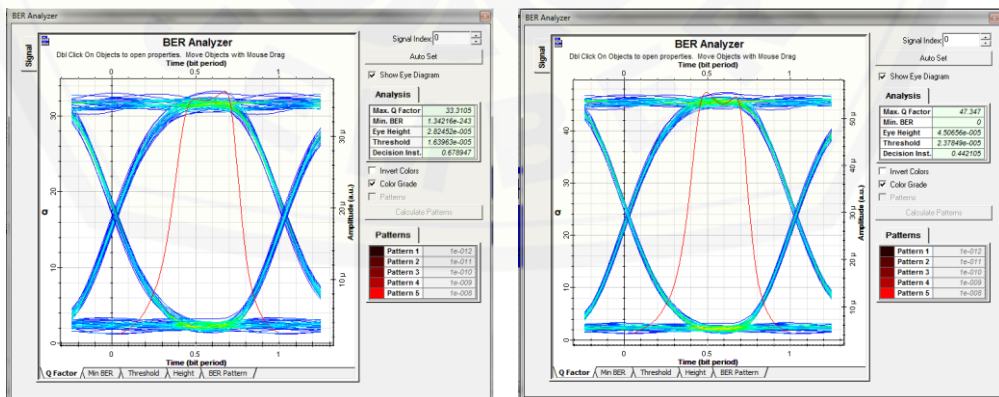
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

e. ONT 5



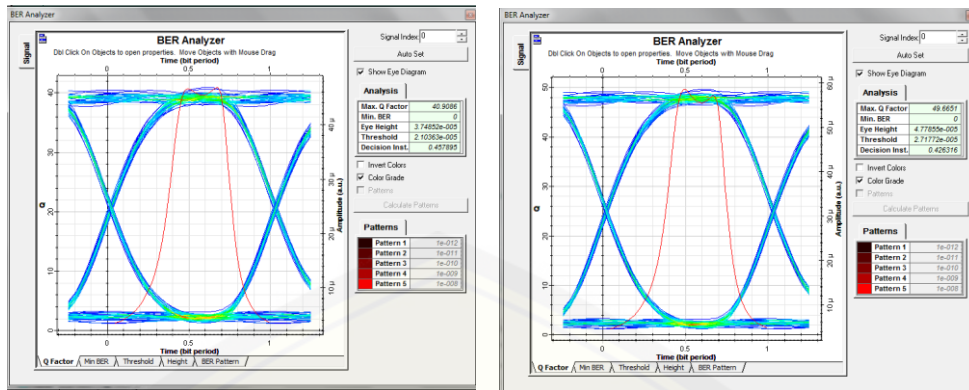
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

f. ONT 6



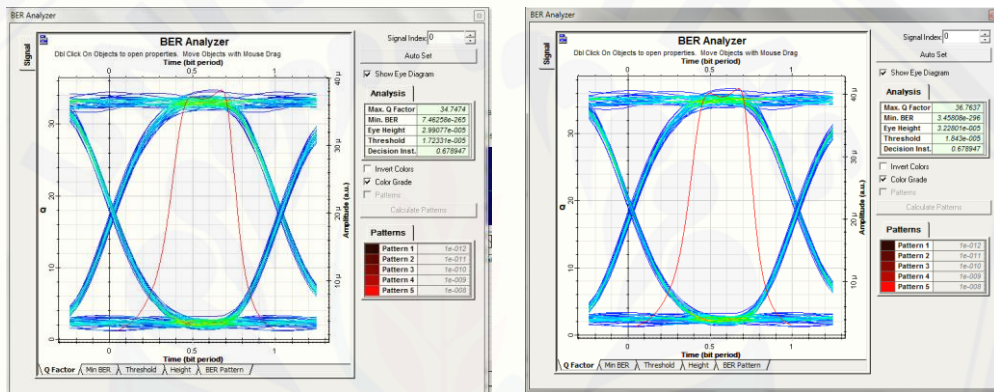
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

g. ONT 7



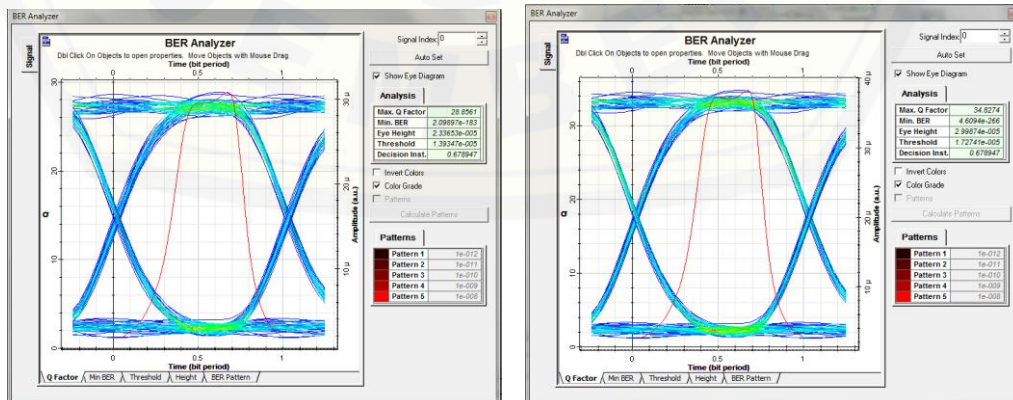
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

h. ONT 8



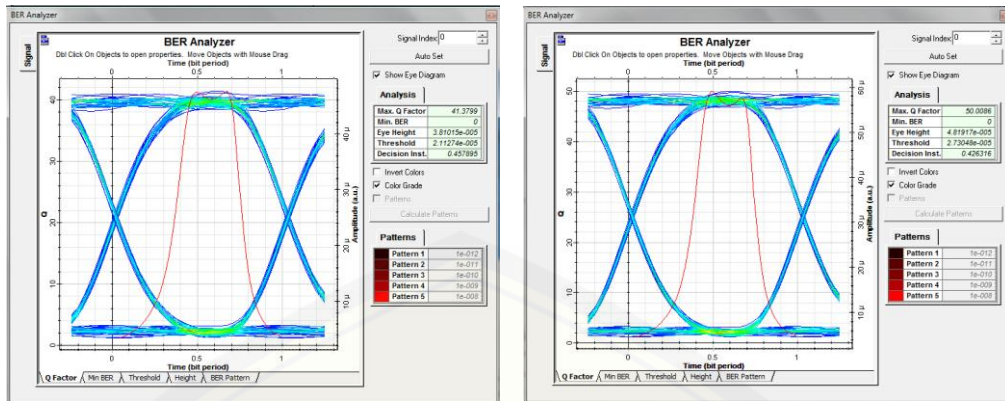
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

i. ONT 9



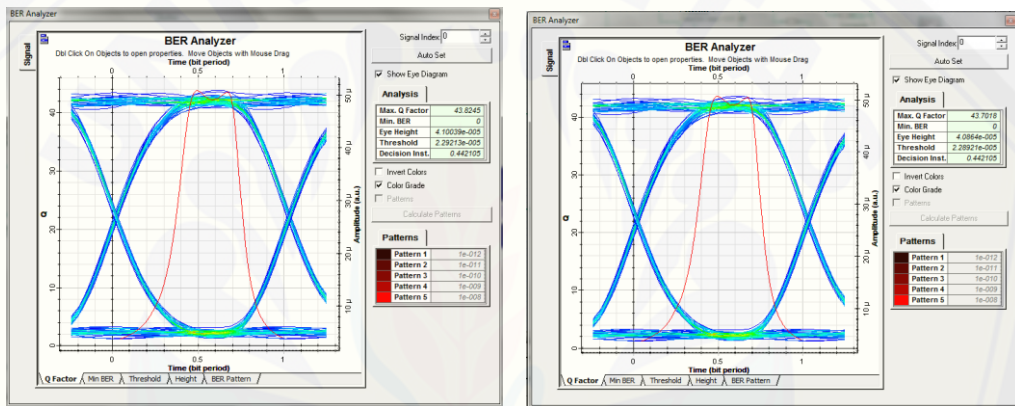
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optimalisasi

j. ONT 10



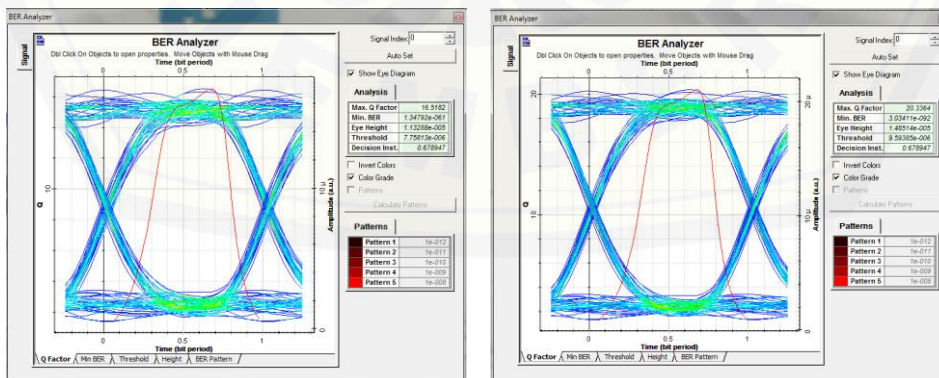
Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optomasi

k. ONT 11



Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optomasi

l. ONT 12



Gambar Keluaran BER dan Q Factor Sebelum dan Setelah Optomasi

