

# Analisis Dan Perancangan Jaringan Akses Dengan Media Transmisi *Fiber Optic Single Mode* Di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang

Puspa Kurniasari<sup>1</sup>, Muhammad Ardiansyah<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia  
Penulis korespondensi: puspakurniasari@gmail.com

**Abstrak**—Perancangan desain jaringan FTTx pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya kampus Palembang dilakukan dengan membuat skema jaringan dan pembagian jalur. Setelah dilakukan perancangan skema dan pembagian jalur maka disimulasikan dengan Optisystem lalu dilakukan perhitungan Power Link Budget, Rise Time Budget dan Bit Error Rate (BER). Dengan cara melakukan perhitungan nilai redaman kabel fiber optic G 652.D yang dapat mempengaruhi pelemahan daya yang terjadi, hasil yang didapat pada gedung Jurusan Fakultas Teknik sebesar -10.4809 dB dengan hasil simulasi -8.894 dB, gedung Teknik Bukit Asam sebesar -10.489 dB dengan hasil simulasi -8.902 dB, gedung Teknik Kimia sebesar -10.493 dB dengan hasil simulasi -8.906 dB, gedung Teknik Mesin sebesar -10.4931 dB dengan hasil simulasi -8.906 dB, gedung Teknik Pertambangan sebesar -10.4939 dB dengan hasil simulasi -8.907 dB, gedung Teknik Sipil sebesar -10.495 dB dengan hasil simulasi -8.908 dB, gedung Teknik bagian Akademik sebesar -10.4951 dB dengan hasil simulasi -9.230 dB, gedung Dekanat Teknik I sebesar -10.512 dB dengan hasil simulasi -9.248 dB, gedung Teknik Geologi sebesar -10.523 dB dengan hasil simulasi -9.257 dB. Simulasi dan perhitungan pada perancangan ini didasari dari pengambilan data pada perusahaan UPT TIK di kampus Universitas Sriwijaya. Hasil perhitungan Rise Time Budget untuk link  $\lambda = 1310$  nm didapat sebesar 49,49 ps dimana untuk perhitungan rise time budget pada kabel singlemode, parameter yang digunakan yaitu rise time transmitter, rise time receiver, serta  $t_{intra}$ . Sehingga dapat mengetahui hasil dari Bit Error Rate (BER) pada suatu jaringan yang menunjukkan nilai  $10^{-9}$ .

**Kata kunci**—power link budget, rise time budget, optisystem, fiber optic singlemode, jaringan akses

**Abstract**—The design of the FTTx network at the Faculty of Engineering, Sriwijaya University, Palembang campus is carried out by making a network scheme and path division. After designing the scheme and dividing the path, it was simulated with Optisystem and then the Power Link Budget, Rise Time Budget and Bit Error Rate (BER) are calculated. By calculating the attenuation value of the G 652.D fiber optic cable which can affect the power attenuation that occurs, the results obtained in the Department of Engineering Faculty building were -10.4809 dB with simulation results of -8,894 dB, Bukit Asam Engineering building of -10,489 dB with simulation results of -10,489 dB. simulation -8.902 dB, Chemical Engineering building -10.493 dB with simulation results -8.906 dB, Mechanical Engineering building -10.4931 dB with simulation results -8.906 dB, Mining Engineering building -10.4939 dB with simulation results -8.907 dB, Civil Engineering building of -10,495 dB with simulation results of -8,908 dB, Engineering building for Academic section of -10,4951 dB with simulation results of -9,230 dB, Dean of Engineering I building of -10,512 dB with simulation results of -9,248 dB, Geological Engineering building of -10,523 dB with results simulation -9,257 dB. Simulations and calculations in this design are based on data collection at the UPT ICT company on the Sriwijaya University campus. The result of the calculation of the Rise Time Budget for the link = 1310 nm is 49.49 ps where for the calculation of the rise time budget for singlemode cables, the parameters used are rise time transmitter, rise time receiver, and tintra. So that it could be found out the results of the Bit Error Rate (BER) on a network that shows a value of 10-9.

**Keywords**—power link budget, rise time budget, optisystem, fiber optic singlemode, access network

## I. PENDAHULUAN

Jaringan akses didefinisikan sebagai jaringan transmisi yang menghubungkan *provider* dan *user*. Jaringan lokal akses merupakan media transmisi yang disediakan untuk hubungan dari *provider* atau penyedia layanan. Media transmisi penghubung antar sentral dan pengguna dikenal sebagai jaringan *backbone*. Berdasarkan jenis

media transmisi maka jaringan lokal akses dibagi menjadi tiga, yaitu Jaringan Lokal Akses Tembaga (JARLOKAT), Jaringan Lokal Akses *Fiber Optic* (JARLOKAF), dan Jaringan Lokal Akses Radio (JARLOKAR).

Jaringan Lokal Akses Tembaga (JARLOKAT) merupakan jaringan akses dari sentral ke *user* dengan menggunakan media transmisi kabel tembaga. Struktur jaringan lokal akses tembaga ini terdiri dari jaringan catu langsung, jaringan catu tak langsung dan jaringan catu kombinasi. Namun jaringan lokal akses tembaga memiliki kekurangan yang terjadi pada kabel, mudah terjadinya interferensi dan memiliki redaman kawat yang besar serta tidak bisa menampung *bandwidth* yang besar dengan kecepatan yang tinggi. Maka dikembangkan dengan adanya jaringan lokal akses *fiber optic*. Jaringan ini merupakan jaringan lokal akses yang memanfaatkan media *fiber optic* sebagai media transmisinya. Penggunaan media transmisi *fiber optic* membantu mengatasi keterbatasan dari jaringan lokal akses tembaga dan dapat menampung jumlah *bandwidth* yang besar serta kecepatan akses yang tinggi. Jaringan lokal akses *Fiber Optic* menggunakan konfigurasi FTTx (*Fiber To The x*) pada lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang.

Analisis kinerja SKSO di PT Telkom pada penelitian [1] menggunakan metode *power link budget* dan *rise time budget* untuk mendapatkan hasil pengukuran redaman. Pada penelitian [2] dilakukan perancangan dan analisis sistem komunikasi serat optik melalui metode DWDM untuk *link* Makassar-Maumere.

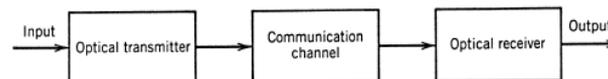
Berdasarkan penelitian yang dilakukan akan dirancang desain jaringan FTTx di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang. Setelah dilakukan perancangan maka dilanjutkan dengan konfigurasi dan desain di aplikasi *Optisystem*. Setelah didesain pada aplikasi *Optisystem* dapat dilihat hasil dan dilakukan perhitungan *power link budget*, *rise time budget* dan *Bit Error Rate (BER)*. Perancangan penelitian hanya pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya kampus Palembang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Dasar Sistem Komunikasi Optik

*Fiber optic* merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik. Kegunaan dari *fiber optic* untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahayanya berasal dari laser karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan pentransmision *fiber optic* sangat tinggi sehingga sangat bagus untuk sistem komunikasi.

Proses pengiriman informasi melalui *fiber optic* menggunakan prinsip pemantulan sinyal yang terdiri dari cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Secara umum, konfigurasi sistem transmisi *fiber optic* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem komunikasi serat optik [3]

Sistem komunikasi optik terdiri dari pemancar, saluran komunikasi dan penerima. Semua komponen tersebut merupakan tiga komponen penyusun sistem komunikasi. Dalam proses transmisi dari *transmitter* menuju *receiver* akan terjadi redaman/rugi cahaya di sepanjang kabel *fiber optic* dan konektor-konektornya.

Oleh sebab itu, bila jarak antara *transmitter* dan *receiver* ini terlalu jauh maka akan diperlukan sebuah perangkat pengulang atau *Optical Amplifier* yang bertugas memperkuat gelombang cahaya yang telah mengalami redaman.

### B. Struktur Fiber Optic

Sebuah kabel *fiber optic* terdiri atas inti (*core*), kulit (*cladding*), pelindung (*coating*), kulit kabel (*cable jacket*). Komponen dasar sebuah kabel *fiber optic* adalah *cladding* dan *core*. Berkas cahaya yang ditransmisikan merambat pada *core* dimana pola rambatannya mengikuti pola cahaya masuk lalu cahaya dipantulkan oleh *cladding* sepanjang jalur saluran. Struktur dasar sebuah kabel *fiber optic* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur dasar kabel *fiber optic*

Inti (*core*) terbuat dari bahan dielektrik/bahan silika ( $\text{SiO}_2$ ) berfungsi untuk mentransmisikan cahaya dari ujung ke ujung kabel lainnya dimana indeks bias ( $n$ ) *core* lebih besar daripada indeks bias *cladding*. Memiliki diameter  $10 \mu\text{m} - 50 \mu\text{m}$ .

Kulit (*cladding*) berfungsi sebagai cermin yaitu memantulkan berkas cahaya agar dapat merambat ke ujung kabel lainnya. Diameter *cladding* antara  $5 \mu\text{m} - 250 \mu\text{m}$ . Hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (mempengaruhi besarnya sudut kritis).

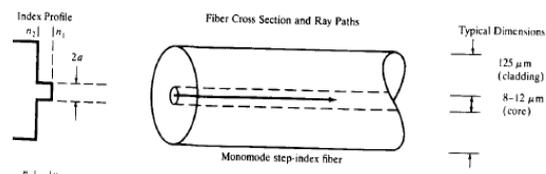
Pelindung (*coating*) berfungsi sebagai pelindung dari kerusakan, kulit kabel (*cable jacket*) berfungsi sebagai pelindung keseluruhan dari sebuah kabel *fiber optic*.

### C. Jenis-Jenis Rambatan Fiber Optic

Berdasarkan jenisnya, *fiber optic* dibagi menjadi tiga, yaitu *singlemode step-index*, *multimode step-index*, dan *multimode graded-index*.

#### 1. Singlemode step-index

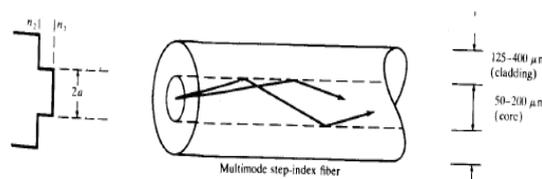
Cahaya hanya merambat sejajar/lurus tanpa mengalami pemantulan pada sisi serat sampai ke ujung kabel lainnya. *Singlemode* digunakan untuk transmisi data dengan *bit rate* yang tinggi. Adapun pada Gambar 3 menunjukkan rambatan cahayanya.



Gambar 3. Rambatan cahaya *singlemode step-index*[4]

#### 2. Multimode step-index

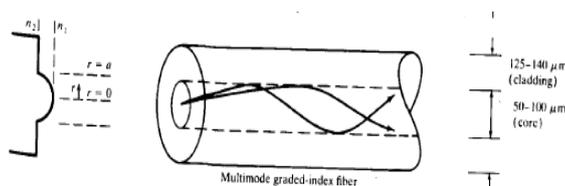
*Multimode step-index* adalah jenis *fiber optic* yang mempunyai indeks bias konstan. Ukuran diameter *core* lebih besar dari diameter *cladding*. Dampak dari besarnya diameter *core* menyebabkan rugi-rugi dispersi waktu transmit besar. Adapun gambar rambatan cahayanya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rambatan cahaya *fiber optic multimode step-index*[4]

#### 3. Multimode grade-index

Kabel jenis ini terdiri dari *core* dengan indeks bias berkurang sedikit demi sedikit dari pusat *core* sampai batas antara *core* dan *cladding*. Umumnya berdiameter *core*  $50 \mu\text{m}$  dan *cladding*  $125 \mu\text{m}$ . Berkas cahaya pada jenis ini dibelokkan samapi propagasi sejajar dengan sumbu serat. Gambar 5 adalah gambar dari rambatan cahayanya.



Gambar 5. Rambatan cahaya *fiber optic multimode graded-index* [4]

### D. Sumber Optik

*Fiber optic* memiliki atenuasi yang rendah. Ada dua sumber cahaya yang digunakan yaitu *Light Emitting Diodes* (LED) dan *Laser Diodes* (LD). LED maupun LD umumnya terbuat dari bahan *aluminium-gallium-arsenid* ( $\text{GaAlAs}$ ).

### E. Parameter Pengukuran Transmisi Fiber Optic

Perancangan sistem transmisi *fiber* optik diperlukan suatu pengukuran terhadap hasil perancangan. Hal ini diperlukan supaya sistem yang dirancang dapat diimplementasikan. Adapun parameter yang diperlukan jarak transmisi, *data rate* atau *bandwidth* serta *Bit Error rate* (BER).

Dua metode yang digunakan untuk mengukur sistem komunikasi *fiber optic* adalah analisis *power link budget* dan *rise time budget* sebagai berikut :

#### 1. Power Link Budget

*Power Link Budget* merupakan perhitungan daya yang diperlukan agar level daya terima tidak kurang dari level daya minimum yang dideteksi oleh *Optical Power Meter* (OPM). Perhitungan daya sinyal dinyatakan dengan persamaan 1 berikut :

$$P_R = P_T - (\alpha_c \times N_c) - (\alpha_f \times L_{link}) - (\alpha_s \times N_s) - M_s \quad (1)$$

#### 2. Rise Time Budget

Perhitungan *rise time budget* diperlukan untuk menentukan batasan dispersi waktu suatu *link fiber optic*. Apabila dispersi di luar standar yang telah ditentukan maka sinyal *carrier* yang dikirimkan akan terganggu. Untuk menghitung *rise time budget* dapat dihitung dengan persamaan 2 :

$$t_{sys}^2 = t_{Tx}^2 + t_{intra}^2 + t_{inter}^2 + t_{Rx}^2 \quad (2)$$

#### 3. Perangkat – Perangkat Perancangan Jaringan Fiber Optic

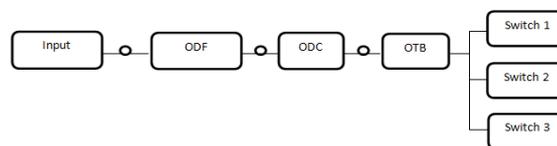
Perangkat yang digunakan pada perancangan ini meliputi *Optical Distribution Frame* (ODF), *Optical Terminal Box* (OTB), *fiber duct*, *wire mesh tray*, *bundle cable*, *patch cord*, *Small-Form Pluggable* (SFP).

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang. Perancangan sistem terdiri dari *transmitter*, saluran komunikasi dan *receiver*. Dalam perancangan ini *input* dari *provider* akan dihubungkan ke perangkat terminasi *Optical Distribution Frame* dimana kabel input/*feeder* 24 *core* akan diterminasikan dengan *connector* SC pada *Optical Terminal Box* sehingga kabel tersebut dapat didistribusikan. Jika sudah terpasang maka akan dilakukan pengecekan menggunakan perangkat *Optical Power Meter* dan OTDR. Selain itu, persiapan *hardware* dan *software* yang digunakan ialah perangkat-perangkat dari jaringan sistem komunikasi *fiber optic*, spesifikasi dari perangkat, karakteristik rancangan *fiber optic*, dan perangkat lunak *OptiSystem*.

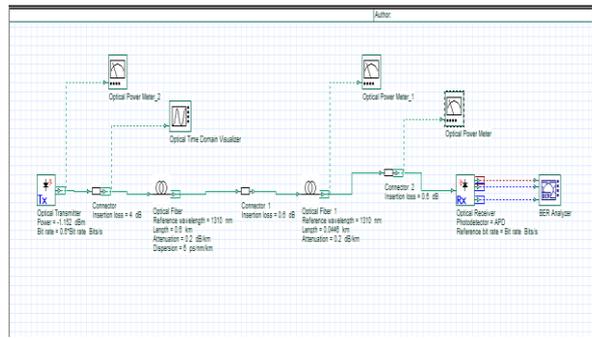
#### A. Blok Diagram Perancangan

Adapun rancangan jaringan yang dirancang untuk mendapatkan hasil sesuai wilayah standarisasi jaringan. Permasalahan yang terjadi adanya tingkat *loss* pada perangkat *Optical Distribution Cabinet* (ODC). Dalam blok diagram perancangan Gambar 6, redaman/atenuasi akan dikurangi dari beberapa perangkat yang terdapat di ODC.



Gambar 6. Blok diagram perancangan jaringan *Fiber Optic*

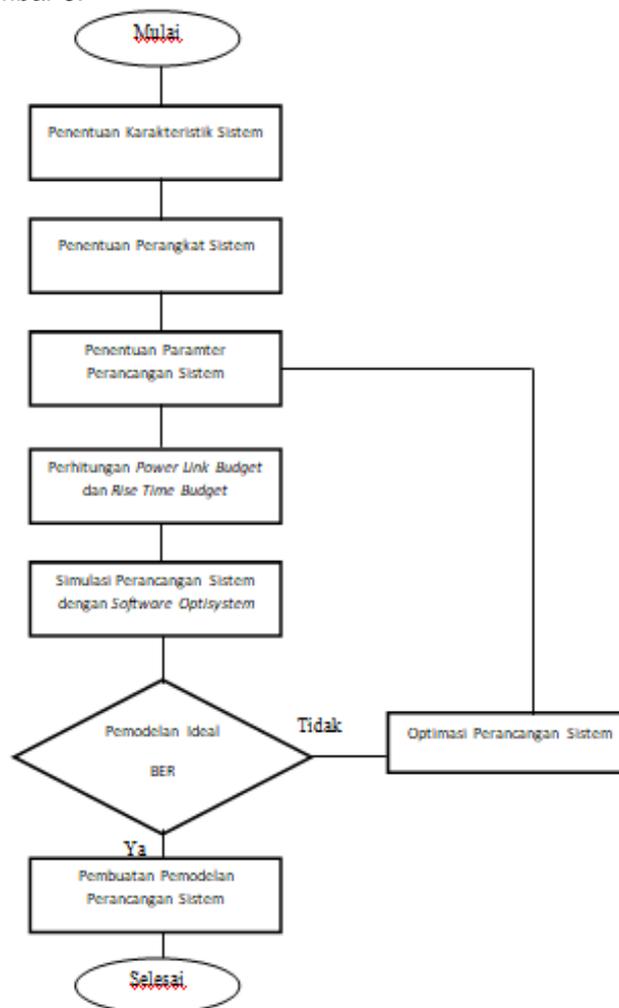
Dari Gambar 6, maka akan disimulasikan kedalam aplikasi *optisystem*. Dengan desain seperti Gambar 7.



Gambar 7. Simulasi dengan menggunakan *Optisystem*

### B. Diagram Alir Penelitian

Proses perancangan sistem komunikasi ini menentukan karakteristik rancangan sistem, dan perangkat sistem. Setelah itu, perhitungan *power link budget*, *rise time budget* dan *Bit Error Rate (BER)* untuk menentukan kondisi yang bagus dalam perancangan atau masih dalam lingkup standarisasi yang ditetapkan. Tahap penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 8.



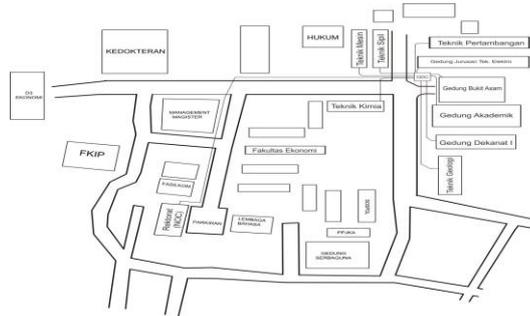
Gambar 8. Perancangan sistem komunikasi *fiber optic*

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembagian Jalur

Dalam tahap ini dilakukan pembuatan gambar sesuai skema yang telah diperhitungkan. Pembagian jalur pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang meliputi :

1. Penempatan Jalur *Feeder Network*
  2. Penempatan Jalur *Distribusi Network*
  3. Penempatan *Optical Distribution Center*
  4. Penempatan Perangkat Pada setiap gedung
- Pembagian dan penempatan jalur serta perangkat ditunjukkan pada Gambar 9.



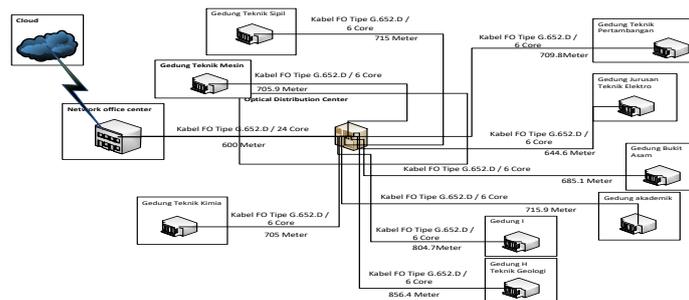
Gambar 9 Pembagian jalur di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang

**B. Pembagian Access Point**

Pada tahap ini dilakukan pembagian titik *point* di setiap gedung Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang. *Optical Distribution Center* menggunakan kabel *feeder* enam *core* menuju *Optical Terminal Box* (OTB). Setelah terpasang pada OTB dengan menggunakan dua *core* maka dilanjutkan menggunakan *patchcord* untuk menghubungkan ke *switch* lalu dihubungkan dengan menggunakan kabel STP (*Shielded Twisted Pair*) menuju *access point*.

**C. Skema Jaringan Di Fakultas Teknik**

Jaringan yang terdapat di Fakultas Teknik menggunakan jenis kabel *singlemode* G.652.D dimana kabel *duct* yang digunakan dengan kapasitas 24 *core* dengan ukuran 10/8 mm. Untuk penggunaan kabel *feeder* dua *core* tersebut digunakan pada jalur *Network Office Center* (NOC) menuju ke *Optical Distribution Cabinet* (ODC) dan sebaliknya.



Gambar 10. Skema jaringan

**C. Parameter Perancangan Sistem**

Parameter - parameter yang digunakan pada perancangan sistem komunikasi optik ini yaitu :

1. Laju *bit* (Gbps) : 10 Gbps
2. *Attenuation* (dB/km) : 0.2 dB
3. Dispersi kromatik (ps/nm.km) : 6 ps/nm.km
4. Redaman *splice* (dB/*splice*) : 0.2 dB
5. Redaman *connector* (dB/*connector*) : 0.2 dB
6. Daya transmit (dBm) : -1,152 dBm

**D. Perhitungan Power Link Budget per Segmen di Gedung Teknik**

Skema pada gambar 10 menunjukkan jalur pengiriman data secara dua arah dari *Network Office Center* (NOC) ke *access point* dan sebaliknya pada beberapa gedung di Universitas Sriwijaya kampus Palembang. Dengan jarak dan tipe kabel pada Tabel 1.

TABLE I. PERHITUNGAN *POWER LINK BUDGET* PER SEGMENT

No.	Access Point	Jarak	Tipe Kabel	Daya Terima	Bandwidth
1	Gedung Jurusan Teknik Elektro	644,6 m		-10,4809 dB	
2	Gedung Teknik Bukit Asam	685,1 m		-10,489 dB	
3	Gedung Teknik Kimia	705 m		-10,493 dB	
4	Gedung Teknik Mesin	705,9 m	Kabel FO	-10,4931 dB	
5	Gedung Teknik Pertambangan	709,8 m	Tipe G.652	-10,4939 dB	10 Gbps
6	Gedung Teknik Sipil	715 m	D/6 core	-10,495 dB	
7	Gedung Teknik bagian Akademik	715,9 m		-10,4951 dB	
8	Gedung Dekanat Teknik I	804,7 m		-10,512 dB	
9	Gedung Teknik Geologi	856,4 m		-10,523 dB	

E. Perhitungan Rise Time Budget per Segment

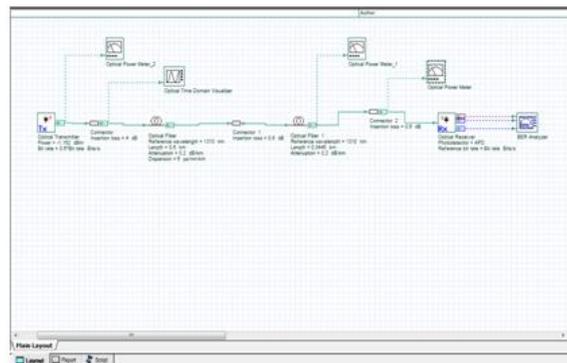
Perhitungan *rise time budget* diperlukan untuk menentukan batasan dispersi suatu *link fiber optic* karena apabila dispersi diluar standar yang ditentukan maka sinyal yang dikirim akan terganggu. Perhitungan *rise time budget* menggunakan persamaan 2 ditunjukkan pada Tabel 2.

TABLE II. PERBANDINGAN PERHITUNGAN *RISE TIME BUDGET* PER SEGMENT PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK

No.	Access Point	Jarak	Rise Time Budget
1	Gedung Jurusan Teknik Elektro	644,6 m	49,498 ps
2	Gedung Teknik Bukit Asam	685,1 m	49,499 ps
3	Gedung Teknik Kimia	705 m	49,499 ps
4	Gedung Teknik Mesin	705,9 m	49,4992 ps
5	Gedung Teknik Pertambangan	709,8 m	49,4993 ps
6	Gedung Teknik Sipil	715 m	49,4993 ps
7	Gedung Teknik Akademik	715,9 m	49,4993 ps
8	Gedung Dekanat Teknik I	804,7 m	49,4998 ps
9	Gedung Teknik Geologi	856,4 m	49,50 ps

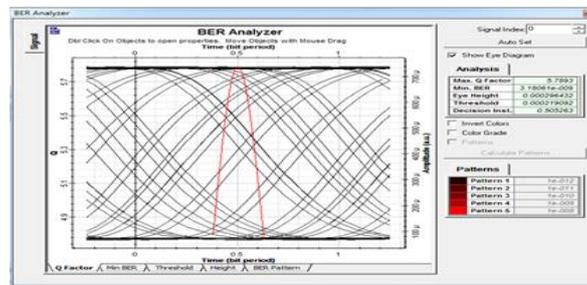
F. Perancangan pada Optisystem

Berdasarkan data saluran, perancangan dapat dilakukan dengan menggunakan *Optisystem*. Gambar 11 adalah rancangan menurut hasil perhitungan *Optisystem*.



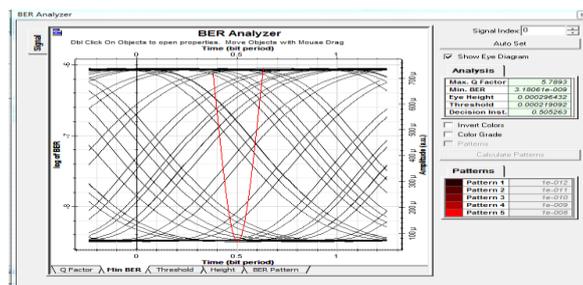
Gambar 11. Simulasi jaringan dengan *Optisystem*

Setelah itu, nilai *Q factor* diperoleh seperti ditunjukkan pada Gambar 12 melalui hasil simulasi pada BER Analyzer.



Gambar 12. Hasil simulasi *Q factor* pada *BER Analyzer*

Nilai *Q factor* untuk gedung didapat sebesar 5.7893 yang diperoleh berdasarkan hasil yang ditampilkan *BER Analyzer* pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil simulasi *Bit Error Rate*

Untuk nilai minimum *Bit Error Rate* (BER) nilai tersebut diperoleh dari perhitungan titik minimum sinyal yang berada pada posisi titik -8,497.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan desain jaringan FTTx pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya kampus Palembang dilakukan dengan membagi perancangan menjadi dua yaitu :
  - a. Skema jaringan untuk menentukan penggunaan kabel serta menentukan jarak untuk setiap gedung pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Kampus Palembang.
  - b. Pembagian jalur berguna untuk menentukan penempatan jalur *feeder* dan jalur distribusi sehingga tidak terjadi kesalahan penggunaan kabel.
2. *Optisystem* dapat digunakan untuk merancang jaringan sebelum aplikasinya di lapangan. *Optisystem* berguna untuk mengetahui karakteristik suatu rancangan.
3. *Power Link Budget* dapat digunakan untuk mengetahui jumlah daya yang terjadi pada suatu perancangan serta mengetahui karakteristik perangkat yang digunakan. Melalui perhitungan nilai redaman kabel *fiber optic* G 652.D yang dapat mempengaruhi pelemahan daya yang terjadi misalnya Gedung Jurusan Fakultas Teknik sebesar -10,4809 dB dari daya pancar sebesar -1,152 dB dimana redaman kabel sebesar 0,2 dB. Nilai redaman sambungan (*splicing*) yang didapat sebesar 0,2 dB menggunakan *link*  $\lambda = 1310$  nm sehingga level daya terima sebesar -10,4809 dB menjadi -8,4809 dB.
4. Hasil perhitungan *rise time budget* untuk *link*  $\lambda = 1310$  nm didapat sebesar 49,498 ps dimana untuk perhitungan *rise time budget* pada kabel *singlemode*. Parameter yang digunakan yaitu *rise time transmitter*, *rise time receiver* serta  $t_{intra}$  sehingga dapat mengetahui hasil dari *Bit Error Rate* (BER) pada suatu jaringan dimana menunjukkan nilai  $10^{-9}$ .

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk mendapatkan hasil *Power Link Budget* lebih baik dengan cara memperhatikan dalam proses penyambungan kabel *fiber optic singlemode* yang menghasilkan nilai redaman sambungan/*splice* sebesar 0.1 dB sehingga nilai *Power Link Budget* berkurang bebannya sehingga level daya yang diterima sebesar -10,4809 dB menjadi -8,4809 dB. Selain memperhatikan sambungan/*splice* untuk

penelitian selanjutnya dapat memperhatikan proses pengaplikasian perancangan di lapangan sehingga proses perancangan sesuai standar pengoperasian dan karakteristik dari kabel *fiber optic* mulai dari faktor suhu, lengkungan dan kualitas kabel yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Efriyanda, "Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik dengan Menggunakan Metode *Power Link Budget* dan *Rise Time Budget* pada PT.TELKOM", 2014.
- [2] F. A. Nurdiana dkk, "Perancangan dan Analisis Sistem Komunikasi Serat Optik Link Makassar – Maumere menggunakan DWDM", 2015.
- [3] G. P. Agrawal, *Handbook Fiber Optic Communication Systems, Third Edition*.
- [4] G. Keiser, *Optical Fiber Communications* Edisi Ketiga, Singapore: McGraw-Hills, 2010.
- [5] A. Purwantiningsih, "Pembuatan Modul Pengukuran dan Analisis *Loss Fiber Optic* Menggunakan *Software OptiSystem*", 2015.
- [6] J. Crisp & B. Elliott, *Serat Optik : Sebuah Pengantar*, Jakarta: Erlangga, 2008.
- [7] PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. 2013, " Pedoman Instalasi Pemasangan Jaringan *Fiber To The Home* (PPJ FTTH)".
- [8] S. Haykin, *Communications System* Edisi Keempat, Singapore: McMaster-University, 2000.