

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISIS RUGI-RUGI DATA INTERNET PADA KABEL FIBER OPTIC MENGGUNAKAN OTDR**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

**AHMADIL KAHFI**

**NPM : 1307220006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017**



## ABSTRAK

Serat optic merupakan media transmisi yang menggunakan media cahaya sebagai penyalur informasi (data) yang menawarkan kecepatan data yang lebih besar sepanjang jarak yang lebih jauh. Sistem komunikasi serat optic dengan cepat mampu bersaing menggantikan sistem-sistem lain dengan keunggulan yang dimilikinya yaitu memiliki bandwidth yang besar, redaman transmisi kecil, ukuran kecil, kemudahan penambahan kapasitas, performansi yang lebih baik, tingkat efisiensi yang tinggi dan jaringan yang handal. Keunggulan serat optik dalam mentransmisikan data yaitu kapasitasnya yang besar, namun tidak terlepas dari beberapa kendala yang dapat mengakibatkan terganggunya proses transmisi. Transmisi dengan menggunakan kabel optic mengalami banyak rugi-rugi. Pada dasarnya rugi-rugi di dalam serat optic disebabkan oleh redaman kabel serat optic itu sendiri, redaman konektor ataupun redaman sambungannya. Beberapa redaman tersebut akan berpengaruh terhadap proses transmisi itu sendiri. Oleh karena itu untuk mengoptimalkan jaringan kabel serat optic yang terpasang, diperlukan sebuah alat yang digunakan untuk memonitor seberapa besar redaman yang terjadi di sepanjang saluran kabel optik yang dinamakan dengan OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*). Dalam Tugas Akhir ini penulis mempelajari tentang pengukuran rugi-rugi data internet pada kabel serat optic dengan OTDR dan menghitung persentase *loss optic* nya.

**Kata Kunci :** *Fiber Optic*, OTDR, rugi-rugi data internet, redaman kabel

## **ABSTRACT**

*Fiber optic is a medium transmission that uses laser media as a channel of information (data) that offers higher data rates over longer distances. Fiber optic communications systems are rapidly able to compete with another systems with the advantage of having large bandwidth, small transmission attenuation, small size, ease of capacity addition, better performance, high efficiency and reliable network. The advantages of optical fiber in transmitting data is large capacity, but not apart from any problem which make cause to disruption of the transmission process. The transmission use the optical cables has a lot of losses. Basically the losses of the optical fiber is caused by the attenuation of the fiber optic cable itself, the attenuation of the connector or the attenuation of splicing. Some of the attenuation will affect the transmission process itself. Therefore, to optimize the installed fiber optic cable network, a tool is needed to monitor how much damping that occurs along the optical cable channel that is called OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). In this Final Project the authors studied the measurement of fiber optic cable attenuation with OTDR and calculate optical loss percentage.*

**Keywords:** *Fiber Optic, OTDR, internet data losses, cable attenuation*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum wr.wb*

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya Allah berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “**Analisis Rugi-Rugi Data Internet pada Kabel Fiber Optic Menggunakan OTDR**”.

Selesaiannya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda serta Abangda dan Kakanda tersayang, yang dengan cinta dan kasih sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Rahmatullah, S.T, M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Rohana, S.T, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Zulfikar, S.T, M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Dr. M. Fitra Zambak, M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini
6. Bapak Solly Aryza Lubis S.T, M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M. Selaku Dosen Pembimbing I.

8. Ibu Noorly Evalina, S.T, M.T. Selaku Dosen Pembanding II.
9. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman-teman sejawat dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik Elektro angkatan 2013 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alakum wr.wb*

Medan, 28 Juli 2017

Penulis

Ahmadil Kahfi  
1307220006

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1.1 Struktur Dasar Serat Optic .....	8
2.1.2 Urutan Core Kabel Fiber Optik Berdasarkan Warna .....	11
2.1.3 Instalasi Kabel Fiber Optic .....	11
2.2 Alat-Alat yang Biasa Digunakan Dalam Pengukuran .....	17
2.3 Rugi-Rugi dan Dispersi dalam Fiber Optic .....	22
2.3.1 Rugi-Rugi di dalam Fiber .....	22

2.3.2 Dispersi .....	28
2.4 Atenuasi .....	28
2.5 Sumber Cahaya untuk Fiber Optic .....	28
2.6 Konektor .....	29
2.7 Standar ITU-T .....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	33
3.2 Peralatan Penelitian .....	33
3.3 Data Penelitian .....	34
3.4 Metode Penelitian .....	34
3.5 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	35
3.6 <i>Flowchart</i> Analisa Data Penelitian .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
4.1 Analisa Redaman Fiber Optic .....	37
4.2 Analisa Daya Terima dan Persentase daya Hilang .....	45
4.3 Analisa dan Pembahasan.....	63
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Urutan Warna Kabel Fiber Optic .....	11
Tabel 3.1 Data Penelitian .....	34
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Menggunakan OTDR .....	38
Tabel 4.2 Perhitungan Persentase Daya Terima dan Daya Hilang .....	56
Tabel 4.3 Perhitungan Data yang Diterima .....	57
Tabel 4.4 Pengukuran Data yang Diterima .....	58
Tabel 4.5 Perbandingan Data yang Diterima .....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konstruksi Sederhana Serat Optic .....	8
Gambar 2.2. Konstruksi Detail Fiber Optic .....	10
Gambar 2.3. Standarisasi Penanaman Kabel Optic Bawah Tanah .....	14
Gambar 2.4. Standarisasi Penanaman Kabel Optic Bawah Jalan Raya .....	15
Gambar 2.5. Letak Pipa Galvanis dibawah Parit .....	15
Gambar 2.6. Letak Pipa Galvanis diatas Parit .....	16
Gambar 2.7. OTDR .....	18
Gambar 2.8. Optical Power Meter .....	20
Gambar 2.9. Optical Light Source .....	20
Gambar 2.10. Patchcord .....	21
Gambar 2.11.. Konektor .....	22
Gambar 2.12. Penyebaran Rayleigh .....	22
Gambar 2.13. (a) <i>Microbending</i> , (b) <i>Macrobending</i> .....	24
Gambar 2.14. <i>Numerical Aperture</i> (NA) .....	25
Gambar 2.15. Penggandengan ragam ( <i>Mode Coupling</i> ).....	26
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	35
Gambar 3.2. Diagram Alir Analisa Data Penelitian .....	36
Gambar 4.1. Ilustrasi Jarak .....	45
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Data yang Dikirim dengan Data yang Diterima Hasil Perhitungan .....	60

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Data yang Dikirim dengan Data yang Diterima Hasil Pengukuran .....	61
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Data yang Diterima Hasil Perhitungan dan Hasil Pengukuran .....	62

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran.1. Foto pengukuran menggunakan OTDR

Lampiran.2. Jurnal

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Meningkatnya kebutuhan akan komunikasi data, terutama sistem komunikasi fiber optik yang pada akhir-akhir ini berkembang sangat pesat dalam dunia telekomunikasi mendorong untuk membuat dan mengembangkan berbagai metode teknologi yang digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan dalam kapasitas besar dan kecepatan tinggi dari sistem tersebut. Seiring dengan hal tersebut, peningkatan dan pengembangan penggunaan kabel serat optik sebagai media transmisi data semakin meningkat jumlahnya. Dibalik kemajuan tersebut ternyata juga sering terjadi hilangnya informasi yang diakibatkan oleh rugi-rugi yang terjadi di sepanjang kabel fiber optik, salah satu rugi-rugi tersebut adalah rugi daya yang diakibatkan oleh redaman di sepanjang kabel fiber optik yang mengakibatkan perubahan daya dari pemancar optik (*Transmitter*) hingga mencapai penerima optik (*Receiver*).

Permasalahan redaman dan daya optik juga mempunyai hubungan dengan perancangan pemasangan instalasi sistem komunikasi kabel fiber optik ketika sistem tersebut mengalami gangguan. Maka dalam hal ini dilakukan penelitian untuk menganalisa mengenai rugi-rugi yang terjadi di sepanjang kabel fiber optik.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Seberapa besar rugi-rugi data internet yang terjadi pada kabel fiber optik ?
2. Bagaimana perbandingan data hasil perhitungan dengan data yang di dapat dari lapangan?

3. Seberapa besar pengaruh konektor dan *splicing* (sambungan) yang dipakai terhadap kinerja fiber optik?

### **1.3 Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan permasalahan dalam penulisan skripsi ini, batasan-batasan masalah yang diambil sebagai berikut :

1. Analisa hanya pada sistem penyambungan serat optik mode tunggal (*Single Mode*).
2. Pembahasan lebih menitikberatkan pada perhitungan rugi-rugi kabel optic, rugi-rugi penyambungan, dan rugi-rugi redaman pada konektor.
3. Data yang diambil adalah data jalur fiber optik di PT. INDOSAT , Tbk area Medan.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Maksud dan tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui rugi-rugi data pada kabel fiber optik agar dapat diketahui berapa data yang diterima receiver.
2. Mengetahui tingkat kecocokan antara data hasil perhitungan dengan yang di dapat pada penelitian menggunakan OTDR.
3. Menganalisa konektor dan *splicing* (sambungan) yang mempengaruhi kinerja kabel fiber optik.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I   Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang pemilihan judul, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan dalam skripsi.

## BAB II Landasan Teori

Tinjauan pustaka yang memberikan konsep-konsep dan teori-teori yang menjadikan landasan dalam kegiatan penelitian.

## BAB III Metode Penelitian

Menentukan lokasi dan memaparkan langkah metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh dan menggabungkan dengan teori yang digunakan dalam perhitungan rugi-rugi kabel fiber optik.

## BAB IV Hasil dan Pembahasan

Membahas hasil penelitian dan pengolahan data sebagai kelengkapan dalam menganalisa rugi-rugi kabel fiber optik.

## BAB V Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil rangkuman penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan dan saran yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Fiber optic merupakan media saluran transmisi berbahan dasar kaca atau plastik ( $\text{SiO}_2$ ) yang digunakan untuk menyalurkan gelombang dielektrik yang bekerja berdasarkan waktu dengan menggunakan cahaya sebagai media penyampaian informasi (Keiser,2000;37). Sumber cahaya yang digunakan adalah laser karena mempunyai sifat pola penyebaran kecil, kecerahan dan koherensi tinggi. Bentuk dari fiber optic adalah silinder, karakteristik bahan struktur penyusun fiber optic mempengaruhi sifat-sifat transmisi pemandu gelombang optic. Hal ini akan berpengaruh dalam perambatan sinyal optic sepanjang fiber optic. Efisiensi dari fiber optic ditentukan oleh kemurnian dari bahan penyusun gelas, semakin murni bahan gelas semakin sedikit cahaya yang diserap fiber optic.

Perambatan atau propagasi gelombang sepanjang pemandu gelombang dapat digambarkan dalam bentuk kumpulan gelombang terpandu yang dinamakan *mode* (moda) terpandu. Tiap moda terpandu merupakan pola garis medan listrik dan medan magnet yang diulang – ulang sepanjang serat pada interval sama terhadap panjang gelombang (Keiser . 1987).

Pembagian Serat optik dapat dilihat dari 2 macam perbedaan :

#### **1. Berdasarkan mode yang dirambatkan**

##### **a. Single mode**

Kabel jaringan fiber optik jenis single mode memiliki inti (core) yang relatif kecil, dengan diameter sekitar 0.00035 inch atau 9 micron. Jenis kabel fiber



optik yang satu ini menggunakan transmitter laser semikonduktor yang mengirimkan sinar laser inframerah dengan panjang gelombang mencapai 1300-1550 nm. Disebut 'single mode' karena penggunaan kabel fiber optik ini hanya memungkinkan terjadinya satu modus cahaya saja yang dapat tersebar melalui inti pada suatu waktu.

#### b. Multi mode

Multi mode merupakan jenis kabel fiber optik yang memiliki inti (*core*) yang lebih besar dibanding milik kabel fiber optik jenis single mode yakni berdiameter sekitar 0.0025 inch atau 62.5 *micron*. Dengan ukuran yang lebih besar, maka penggunaan kabel fiber optik jenis ini memungkinkan ratusan modus cahaya tersebar melalui serat secara bersamaan. Kabel fiber optik multi mode ini menggunakan LED sebagai media transmisinya, serta lebih ditujukan untuk kepentingan komersil.

## 2. Berdasarkan indeks bias *core*

### A. Single mode step indeks

Pada jenis single mode step indeks baik *core* maupun *cladding* nya dibuat dari bahan *silica glass*. Ukuran *core* yang jauh lebih kecil dari *cladding*-nya dibuat demikian agar rugi-rugi transmisi berkurang akibat *fading*.

Single mode step indeks mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Serat optik single mode step index memiliki diameter *core* yang sangat kecil jika dibandingkan dengan *cladding* nya.
- b. Ukuran diameter *core* antara 8  $\mu\text{m}$  – 12  $\mu\text{m}$

- c. Cahaya hanya merambat dalam satu mode saja yaitu sejajar dengan serat sumbu optik.
- d. Memiliki redaman yang sangat kecil.
- e. Memiliki bandwidth yang lebar.
- f. Digunakan untuk transmisi data dengan bit rate tinggi.

#### B. Multi Mode Step Indeks

Pada serat optik multi mode step indeks pulsa disisi terima akan lebih besar dibandingkan dengan pulsa disisi kirim. Pelebaran pulsa mengakibatkan adanya perbedaan bit-bit data yang ditransmisikan. Pada jenis multi mode step indeks ini, diameter *core* lebih besar diameter *cladding*-nya. Dampak dari besarnya diameter *core* menyebabkan rugi-rugi dispersi waktu *transmitter* nya besar. Serat optik multi mode graded indeks digunakan dalam transmisi jarak pendek dengan laju data yang rendah dan memiliki *loss* yang besar. Multi mode step indeks mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Indeks bias core konstan.
- b. Ukuran core antara 50 – 125 mm dan dilapisi cladding yang tipis.
- c. Penyambungan kabel lebih mudah karena memiliki core yang besar.
- d. Banyak terjadi dispersi.
- e. Lebar pita frekuensi terbatas/sempit.
- f. Hanya digunakan untuk jarak pendek dan transmisi data bit rate rendah.

#### C. Grade indeks

Pada grade indeks ini, apabila indeks bias core semakin mendekat ke arah *cladding* maka semakin kecil. Jadi pada grade indeks, pusat core memiliki nilai

indeks bias yang paling besar. Serat grade indeks memungkinkan untuk membawa *bandwidth* yang lebih besar, karena pelebaran pulsa yang terjadi dapat diminimalkan. Multi mode graded indeks mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada *core* sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat.
- b. Dispersi minimum sehingga baik untuk digunakan untuk jarak menengah.
- c. Ukuran diameter *core* antara 50  $\mu\text{m}$  – 100  $\mu\text{m}$ , lebih kecil dari multi mode step indeks dan dibuat dari bahan *silica glass*.
- d. *Core* terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki indeks bias yang berbeda, indeks bias tertinggi terdapat pada pusat *core* dan berangsur-angsur turun sampai ke batas *core cladding*.
- e. Digunakan untuk jarak menengah dan lebar pita frekuensi besar.
- f. Harga relatif mahal , karena faktor pembuatannya lebih sulit.

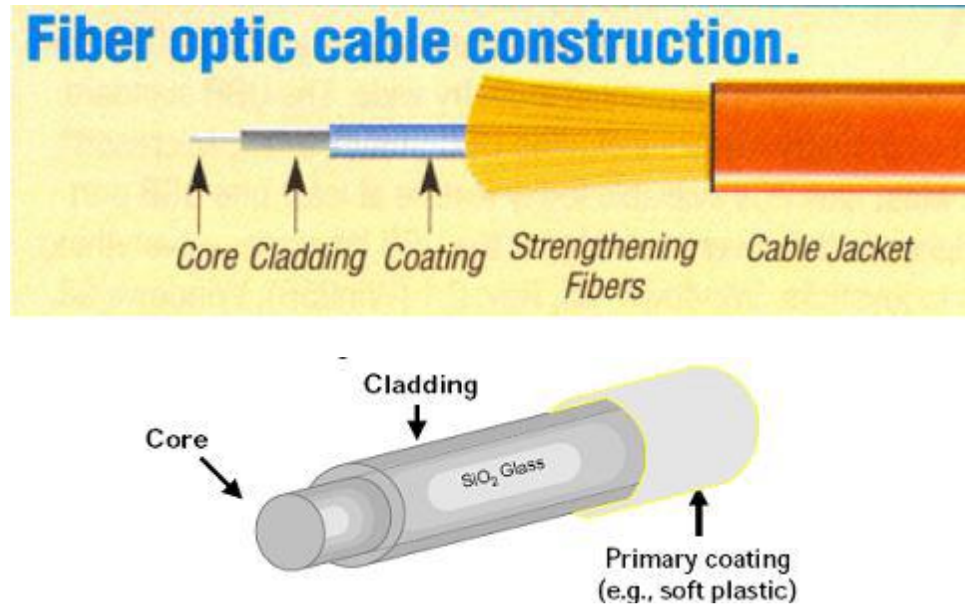
Untuk mendukung sistem yang mentransmisikan informasi dengan kapasitas tinggi, pemilihan serat optik yang tepat sebagai media transmisi juga diperhatikan. Ada dua tipe serat optik yang digunakan pada sistem DWDM, yaitu:

a. *Non DispersionShifted Fiber (NDSF)*

b. *Non Zero DispersionShifted Fiber (NZDSF)*

Pada umumnya serat optik terdiri dari dua bahan dengan karakter optis yang berbeda untuk *cladding* dan *core*. Seperti tertera pada gambar 2.1, yang mencantumkan struktur dasar dari pembentuk serat optic. Komposisi *core* menduduki 85 % dari total fiber yang memandu cahaya, yang tersusun dari bahan

silikon oksida, dan dilapisi dengan serat kaca, dan pada umumnya *core* memiliki indeks bias yang lebih tinggi daripada *cladding*. [Schott, 2002]



Gambar 2.1 Konstruksi Sederhana Serat Optic

(Agilent Technologies, 1996)

Bagian-bagian dari kabel optic meliputi *core*, *cladding*, dan *buffer*. *Core* adalah kaca tipis yang merupakan bagian inti dari fiber optic dimana pengiriman sinar dilakukan. *Cladding* merupakan materi yang mengelilingi inti yang berfungsi memantulkan sinar kembali ke dalam inti (*core*). *Cladding* mempunyai indek bias lebih rendah dari pada *core* yang akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari *core* kembali kedalam *core* lagi. Sedangkan *buffer* berfungsi melindungi fiber dari kerusakan.

### 2.1.1 Struktur Dasar Serat Optic

Terdiri dari :

1. **Core (Inti)**

Berfungsi untuk menentukan cahaya merambat dari satu ujung ke ujung yang lainnya. Core memiliki ciri-ciri :

- a. Terbuat dari bahan kuarsa dengan kualitas sangat tinggi.
- b. Merupakan bagian utama dari serat optik karena perambatan cahaya sebenarnya terjadi pada bagian ini. Ukuran core sangat mempengaruhi karakteristik serat optic.

## 2. **Cladding (Lapisan)**

Berfungsi sebagai cermin, yakni memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya. *Cladding* memiliki Ciri-Ciri :

- a. Terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias lebih kecil dari *core*
- b. Merupakan selubung dari *core*
- c. Hubungan indeks antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core*.

## 3. **Coating (Jaket),**

Berfungsi sebagai pelindung mekanis dan tempat kode warna. Indeks bias ( $n$ ) inti lebih besar dari pada indeks bias *cladding* ( $n_c > n_d$ ).

*Coating* memiliki ciri-ciri :

- a. Terbuat dari bahan plastik.
- b. Berfungsi untuk melindungi serat optik dari kerusakan.

### **Penjelasan lebih detail mengenai konstruksi fiber optic :**

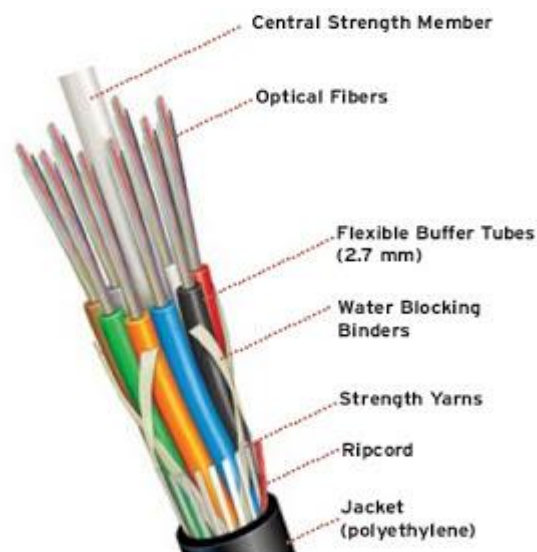
1. Bagian luar disebut juga outer PE Jacket
2. Rip Cord benang pengupas Outer maupun Inner PE Jacket
3. Aramid Yarn berfungsi untuk memperkuat kabel dan melindungi panas.

4. Gel , atau jelly lilin cair yang berfungsi penahan air, binatang / serangga.
5. Strength Member yang berfungsi untuk penguat pada sambungan di closure.
6. Tube sebagai tempat atau selubung Fiber Optik yang berfungsi untuk,
  - a. Mengelompokkan urutan Fiber Optik berdasarkan warna.
  - b. Melindungi Fiber Optik.

Ada dua jenis tube yaitu :

- Loose Tube atau tube yang berongga, sehingga fiber dapat fleksibel
- Tight Tube atau Tube yang menyatu dengan Fiber seperti pada Patchcord.

7. Pita Binder yang berfungsi untuk penahan air.
8. Filler yang berfungsi unuk memperkuat kabel saat penarikan, dan untuk penahan puntiran.
9. Armouring atau lilitan baja pelindung dalam kabel Fiber Optik.



Gambar 2.2 Konstruksi detail fiber optic

### 2.1.2 Urutan Core Kabel Fiber Optik Berdasarkan Warna

Struktur kabel Fiber Optik berbeda dengan kabel *multipair* tembaga, jika pada kabel tembaga dikenal istilah pasangan atau *pair*, maka pada kabel fiber optic tidak dikenal istilah pasangan atau *pair*. Secara umum, struktur kabel Fiber Optik terdiri dari *Tube* dan Fiber (atau istilah umumnya dilapangan disebut dengan "*core*"). Pada *Tube* dan *Core* untuk mengenali urutan diberi warna yang berbeda.

Sesuai dengan standard TIA/EIA-598 yang dipakai secara internasional, digunakan 12 warna sebagai pengenal urutan, yaitu :

Tabel 2.1 Warna yang digunakan untuk urutan fiber pada kabel fiber optic

No urut	Warna	No Urut	Warna
1	BIRU	7	MERAH
2	ORANGE	8	HITAM
3	HIJAU	9	KUNING
4	COKELAT	10	VIOLET
5	ABU ABU	11	PINK
6	PUTIH	12	TOSKA

( Standar Internasional TIA/EIA-598 )

### 2.1.3 Instalasi Kabel Fiber Optik

Ada 6 jenis kabel Fiber Optik, yaitu :

- A. Kabel Udara atau juga disebut dengan Aerial Cables
- B. Kabel Tanah Tanam langsung atau juga disebut dengan Direct Buried Cables
- C. Kabel Tanah dengan Duct atau juga disebut dengan Duct Cables.

D. Kabel Laut / Sungai atau juga disebut dengan Submarine Cables

E. Dropp Optic kabel penanggal yang ditambatkan untuk catuan user.

F. Indoor , yaitu kabel yang konstruksinya untuk di dalam gedung (patchcord).

Kabel Fiber Optic harus memenuhi standard Internasional dan standard Nasional yaitu yang disebut dengan ITU-T Recommendation and STEL-K.

Arti kode notifikasi standard pada kabel Fiber Optik

48 / 4 T = Menunjukkan jumlah Fiber Optik dan jumlah tube.

SM = Jenis Fiber Single Mode

MM = Multi Mode

A = Aerial , kabel udara

D = Kabel duct

DB = Direct Burried atau kabel tanam langsung

LT = Lose Tube atau tube yang berongga

ST = Straight Tube atau tube tanpa rongga.

SCPT = Single Core Per Tube digunakan untuk kabel distribution

NZDS = Non Zero Dispersion Shifted Fiber, atau Fiber tipe G.655  
yaitu Fiber yang mempunyai dispersi sangat kecil.

#### **A. Instalasi Kabel Udara atau *Aerial Cables***

Kabel udara adalah kabel yang ditambatkan pada tiang telepon, dimana penambatan pada bearer kabel yang terbuat dari lilitan kawat baja atau juga disebut dengan messenger Wire. Jika tidak tersedia berarer, maka kabel dijepit dengan clip yang ditautkan pada tiang.



**Kabel udara ditempatkan pada tiang telepon dengan ketentuan sebagai berikut :**

- a. Terbuat dari tiang besi dengan panjang 7 meter, 9 meter dan 12 meter.  
dipasang untuk didalam kota
- b. Terbuat dari tiang beton dengan panjang 12 meter dipasang untuk luar kota.

**Pemasangan tiang :**

- a. Ditanam 1/5 bagian yang masuk kedalam tanah
- b. Untuk tiang besi di pasang pondasi penguat tiang dari adukan semen setinggi 30 cm
- c. Jarak antar tiang antara 40 - 50 meter
- d. Penempatan tiang jangan menutup akses jalan atau di depan pintu gerbang.

Sambungan Kabel Udara ditempatkan didekat tiang telepon, karena :

- a. Memudahkan pemasangan
- b. Memudahkan pemeliharaan.

Didekat sambungan biasanya diberi spare kabel (kabel cadangan ) yang diloop agar tidak terjadi gangguan bending, hal ini jika terjadi gangguan masih terdapat sisa kabel yang dapat disambung. Loop kabel ini panjangnya antara 4 - 6 meter.

## **B. Instalasi Kabel Tanah.**

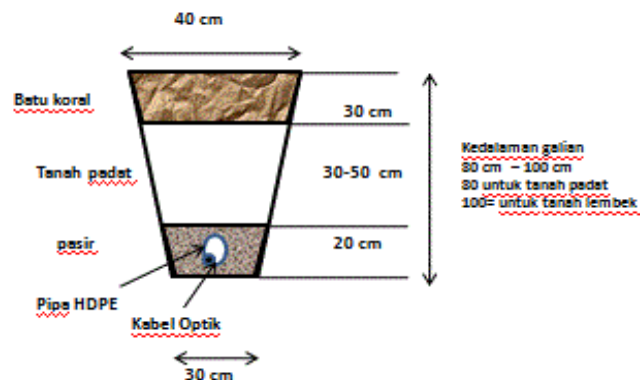
Kabel Tanah adalah kabel yang diletakkan atau digelar dibawah permukaan tanah dan harus memenuhi standard dari ITU-T serie G dan Standard Nasional.

- a. Kabel Tanah Tanam Langsung atau Direct Burried Cables.  
Yaitu kabel yang ditanam dibawah permukaan tanah tanpa pelindung pipa baik

PVC atau Galvanis, dan memenuhi *standard STEL-QA-K-016 Single Mode Jelly Filled Loose Tube For Direct Burried*.

### 1. Pemasangan kabel tanah tanam langsung di bahu jalan dan di trotoar.

Lebar galian bagian atas adalah 40 cm sedangkan bagian bawah 30 cm.



Gambar 2.3 Standarisasi penanaman kabel optic bawah tanah

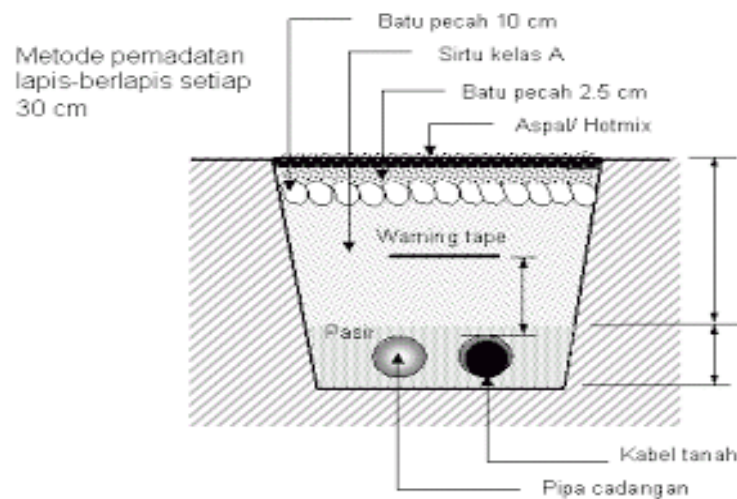
Kedalaman galian untuk trotoar atau bahu jalan adalah sebagai berikut :

- Tanah yang lembek sedalam 100 cm
- Tanah yang keras atau berbatu sedalam 80 cm

Pada bagian bawah menggunakan lapisan pasir setebal 20 cm sedangkan bagian atas diutup dengan dengan batu koral setinggi 30 cm.

### 2. Pemasangan melintas jalan raya

Kabel tanah tanam langsung yang melintas jalan raya agar dilindungi dengan pipa galvanis dengan diameter 4", dan menggunakan subduct HDPE dan harus disediakan satu pipa galvanis sebagai cadangan sehingga jika terjadi penyumbatan atau ingin melakukan penambahan kabel fiber optic tidak perlu melakukan pembongkaran lagi.

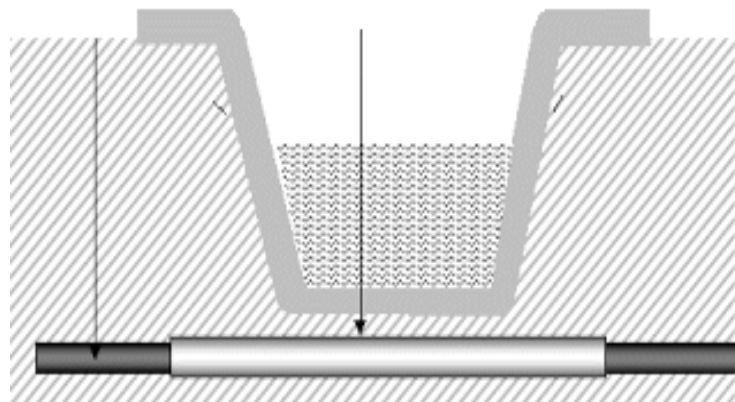


Gambar 2.4 Standarisasi penanaman kabel optic bawah jalan raya

### 3. Pemasangan melintas parit.

Jika melewati parit agar diberi pengaman dengan melindungi kabel menggunakan pipa galvanis berdiameter 2,5", yang ditempatkan dengan dua cara, yaitu:

- a. Dibawah parit, jika kedalaman parit kurang dari 100 cm



Gambar 2.5 Pipa galvanis diletakkan dibawah parit dengan jarak minimal 20 cm.

b. Di permukaan parit, jika kedalaman parit lebih dari 100 cm.



Gambar 2.6 Pipa galvanis diletakkan di permukaan parit

Untuk parit terbuka pipa galvanis diusahakan ditempatkan diatas permukaan air agar tidak menghalangi aliran, dan diberi kawat berduri untuk mencegah pencurian dan kerusakan.

### **Keunggulan dan Kekurangan Kabel Serat Optik**

a. Keunggulan

1. Mempunyai lebar pita frekuensi (*bandwidth*) yang lebar
2. Redaman sangat rendah dibandingkan dengan kabel tembaga
3. Kebal terhadap gangguan gelombang elektromagnetik.
4. Dapat menyalurkan informasi digital dengan kecepatan tinggi dan berat serat optik kecil dan juga ringan
5. Tidak mengalirkan arus listrik
6. Keamanan atau kerahasiaan informasi terjaga dengan baik
7. *Crosstalk* rendah.
8. Tahan terhadap temperatur tinggi
9. Tahan terhadap oksidasi.

## b. Kekurangan

1. Konstruksi serat optik lemah dan rentan.
2. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan.
3. Tidak dapat dialiri arus listrik secara langsung, sehingga tidak dapat memberikan catuan pada pemasangan repeater.
4. Instalasinya memerlukan ketelitian yang tinggi.

## 2.2 Alat – Alat yang Biasa Digunakan dalam Pengukuran

Adapun peralatan yang sering digunakan dalam melakukan pengukuran kabel serat optic adalah :

### 1. Optical Domain Reflecto Meter (OTDR)

OTDR merupakan salah satu peralatan utama baik untuk kegiatan instalasi maupun pemeliharaan link fiber optic, bisa dilihat pada gambar 2.2. OTDR dipakai untuk mendapatkan gambaran visual dari redaman fiber optik sepanjang sebuah link yang diplot pada sebuah layar dengan jarak digambarkan pada sumbu X dan redaman pada sumbu Y. Pada jaringan yang menggunakan splitter, pengukuran dilakukan persegmen. Secara umum fungsi dari OTDR adalah mengukur redaman, mengukur loss sambungan, mengukur loss antar dua titik, mengukur jarak kabel, dan melokalisir gangguan. Informasi mengenai redaman, loss sambungan, loss konektor dan lokasi gangguan serta loss antara dua titik dapat diketahui dari display OTDR.



Gambar 2.7 OTDR

#### - Cara Kerja OTDR

1. OTDR memancarkan pulsa-pulsa cahaya dari sebuah sumber dioda laser kedalam sebuah serat optik.
2. Sebagian sinyal-sinyal dikembalikan ke OTDR, sinyal diarahkan melalui sebuah *beam splitter* ke Detektor Optik dimana sinyal tersebut diubah menjadi sinyal listrik dan ditampilkan pada layar.
3. OTDR mengukur sinyal balik terhadap waktu.

Waktu tempuh dikalikan dengan kecepatan cahaya dalam serat digunakan untuk menghitung jarak atau  $L = v \times t$

3. Tampilan OTDR menggambarkan daya relatif dari sinyal balik terhadap jarak.

**Beberapa fungsi utama OTDR antara lain sebagai berikut:**

1. *Fault localization*

*OTDR* dapat menunjukkan lokasi *fault* atau ketidak normalan lain dalam suatu serat optik. Dengan mengevaluasi grafik redaman terhadap jarak yang ditampilkan, dapat diketahui suatu serat optik dalam kondisi baik atau tidak.

## 2. Evaluasi *power kalkulasi*

*OTDR* dapat digunakan untuk perhitungan dan pengecekan total *Loss*, dimana hasil tersebut akan digunakan untuk analisis power kalkulasi suatu serat optik.

## 3. Menghitung faktor redaman serat optik

Faktor redaman serat optik (dB/km) merupakan salah satu parameter yang menjadi penentu kualitas suatu serat optik. *OTDR* dapat mengukur redaman sebelum dan setelah instalasi sehingga dapat memeriksa adanya ketidak normalan seperti bengkokan (*bend*).

## 4. Evaluasi *splicing* dan konektor

Dengan membandingkan redaman yang ditimbulkan terhadap referensi redaman yang ditoleransikan. Dapat diketahui suatu sambungan atau konektor berfungsi dalam keadaan baik atau tidak.

## **2. Alat Ukur Daya**

Level daya dengan satuan dBm ini merupakan salah satu faktor terpenting yang dapat mempengaruhi redaman kabel, semakin kecil daya yang diberikan pada sistem komunikasi serat optik maka semakin kecil daya yang ditangkap oleh detector optik yang mengakibatkan waktu dalam penyampaian informasi semakin lama. Untuk pengukuran level daya pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan 2 unit yaitu unit pertama yang berfungsi sebagai transivier

adalah menggunakan *Optical Light Source* dan unit kedua berfungsi sebagai receiver menggunakan *Optical Power Meter*.

*Optical Power Meter* dipakai untuk mengukur total loss pada sebuah link optic baik pada saat instalasi (uji akhir) atau pemeliharaan. Redaman diukur dalam satuan decibel (dB). Loss atau redaman dinyatakan dalam :

$$L \text{ (dB)} = P_{in} \text{ (dBm)} - P_{out} \text{ (dBm)} \text{ atau } L \text{ (dB)} = 10 \times \text{Log} (P_{in} / P_{out}).$$



Gambar 2.8 Optical Power Meter

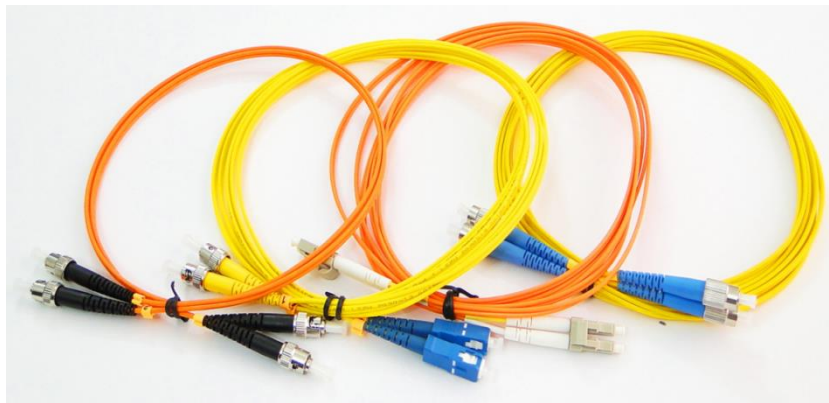


Gambar 2.9 Optical Light Source



### 3. Patchcord

**Patchcord** adalah **kabel fiber optik** dengan panjang tertentu yang sudah terpasang konektor di ujungnya. digunakan untuk menghubungkan antar perangkat atau ke koneksi telekomunikasi. **Patch cord** adalah **kabel fiber** indoor yang dipakai hanya untuk di dalam ruangan saja. Ada yang simplex (1 core) dan ada pula yang duplex (2 core), Single mode dan Multimode. **Patch cord** mempunyai banyak sekali jenis konektor, karena masing-masing perangkat / alat yang digunakan mempunyai tipe yang berbeda pula disesuaikan dengan kebutuhan.



Gambar 2.10 Patchcord

### 4. Konektor

Konektor optik merupakan salah satu perlengkapan kabel serat optik yang berfungsi sebagai kabel serat optik sebagai penghubung serat. Konektor ini mirip dengan konektor listrik dalam hal fungsi dan tampilan luar tetapi konektor pada serat optik memiliki ketelitian yang lebih tinggi.

Konektor diperlukan apa bila sewaktu-waktu serat akan dilepas saat diperlukan suatu penggantian *transmitter* atau *receiver* maupun untuk melakukan suatu kegiatan perawatan maupun pengukuran.



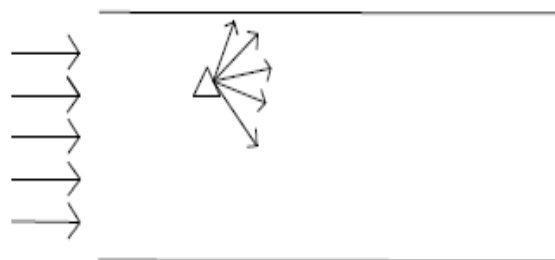
Gambar 2.11 Konektor

## 2.3 Rugi-Rugi dan Dispersi di Dalam Fiber Optic

### 2.3.1 Rugi-Rugi di Dalam Fiber

#### 1. Rugi-Rugi Penyebaran *Rayleigh*

Penyebaran Rayleigh terjadi sebagai akibat tidak homogenya indeks bias pada core serat optik. Bilamana pada core serat optik terjadi perubahan indeks bias yang lebih pendek daripada panjang gelombang sinar yang dirambatkan, maka akan terjadi hamburan.



Gambar 2.12. Penyebaran Rayleigh

Rumus yang digunakan untuk rugi-rugi penyebaran *rayleigh*, sebagai berikut:

$$\alpha_S = \frac{34.748 \pi^3 (n^2 - 1)^2 k_B T_f \beta_T}{\lambda^4}$$

Dengan:

$\alpha_S$  = Rugi-rugi *Rayleigh* (dB)

$\beta_T$  = Koefisien kemampatan isothermis bahan =  $7 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$

$n$  = Indeks bias inti = 1,46

$k_B$  = Konstanta Boltzman =  $1,38 \times 10^{-23} \text{ Joule} / ^\circ \text{K}$

$T_f$  = Suhu dimana fluktuasi kerapatan melebur dalam glass = 1400 K

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

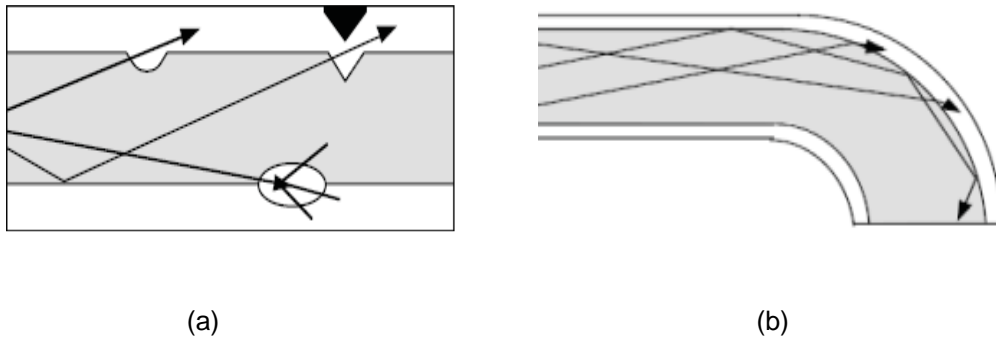
## 2. Rugi-rugi Pembengkokan (*Bending Losses*)

Ada dua jenis pembengkokan yang menyebabkan rugi-rugi dalam fiber, yaitu pembengkokan-mikro (*microbending*) dan pembengkokan-makro (*macrobending*). Keduanya timbul karena alasan yang berbeda, dan menimbulkan rugi-rugi dengan dua macam mekanisme yang berbeda pula.

*Microbending* seperti terlihat pada Gambar 2.13(a), merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh efek mikroskopik karena cacat pada batas *corecladding*. Cacat tersebut diakibatkan oleh fabrikasi kabel yang kurang baik, kesalahan selama pengkabelan, suhu rendah dan ada bagian serat yang tertekan sesuatu. *Microbending* lebih sulit untuk dideteksi karena jari-jari kelengkungan mendekati jari-jari inti serat optik, sehingga mengakibatkan adanya kopling daya antar mode. Rugi *microbending* dikurangi dengan menggunakan jaket pelindung serat yang fleksibel.

*Macro bending* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.13(b), dapat diartikan sebagai rugi-rugi yang terjadi jika jari-jari kelengkungan jauh lebih besar dari jari-jari inti serat optik. Hal ini disebabkan oleh efek makroskopik seperti adanya

belokan kecil pada serat itu sendiri, dan juga karena penanganan dan instalasi yang kurang baik saat penggelaran kabel di lapangan.



Gambar 2.13. (a) *Microbending*, (b) *Macrobending*

## 2.1. Parameter yang Berpengaruh

Terdapat beberapa parameter berpengaruh pada daya hilang di serat optik melengkung. Parameter tersebut yaitu *fiber strength*, *bend radius*, *Numerical Aperture* (NA), dan jumlah lilitan.

### 2.1.1. *Fiber Strength*

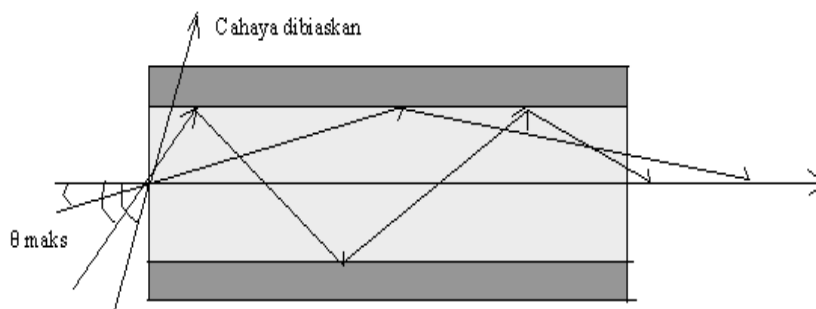
Tekanan yang cukup kuat pada serat optic sangat berpengaruh. Biasanya tekanan-tekanan terjadi pada serat optik yang ditanam di dalam tanah. Semakin sering serat optik mengalami tekanan, semakin banyak cahaya yang merambat keluar dari inti serat optik.

### 2.1.2. *Radius Lengkungan*

Ukuran radius lengkungan pada serat optic sangat mempengaruhi daya yang hilang pada terjadi saat radius lengkungan semakin mengecil. Besarnya daya sebanding dengan banyaknya jumlah modus yang masih menjalar pada serat. Oleh karena itu, biasanya untuk mengatasi masalah *macrobending*, semua serat optik memiliki batas *minimum bend radius* (*critical radius*).

### 2.1.3. Numerical Aperture (NA)

*Numerical Aperture* (NA) tergantung dari jenis serat yang digunakan. Sudut penerimaan pada serat plastik lebih besar dibanding serat kaca. NA dapat diartikan sebagai parameter serat yang merepresentasikan besar sudut penerimaan maksimum di mana berkas cahaya masih dapat diterima dan merambat di dalam inti serat. Semakin besar NA maka akan semakin banyak jumlah cahaya yang diterima serat. Besar NA tergantung pada karakteristik indeks bias inti dan *cladding* seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. *Numerical Aperture* (NA)

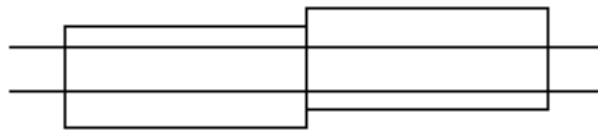
### 2.1.4. Jumlah Lilitan

Dalam sambungan kabel serat optik, banyak lilitan serat optik di baki *enclosure* mempengaruhi besar daya hilang. Semakin banyak lilitan maka akan semakin besar pula cahaya di dalam serat optik yang berbelok dari arah transmisi semula dan kemudian akan hilang. Hal ini menimbulkan redaman yang cukup besar dalam transmisi menggunakan serat optik.

## 3. Rugi-rugi Penggandengan Ragam (*Mode Coupling Losses*)

Daya yang sudah dilepaskan dengan baik ke dalam suatu ragam yang merambat mungkin kemudian digandengkan ke dalam suatu ragam bocor atau

ragam radiasi pada sebuah titik yang agak jauh pada fiber. Efek penggandengan ini dapat terjadi karena rugi-rugi ini timbul pada saat serat optik dikopel/disambungkan dengan sumber cahaya atau photo detector. Rugi-rugi coupling dapat diperkecil dengan penambahan lensa di depan sumber cahaya atau pembentukan permukaan tertentu (misalnya *spherical-surface*) pada sumber cahaya atau ujung fiber.



Gambar 2.1.5. Penggandengan ragam (*Mode Coupling*)

Rugi-rugi (*Loss*) penggandengan ragam secara umum sebagai berikut:

$$\mu = P_{in} / P_{out}$$

maka

$$L = -10 \log \mu$$

Dengan :

$P_{in}$  = Daya yang dimasukkan ke dalam serat optik (Watt)

$P_{out}$  = Daya yang dipancarkan oleh sumber cahaya (Watt)

$\mu$  = Efisiensi penyambungan

atau

$$L = -10 \log \eta$$

Dimana :

$$\eta = \frac{2}{\pi} \left[ \cos^{-1} \frac{d}{2a} - \frac{d}{2a} \sqrt{1 - \left( \frac{d}{2a} \right)^2} \right]$$

Dengan :

$L$  = Rugi-rugi (dB)

$d$  = lebar antara sambungan ( $\mu\text{m}$ )

$a$  = lebar kabel fiber (cm)

$\eta$  = efisiensi

#### 4. Rugi-rugi Penyambungan

Rugi-rugi penyambungan dengan *fusion splice*. Rugi-rugi ini ditimbulkan sebagai akibat tidak sempurnanya kegiatan penyambungan (*splice*) sehingga sinar dari serat optik yang satu tidak dapat dirambatkan seluruhnya ke dalam serat yang lainnya. Beberapa kesalahan penyambungan yang menimbulkan rugi-rugi:

- Sambungan kedua serat optik membentuk sudut
- Sumbu kedua serat optik tidak sejajar
- Sumbu kedua serat optik berimpit namun masih ada celah diantaranya
- Ada perbedaan ukuran antara kedua serat optic yang disambung

#### 5. Penyerapan Bahan

Tiga mekanisme yang berbeda memberikan sumbangannya pada rugi-rugi penyerapan (*absorption losses*) dalam fiber gelas. Ini adalah berturut-turut penyerapan ultraviolet, penyerapan infra merah, dan penyerapan resonansi ion.

##### 2.3.2 Dispersi

Ada tiga macam dispersi pada fiber, yang disebabkan oleh tiga mekanisme, yaitu:

1. Dispersi Antar Ragam

Timbulnya dispersi antar ragam karena alur total yang ditempuh oleh suatu sinar pada setiap ragam adalah zigzag, dan mempunyai panjang total yang berbeda dari setiap sinar-sinar ragam yang lain.

## 2. Dispersi Bahan

Sebagai akibat dari dispersi bahan, bila pulsa cahaya yang dipancarkan mengandung komponen-komponen dengan beberapa panjang gelombang yang berbeda yang terpusat pada suatu panjang gelombang tengah.

## 3. Dispersi *Waveguide*

Jika fiber dapat dioperasikan sedemikian sehingga dispersi antar-ragam dan bahan keduanya dihilangkan, maka mekanisme dispersi yang ketiga akan menjadi penting, hal ini mencegah dicapainya keadaan tanpadispersi total, kecuali untuk kasus cahaya monokromatis yang ideal.

## **2.4 Atenuasi**

Cahaya yang merambat dalam serat optic intensitasnya akan berkurang, pengurangan intensitas ini disebut atenuasi. Atenuasi disebabkan oleh penyerapan cahaya oleh bahan material serat optik serta penghamburan cahaya. Besarnya atenuasi tergantung jarak yang ditempuh dan karakteristik bahan serat optik.

## **2.5 Sumber Cahaya untuk Fiber Optic**

Sumber cahaya untuk optik fiber adalah LED. LED merupakan alat yang memancarkan cahaya pada frekuensi-frekuensi tertentu, karena dalam operasinya, elektron-elektron yang dipicu (*excited*) yang bebas untuk menghantarkan berkombinasi kembali (*recombine*) dengan lubang-lubang (*holes*) dan masing-masing melepaskan sebuah foton cahaya dalam proses tertentu. Foton cahaya ini adalah hasil dari konversi energy potensial elektron, ketika elektron tersebut



terjebak oleh atom yang mengandung lubang. Spektrum cahaya dinyatakan dalam panjang gelombang dan bukannya frekuensi, tetapi keduanya dihubungkan oleh persamaan

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

dimana,

f = Frekuensi (Hz)

c = Kecepatan Cahaya =  $3 \times 10^8$  m/s

$\lambda$  = Panjang Gelombang (m)

## 2.6 Konektor

Konektor fiber digunakan untuk menyambungkan dua ujung fiber optik, yang digunakan pada titik-titik di mana fiber berakhir pada pemancar dan penerima. Karena sebuah fiber harus selalu berakhir pada sebuah pemancar di salah satu ujungnya dan pada sebuah penerima di ujung yang lain sehingga terdapat rugi pada konektor. Faktor yang mempengaruhi rugi dalam konektor pada suatu panjang kabel, yaitu:

- Ketidaksesuaian ukuran inti
- Kesalahan letak inti melintang
- Pemisahan celah memanjang
- Rugi-rugi celah optis
- Kesalahan letak sudut
- Persiapan ujung fiber yang tidak sempurna
- Kotoran

Redaman dari konektor fiber optik didefinisikan sebagai berikut :

$$A = -10 \log [P_{\text{out}} / P_{\text{in}}]$$

Dimana:

A = atenuasi (dB)

Pin = daya optik sebelum titik koneksi (Watt)

Pout = daya optik setelah titik koneksi (Watt)

Perhitungan redaman serat optik berdasarkan hasil pengukuran daya dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Loss (dB / km)} = \frac{(P_{in} - P_{out})}{L}$$

Dimana :

Pin = daya terima (dBm)

Pout = daya pancar (dBm)

L = panjang kabel (km).

Redaman kabel serat optik dihitung menggunakan persamaan :

$$\alpha_f \text{ (dB)} = \text{pjpg (km)} \times \text{Loss kabel (dB)}$$

Redaman pada *splice* dihitung menggunakan persamaan :

$$\alpha_{Sp} \text{ (dB)} = \text{jlh splice} \times \text{loss splice (dB)}$$

Redaman pada konektor dihitung menggunakan persamaan :

$$\alpha_c \text{ (db)} = \text{konektor} \times \text{Loss (dB)}$$

Berdasarkan redaman di atas, maka akan didapatkan redaman total yang dihitung menggunakan persamaan :

$$\Sigma \text{ Loss} = (\alpha_f + \alpha_{Sp} + \alpha_c)$$

Perhitungan *link power budget*, terhadap nilai daya receiver, menggunakan persamaan :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{ Loss} + \text{Margin})$$

Dimana

$P_{Rx}$  = daya terima (dBm)

$P_{Tx}$  = daya pancar (dBm)

$\Sigma Loss$  = redaman total (dB)

Margin kompensasi daya dalam sistem, sebesar  $\pm 3$  dB.

### **2.7. Standar ITU-T**

Menurut rekomendasi ITU-T, kabel serat optik harus mempunyai koefisien redaman 0.5 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0.4 dB/km untuk panjang gelombang 1550 nm. Tapi besarnya koefisien ini bukan merupakan nilai yang mutlak, karena harus mempertimbangkan proses pabrikasi, desain komposisi *fiber*, dan desain kabel. Untuk itu terdapat *range* redaman yang masih diijinkan yaitu 0.4 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0.3 dB/km untuk panjang gelombang 1550 nm.

Selain itu, koefisien redaman mungkin juga dipengaruhi spektrum panjang gelombang yang diperoleh dari hasil pengukuran pada panjang gelombang yang berbeda. Redaman *fiber* saat ini dapat ditampilkan pada kurva dimana *fiber* dapat dibagi atas 3 *window* atau band :

#### **- Short Wavelength Band (first window)**

Jalur ini berada pada 800 – 900 nm yang merupakan awal ditemukannya *fiber* optik pada tahun 1970an dan awal 1980an. Jalur ini dapat menghemat biaya dalam hal sumber optik dan detekornya.

#### **- Medium wavelength band (second window)**

Jalur ini berada pada 1310 nm dimana digunakan pada pertengahan tahun 1980. Pada kondisi ini dispersinya 0 (pada *fiber single mode*). Biaya sumber dan detector optiknya lebih mahal namun redam fibernya adalah 0,4 dB/km.

**- *Long wavelength band (third window)***

Jalur ini berada pada 1510 nm dan 1600 nm yang mulai digunakan pada tahun 1990an hingga sekarang, dengan redaman terendah yang berada pada panjang gelombang 1550 nm. Sebagai tambahan, penguat optik digunakan pada jalur ini.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Adapun penelitian ini dilaksanakan di PT. INDOSAT, Tbk yang berada di JL. Perintis Kemerdekaan No. 39 Medan. Dalam melakukan penelitian tentang Redaman Optik ini dilakukan selama empat bulan. Pada bulan Februari saya melakukan studi Literatur berupa mengumpulkan beberapa jurnal dan buku untuk dijadikan materi dalam penulisan. Pada bulan Maret-April saya melakukan survey ke lokasi penelitian beserta meminta ijin untuk melakukan penelitian, kemudian saya melakukan pengujian dan pengambilan data menggunakan alat OTDR tersebut yang dilakukan pada setiap *core*. Kemudian pada bulan Mei saya melakukan analisa dan perhitungan data hasil penelitian.

#### **3.2 Peralatan Penelitian**

Adapun peralatan penelitian yang digunakan oleh penulis di dalam penelitian Redaman kabel optic di PT. INDOSAT, Tbk, yaitu :

1. Satu Unit Laptop  
Merk : ACER Aspire E1 - 471 series  
Processor : Intel (R) Core TM i3 2348M @ 2.3 GHz  
Installed memory (RAM) : 2.00 GB  
System tytpe : 32-bit Operating System
2. Satu unit OTDR  
Merk/Type : YOKOGAWA

3. Satu unit Optical Power Meter dan Optical Light Source

Merk : JDSU

### 3.3 Data Penelitian

Adapun data penelitian yang didapat oleh penulis di dalam penelitian Redaman kabel optic di PT. INDOSAT, Tbk yaitu :

Tabel 3.2 Data Penelitian

No	Keterangan	Data Penelitian
1	Bit Rate	300 Gbps
2	Jarak dan Panjang Kabel	11.846 Km
3	Panjang Gelombang ( $\lambda$ )	1310 nm
4	Jumlah splice	1 Splice
5	Redaman Kabel ( $a_f$ )	0,3 dB
6	Redaman <i>Splicing</i> ( $a_s$ )	$\leq 0,1$ dB / Splice
7	Redaman Konektor ( $a_c$ )	$\leq 0,5$ dB / Konektor
8	Rise Time Transmitter ( $t_{tx}$ )	35 ps
9	Rise Time Receiver ( $t_{rx}$ )	35 ps
10	Dispersikromatis (D)	4 ps / (nm.km)
11	Lebar Spektral ( $\sigma_\lambda$ )	0.1 nm

### 3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara-cara teknik / penjabaran suatu analisa/perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian.

Adapun langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Studi Literatur

Meliputi studi mengenai pengertian kabel optic, macam – macam redaman yang terjadi serta penyebabnya dan alat – alat yang dipakai dalam pengukurannya

## 2. Pengumpulan Data

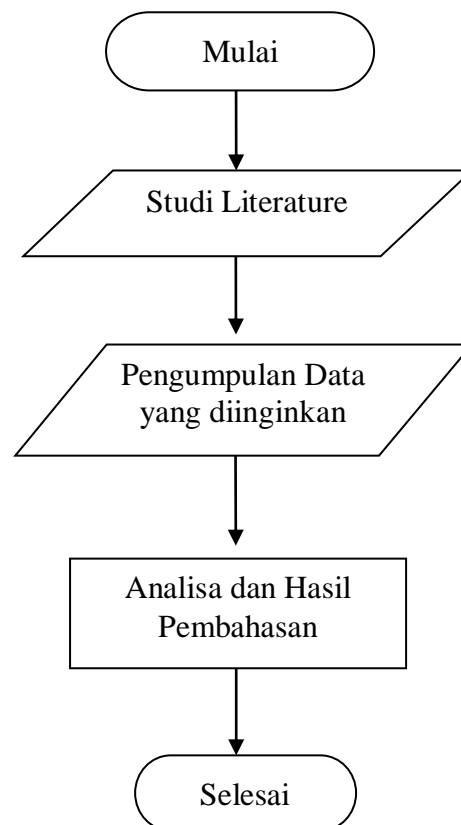
Meliputi pengambilan dan pengumpulan data yang didapat pada instansi PT. INDOSAT, Tbk Medan.

## 3. Pengolahan Data dan Analisa

Menganalisis besar redaman yang pada jaringan kabel optic dengan menggunakan perhitungan berdasarkan formula yang ada sehingga didapat nilai-nilai atau parameter-parameter yang dimaksud.

### 3.5 *Flowchart* Penelitian

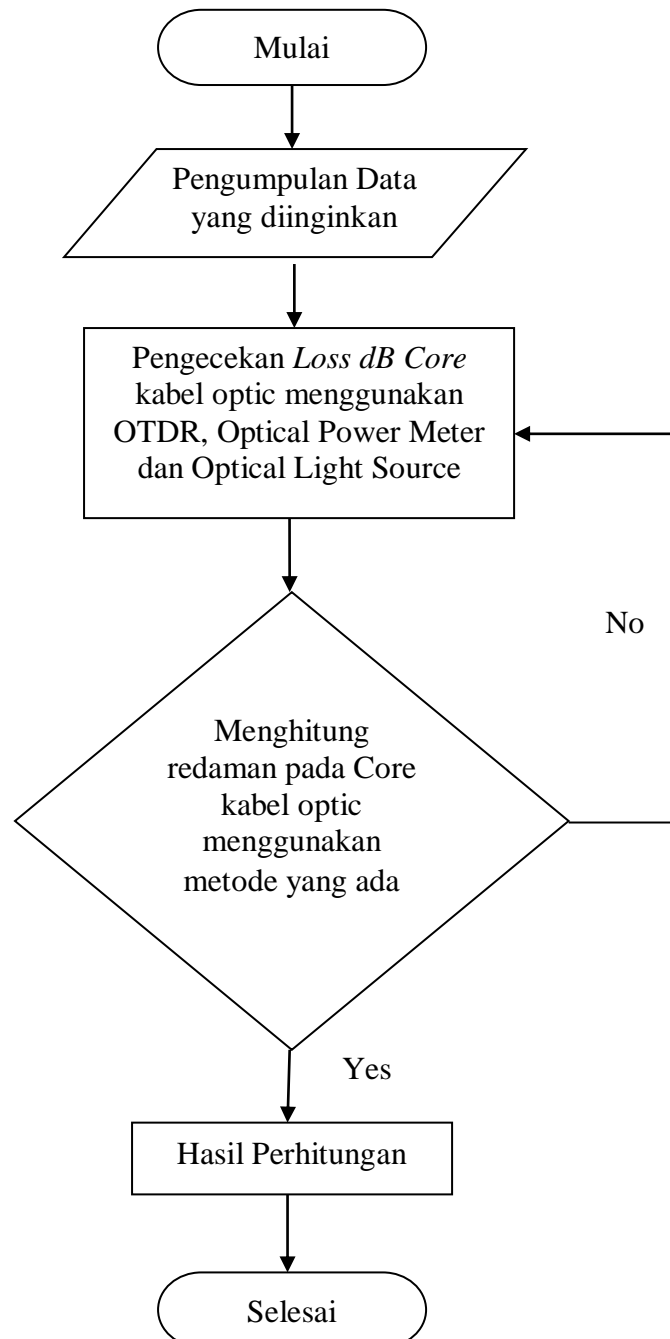
Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.6 Flowchart Analisa Data Penelitian

Adapun proses berlangsungnya analisa data penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchart* berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram alir analisa data penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Redaman Fiber Optic

Analisa perhitungan rugi-rugi fiber optic berdasarkan nilai data yang diperoleh dari hasil penelitian di PT. Indosat, Tbk Divisi BackBone. Adapun hasil yang diperoleh berupa data pengukuran dan perhitungan.

Secara umum, redaman pada fiber optik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu redaman karena bahan fiber itu sendiri dan redaman sebagai akibat digunakannya fiber optik sebagai media transmisi. Perbandingan daya yang digunakan dalam sistem transmisi serat optic didapat dengan menerapkan fungsi logaritma antara jumlah daya optik yang dikirimkan oleh sumber cahaya dan jumlah daya optik yang diterima oleh detektor.

Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan OTDR dan pengukuran dilakukan pada *Link* GI Indosat – BSC Indosat Cempaka yang terdiri dari 24 *Core* sehingga pengukuran dilakukan sebanyak 24 kali menggunakan panjang gelombang 1310nm dengan standarisasi 0,3 dB/Km, maka didapatkan hasil pengukuran redaman total seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Dengan Menggunakan OTDR dan Hasil  
Perhitungan Redaman Total

NO	LINK	CORE	L (Km)	$a_F$ (dB)	$\alpha$ (dB / Km)
1	GI Indosat - BSC Cempaka	1	11.846	3.652	0.131
2		2	11.846	3.616	0.128
3		3	11.846	3.545	0.122
4		4	11.846	3.569	0.124
5		5	11.846	3.569	0.124
6		6	11.846	3.628	0.129
7		7	11.846	4.600	0.211
8		8	11.846	3.545	0.122
9		9	11.846	3.450	0.114
10		10	11.846	3.415	0.111
11		11	11.846	7.679	0.471
12		12	11.846	3.652	0.131
13		13	11.846	3.593	0.126
14		14	11.846	3.557	0.123
15		15	11.846	3.865	0.149
16		16	11.846	3.770	0.141
17		17	11.846	2.242	0.012
18		18	11.846	2.278	0.015
19		19	11.846	2.349	0.021
20		20	11.846	2.230	0.011
21		21	11.846	2.112	0.001
22		22	11.846	2.349	0.021
23		23	11.846	3.273	0.099
24		24	11.846	2.147	0.004

Dari pengambilan atau pengukuran data yang tertera pada tabel diatas pada salah satu *link* kabel optic yang berjumlah 24 *core* dan memiliki 1 sambungan dengan standar yang ditetapkan pada redaman kabel ( $a$ ) 0,3 dB, redaman *splicing* ( $a_s$ ) 0,1 dB, dan redaman konektor ( $a_c$ ) 0,5 dB. Sehingga perhitungan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$a_{ST} = a_s \cdot Y$$

$$a_{CT} = a_c \cdot X$$

Dimana :

$a_F$  : Redaman total (dB)

L : Panjang kabel (km)

$a$  : Redaman serat optik (dB/km)

$a_s$  : Redaman *splicing* (dB)

Y : Jumlah *splicing*

$a_{ST}$  : Redaman total *splicing* (dB)

$a_c$  : Redaman konektor (dB)

X : Jumlah konektor

$a_{CT}$  : Redaman total konektor (dB)

1. Perhitungan redaman total sambungan :

$$a_{ST} = a_s \cdot Y$$

$$= 0,1 \cdot 1$$

$$= 0,1 \text{ dB}$$

2. Perhitungan redaman total pada konektor :

$$\begin{aligned} a_{CT} &= a_c \cdot X \\ &= 0,5 \cdot 4 \\ &= 2 \text{ dB} \end{aligned}$$

3. Perhitungan redaman total *core* 1 :

$$\begin{aligned} a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\ &= (11.846 \cdot 0.131) + (0,1 + 2) \\ &= 1.552 + 2,1 \\ &= 3.652 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 2 :

$$\begin{aligned} a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\ &= (11.846 \cdot 0.128) + (0,1 + 2) \\ &= 1.516 + 2,1 \\ &= 3.616 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 3 :

$$\begin{aligned} a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\ &= (11.846 \cdot 0.122) + (0,1 + 2) \\ &= 1.445 + 2,1 \\ &= 3.545 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 4 :

$$\begin{aligned} a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\ &= (11.846 \cdot 0.124) + (0,1 + 2) \end{aligned}$$

$$= 1.469 + 2,1$$

$$= 3.569 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core 5* :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.124) + (0,1 + 2)$$

$$= 1.469 + 2,1$$

$$= 3.569 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core 6* :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.129) + (0,1 + 2)$$

$$= 1.528 + 2,1$$

$$= 3.628 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core 7* :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.211) + (0,1 + 2)$$

$$= 2.5 + 2,1$$

$$= 4.6 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core 8* :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.122) + (0,1 + 2)$$

$$= 1.445 + 2,1$$

$$= 3.545 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core* 9 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.114) + (0,1+ 2) \\
 &= 1.35 + 2,1 \\
 &= 3.45 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 10 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.111) + (0,1+ 2) \\
 &= 1.315 + 2,1 \\
 &= 3.415 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 11 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.471) + (0,1+ 2) \\
 &= 5.579 + 2,1 \\
 &= 7.679 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 12 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.131) + (0,1+ 2) \\
 &= 1.552 + 2,1 \\
 &= 3.652 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 13 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.126) + (0,1+ 2)
 \end{aligned}$$

$$= 1.493 + 2,1$$

$$= 3.593 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core* 14 :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.123) + (0,1 + 2)$$

$$= 1.457 + 2,1$$

$$= 3.557 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core* 15 :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.149) + (0,1 + 2)$$

$$= 1.765 + 2,1$$

$$= 3.865 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core* 16 :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.141) + (0,1 + 2)$$

$$= 1.67 + 2,1$$

$$= 3.77 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core* 17 :

$$a_F = (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT})$$

$$= (11.846 \cdot 0.012) + (0,1 + 2)$$

$$= 0.142 + 2,1$$

$$= 2.242 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core* 18 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.015) + (0,1 + 2) \\
 &= 0.178 + 2,1 \\
 &= 2.278 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 19 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.021) + (0,1 + 2) \\
 &= 0.249 + 2,1 \\
 &= 2.349 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 20 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.011) + (0,1 + 2) \\
 &= 0.13 + 2,1 \\
 &= 2.23 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 21 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.001) + (0,1 + 2) \\
 &= 0.012 + 2,1 \\
 &= 2.112 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core* 22 :

$$\begin{aligned}
 a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\
 &= (11.846 \cdot 0.021) + (0,1 + 2)
 \end{aligned}$$



$$= 0.249 + 2,1$$

$$= 2.349 \text{ dB}$$

Perhitungan redaman total *core 23* :

$$\begin{aligned} a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\ &= (11.846 \cdot 0.099) + (0,1 + 2) \\ &= 1.173 + 2,1 \\ &= 3.273 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan redaman total *core 24* :

$$\begin{aligned} a_F &= (L \cdot a) + (a_{ST} + a_{CT}) \\ &= (11.846 \cdot 0.004) + (0,1 + 2) \\ &= 0.047 + 2,1 \\ &= 2.147 \text{ dB} \end{aligned}$$

#### 4.2 Analisa Daya Terima dan Persentase Daya Hilang

Berdasarkan hasil perhitungan redaman per kilometer maka didapatkan perhitungan daya terima dan persentase daya hilang pada transmisi jaringan tersebut. Berikut ini merupakan ilustrasi sepanjang transmisi perkilometer :



Gambar 4.1 Ilustrasi Jarak

Perhitungan daya hilang sepanjang transmisi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin)$$

Dimana

$P_{Rx}$  = daya terima (dBm)

$P_{Tx}$  = daya pancar (dBm)

$\Sigma Loss$  = redaman total (dB)

Margin kompensasi daya dalam sistem, sebesar  $\pm 3$  dB.

- Perhitungan daya hilang pada *core 1* :

$$\begin{aligned} P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\ &= 100 - (3.652 + 3) \\ &= 100 - 6.652 \\ &= 93.35 \\ &= 93 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core 1* adalah 7%

$$\begin{aligned} \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\ &= 279 \text{ Gbps} \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 2* :

$$\begin{aligned} P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\ &= 100 - (3.616 + 3) \\ &= 100 - 6.616 \\ &= 93.38 \\ &= 93 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core 2* adalah 7%

$$\begin{aligned} \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\ &= 279 \text{ Gbps} \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 3* :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.545 + 3) \\
 &= 100 - 6.545 \\
 &= 93.46 \\
 &= 93 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core 3* adalah 7%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\
 &= 279 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 4* :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.569 + 3) \\
 &= 100 - 6.569 \\
 &= 93.43 \\
 &= 93 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core 4* adalah 7%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\
 &= 279 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 5* :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.569 + 3) \\
 &= 100 - 6.569 \\
 &= 93.43
 \end{aligned}$$

$$= 93 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core 5* adalah 7%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 7\%)$$

$$= 279 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 6* :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (3.628 + 3)$$

$$= 100 - 6.628$$

$$= 93.37$$

$$= 93 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core 6* adalah 7%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 7\%)$$

$$= 279 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 7* :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (4.6 + 3)$$

$$= 100 - 7.6$$

$$= 92.4$$

$$= 92 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core 7* adalah 8%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 8\%)$$

$$= 276 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 8 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.545 + 3) \\
 &= 100 - 6.545 \\
 &= 93.46 \\
 &= 93 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 8 adalah 7%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\
 &= 279 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 9 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.45 + 3) \\
 &= 100 - 6.45 \\
 &= 93.55 \\
 &= 94 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 9 adalah 6%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 6\%) \\
 &= 282 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 10 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.415 + 3) \\
 &= 100 - 6.415 \\
 &= 93.59
 \end{aligned}$$

$$= 93 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 10 adalah 6%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 6\%)$$

$$= 282 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 11 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (7.679 + 3)$$

$$= 100 - 10.679$$

$$= 89.32$$

$$= 89 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 11 adalah 11%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 11\%)$$

$$= 267 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 12 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (3.652 + 3)$$

$$= 100 - 6.652$$

$$= 93.35$$

$$= 93 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 12 adalah 7%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 7\%)$$

$$= 279 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 13 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.593 + 3) \\
 &= 100 - 6.593 \\
 &= 93.41 \\
 &= 93 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 13 adalah 7%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\
 &= 279 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 14 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.557 + 3) \\
 &= 100 - 6.557 \\
 &= 93.44 \\
 &= 93 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 14 adalah 7%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 7\%) \\
 &= 279 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 15 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (3.865 + 3) \\
 &= 100 - 6.865 \\
 &= 93.14
 \end{aligned}$$

$$= 93 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 15 adalah 7%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 7\%)$$

$$= 279 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 16 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (3.77 + 3)$$

$$= 100 - 6.77$$

$$= 93.23$$

$$= 93 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 16 adalah 7%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 7\%)$$

$$= 279 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 17 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (2.242 + 3)$$

$$= 100 - 5.242$$

$$= 94.76$$

$$= 95 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 17 adalah 5%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 5\%)$$

$$= 285 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 18 :



$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (2.278 + 3) \\
 &= 100 - 5.278 \\
 &= 94.72 \\
 &= 95 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 18 adalah 5%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 5\%) \\
 &= 285 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 19 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (2.349 + 3) \\
 &= 100 - 5.349 \\
 &= 94.65 \\
 &= 95 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 19 adalah 5%

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } P_{Rx} &= 300 - (300 \times 5\%) \\
 &= 285 \text{ Gbps}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 20 :

$$\begin{aligned}
 P_{Rx} &= P_{Tx} - (\Sigma Loss + Margin) \\
 &= 100 - (2.23 + 3) \\
 &= 100 - 5.23 \\
 &= 94.77 \\
 &= 95 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 20 adalah 5%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 5\%)$$

$$= 285 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 21 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (2.112 + 3)$$

$$= 100 - 5.112$$

$$= 94.89$$

$$= 95 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 21 adalah 5%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 5\%)$$

$$= 285 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 22 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (2.349 + 3)$$

$$= 100 - 5.349$$

$$= 94.65$$

$$= 95 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core* 22 adalah 5%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 5\%)$$

$$= 285 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core* 23 :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (3.273 + 3)$$

$$= 100 - 6.273$$

$$= 93.73$$

$$= 94 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core 23* adalah 6%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 6\%)$$

$$= 282 \text{ Gbps}$$

- Perhitungan daya hilang pada *core 24* :

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\Sigma \text{ Loss} + \text{Margin})$$

$$= 100 - (2.147 + 3)$$

$$= 100 - 5.147$$

$$= 94.85$$

$$= 95 \text{ dBm}$$

Sehingga *Loss* pada *core 24* adalah 5%

$$\text{Jadi } P_{Rx} = 300 - (300 \times 5\%)$$

$$= 285 \text{ Gbps}$$

Tabel 4.2 Perhitungan Persentase Daya Terima ( $P_{Rx}$ ) serta Persentase Daya Hilang Sepanjang *Link* GI Indosat - BSC Cempaka

<b>CORE</b>	<b>LINK</b>	<b><math>\alpha</math> (dB)</b>	<b><math>P_{Tx}</math> (INPUT)</b>	<b><math>P_{Rx}</math> (OUTPUT)</b>	<b>LOSS (%)</b>
1	GI Indosat - BSC Cempaka	3.652	100	93	7
2		3.616	100	93	7
3		3.545	100	93	7
4		3.569	100	93	7
5		3.569	100	93	7
6		3.628	100	93	7
7		4.6	100	92	8
8		3.545	100	93	7
9		3.45	100	94	6
10		3.415	100	94	6
11		7.679	100	89	11
12		3.652	100	93	7
13		3.593	100	93	7
14		3.557	100	93	7
15		3.865	100	93	7
16		3.77	100	93	7
17		2.242	100	95	5
18		2.278	100	95	5
19		2.349	100	95	5
20		2.23	100	95	5
21		2.112	100	95	5
22		2.349	100	95	5
23		3.273	100	94	6
24		2.147	100	95	5

Tabel 4.3 Perhitungan Data yang Diterima ( $P_{Rx}$ ) Sepanjang  
 Link GI Indosat - BSC Cempaka

<b>CORE</b>	<b>LINK</b>	<b><math>\alpha</math> (dB)</b>	<b><math>P_{Tx}</math> (Gbps)</b>	<b><math>P_{Rx}</math> (Gbps)</b>
1	GI Indosat - BSC Cempaka	3.652	300	279
2		3.616	300	279
3		3.545	300	279
4		3.569	300	279
5		3.569	300	279
6		3.628	300	279
7		4.6	300	276
8		3.545	300	279
9		3.45	300	282
10		3.415	300	282
11		7.679	300	267
12		3.652	300	279
13		3.593	300	279
14		3.557	300	279
15		3.865	300	279
16		3.77	300	279
17		2.242	300	285
18		2.278	300	285
19		2.349	300	285
20		2.23	300	285
21		2.112	300	285
22		2.349	300	285
23		3.273	300	282
24		2.147	300	285

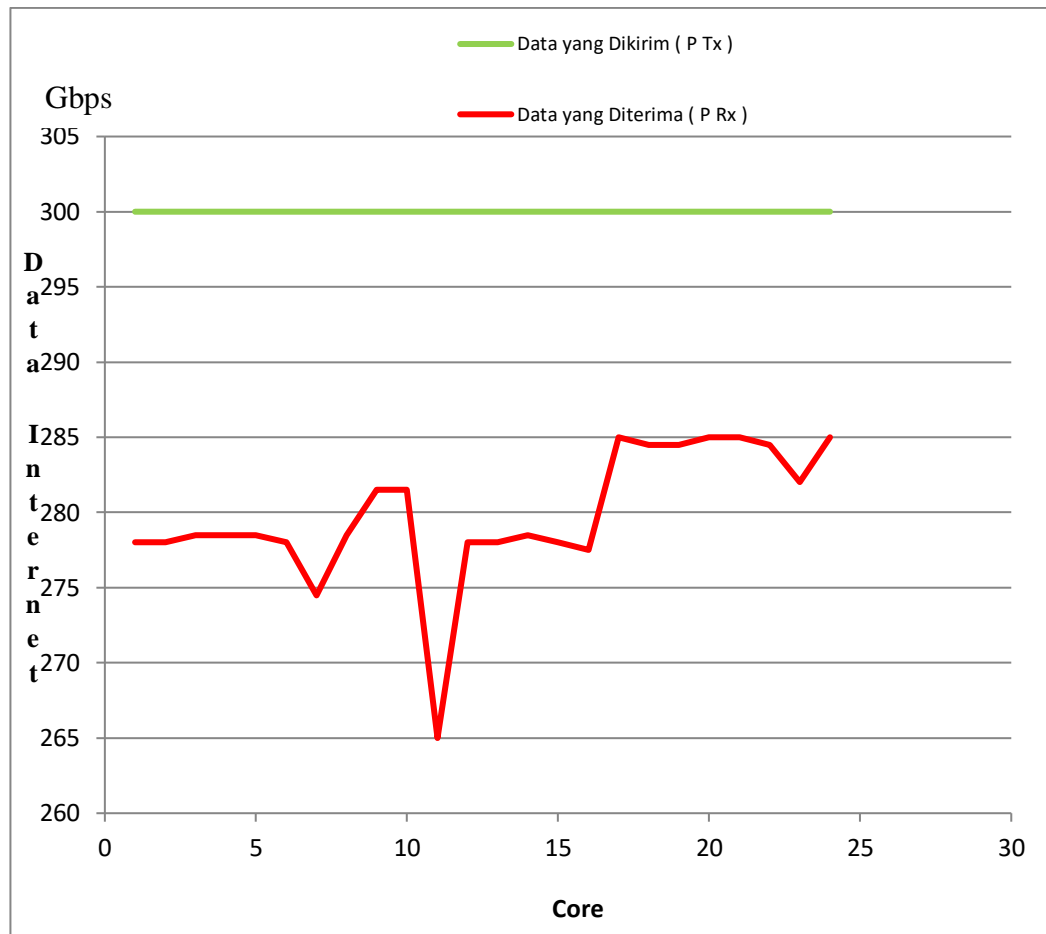
Tabel 4.4 Pengukuran Data yang Diterima ( $P_{Rx}$ ) Menggunakan OTDR

Link GI Indosat - BSC Cempaka

<b>CORE</b>	<b>LINK</b>	<b><math>\alpha</math> (dB)</b>	<b><math>P_{Tx}</math> (Gbps)</b>	<b><math>P_{Rx}</math> (Gbps)</b>
1	GI Indosat - BSC Cempaka	3.652	300	278
2		3.616	300	278
3		3.545	300	278.5
4		3.569	300	278.5
5		3.569	300	278.5
6		3.628	300	278
7		4.6	300	274.5
8		3.545	300	278.5
9		3.45	300	281.5
10		3.415	300	281.5
11		7.679	300	265
12		3.652	300	278
13		3.593	300	278
14		3.557	300	278.5
15		3.865	300	278
16		3.77	300	277.5
17		2.242	300	285
18		2.278	300	284.5
19		2.349	300	284.5
20		2.23	300	285
21		2.112	300	285
22		2.349	300	284.5
23		3.273	300	282
24		2.147	300	285

Tabel 4.5 Perbandingan Data yang Diterima ( $P_{Rx}$ ) Hasil Perhitungan dan Hasil Pengukuran Menggunakan OTDR *Link* GI Indosat - BSC Cempaka

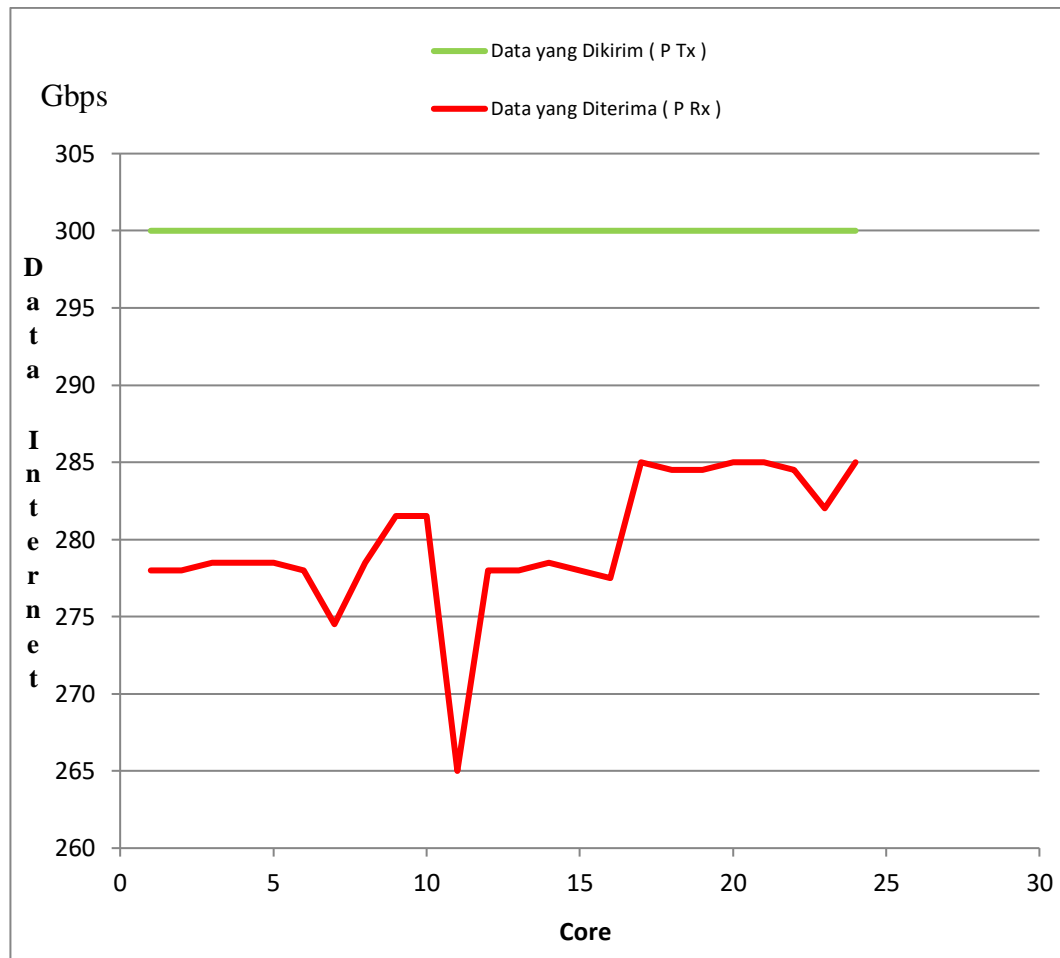
<i>CORE</i>	<i>LINK</i>	<b>P Tx (Gbps)</b>	<b>P Rx (Gbps) Perhitungan</b>	<b>P Rx (Gbps) Pengukuran</b>
1	GI Indosat - BSC Cempaka	300	279	278
2		300	279	278
3		300	279	278.5
4		300	279	278.5
5		300	279	278.5
6		300	279	278
7		300	276	274.5
8		300	279	278.5
9		300	282	281.5
10		300	282	281.5
11		300	267	265
12		300	279	278
13		300	279	278
14		300	279	278.5
15		300	279	278
16		300	279	277.5
17		300	285	285
18		300	285	284.5
19		300	285	284.5
20		300	285	285
21		300	285	285
22		300	285	284.5
23		300	282	282
24		300	285	285



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Data yang Dikirim ( $P_{Tx}$ ) dengan Data yang Diterima ( $P_{Rx}$ ) Hasil Perhitungan

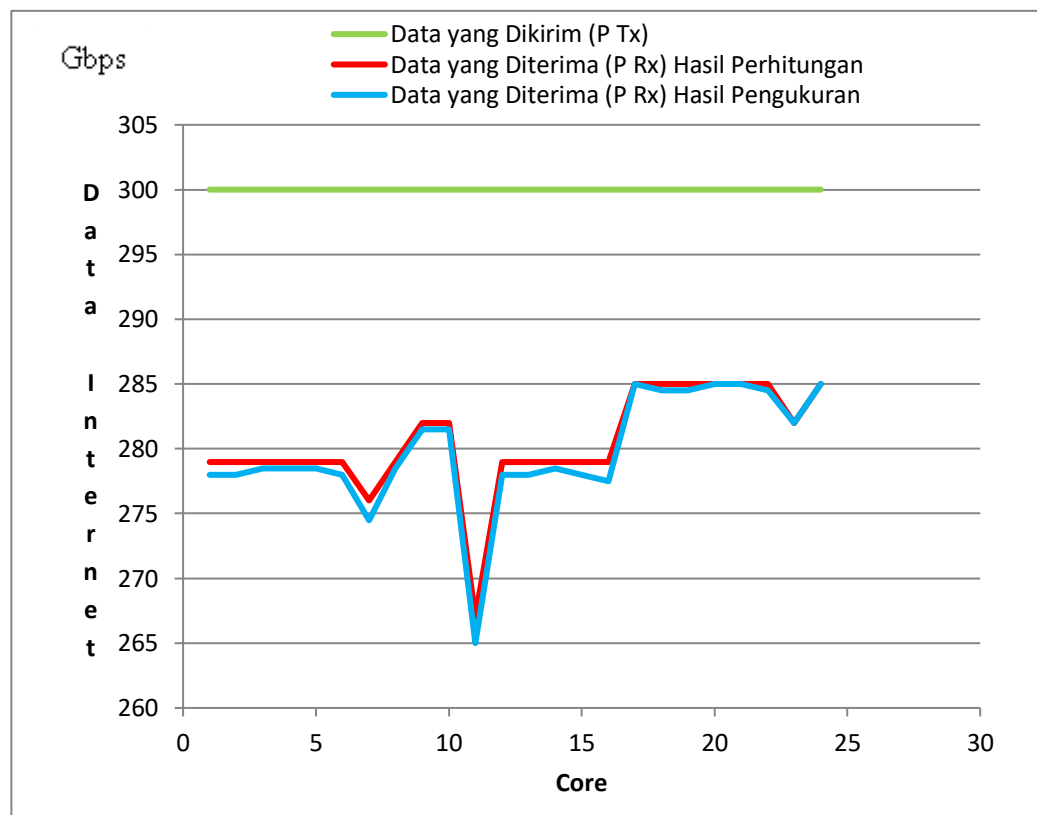
Dari grafik di atas terlihat bahwa data yang terkirim sebesar 300 Gbps, dari hasil perhitungan didapatkan data yang diterima terbesar dengan rata-rata 285 Gbps pada *core* 17,18,19,20,21,22,24. Kemudian pada *core* 11 data yang diterima paling rendah, yaitu 267 Gbps.





Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Data yang Dikirim ( $P_{Tx}$ ) dengan Data yang Diterima ( $P_{Rx}$ ) Hasil Pengukuran

Dari grafik di atas terlihat bahwa data yang dikirim sebesar 300 Gbps, dari hasil pengukuran didapatkan data yang diterima terbesar dengan rata-rata 285 Gbps pada *core* 17,18,19,20,21,22,24. Kemudian pada *core* 11 data yang diterima paling rendah, yaitu 265 Gbps.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Data yang Diterima ( $P_{Rx}$ ) Hasil Perhitungan dan Hasil Pengukuran Menggunakan OTDR *Link* GI Indosat – BSC Cempaka

Dari grafik di atas terlihat bahwa data yang terkirim sebesar 300 Gbps, perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan rata-rata sebesar 0,4%.

### 4.3 Analisa dan Pembahasan

#### 1. Analisa penyambungan kabel optic

Penyambungan kabel optic menggunakan alat *fusion splicer* dimana penyambungan antar *core* kabel optic menggunakan laser dengan tingkat redaman yang cukup kecil dan hasil penyambungan bersifat permanen dengan rata-rata redaman 0,1 dB. Hal tersebut lebih efisien dalam menekan angka redaman daripada menggunakan konektor yang angka redamannya cukup tinggi.

Namun penyambungan menggunakan alat tersebut membutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi. Dari mulai pemotongan hingga pembersihan *core* sebelum disambung kita dapat melihat secara visual, beberapa cacat penyambungan antara lain adalah gelembung udara, hasil potongan *core* yang tidak rata, dan partikel debu yang masih menempel di *core*. Kualitas sambungan yang baik memiliki redaman tidak lebih dari 0,2 dB. Dengan demikian nilai redaman sambungan sangat berpengaruh terhadap data yang diterima sehingga diperlukan hasil sambungan yang nilai redamannya cukup kecil dikarenakan untuk nilai redaman konektor itu sendiri sudah ditetapkan standarisasinya selama konektor tersebut masih layak dipakai.

#### 2. Analisa Hasil Pengukuran OTDR

Berdasarkan hasil pengukuran redaman kabel optic dengan menggunakan OTDR yang dilakukan di PT. Indosat, Tbk *Link* GI Indosat – BSC Cempaka dengan jumlah 24 *core* dengan panjang kabel 11,846 Km, didapatkan *core* dengan nilai redaman total tertinggi yakni pada *core* 11 dengan nilai redaman 7,679 dB dan *core* yang memiliki redaman total terendah pada *core* 21 dengan nilai redaman 2.112 dB.

Dengan nilai redaman terbesar, dimana nilai redaman per kilometer nya sendiri 0,471 dB/Km, hal itu dapat mengakibatkan data yang hilang cukup besar, kemungkinan disebabkan faktor bahan kabel optic yang sudah terlalu lama dan tidak dilakukan pengecekan sambungan secara periodik atau konektor kabel yang sudah lama masa pakainya.

Pada hasil perhitungan diatas, dengan daya input 100% didapat daya output terbesar 95% dengan daya hilang 5% dan daya output terkecil 89% dengan daya hilang 11% di sepanjang *link* transmisi tersebut.

Dengan data input 300 Gbps didapat data yang diterima terbesar yaitu 285 Gbps dan data yang diterima terkecil adalah 267 Gbps. Kemudian terdapat perbedaan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran menggunakan OTDR, hal itu mungkin disebabkan jumlah sambungan yang mungkin berbeda jumlahnya di lapangan atau kualitas bahan konektor yang mulai menurun karena dalam perhitungan dipakai besaran standar yang telah ditetapkan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5. 1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis data yang dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa:

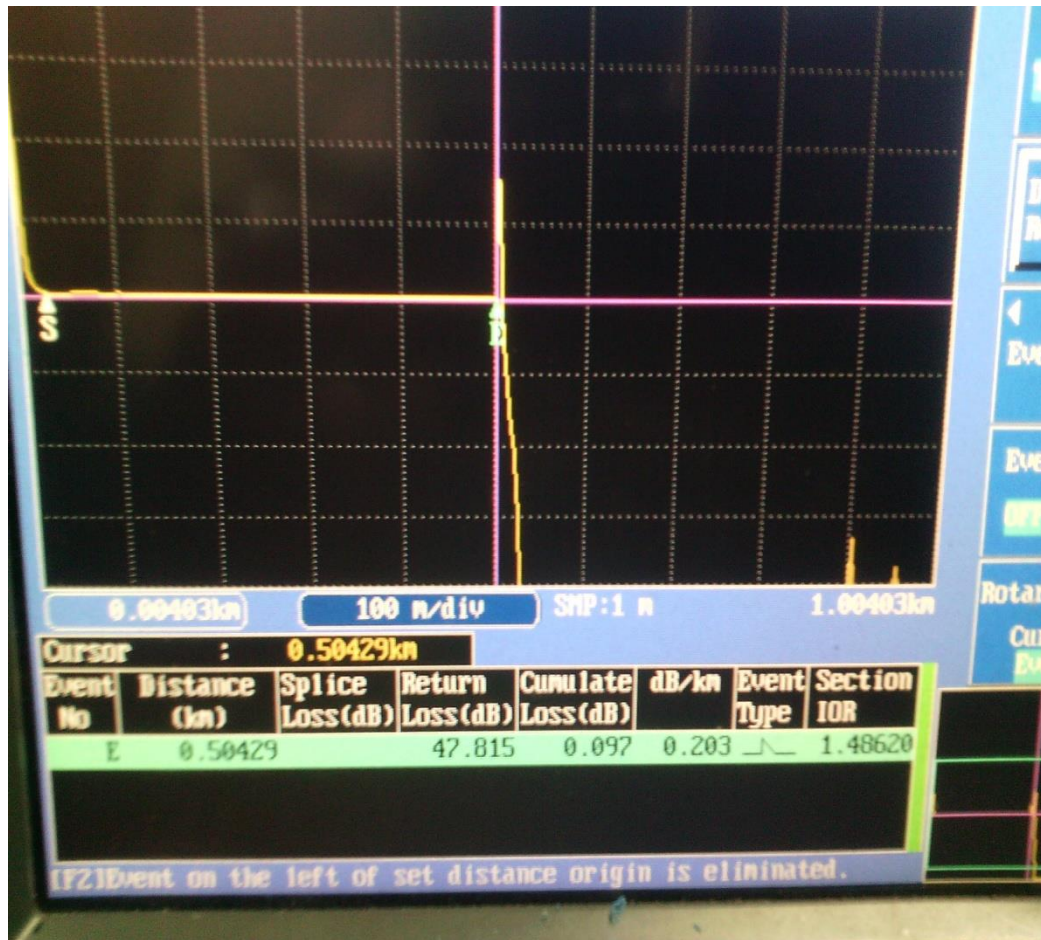
1. Besar rugi-rugi data internet yang terjadi pada kabel fiber optic dengan jumlah 24 *core* dan panjang kabel 11,846 Km, dengan data input 300 Gbps didapat data yang diterima terbesar yaitu 95% dan data yang diterima terkecil adalah 89%.
2. Perbandingan rugi-rugi data internet tidak terlalu jauh antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran, untuk hasil perhitungan dengan data input 300 Gbps maka didapat data yang diterima terbesar yaitu 95% dan data yang diterima terkecil adalah 89%, sedangkan untuk hasil pengukuran dengan data input 300 Gbps didapat data yang diterima terbesar yaitu 95% dan data yang diterima terkecil adalah 88%.
3. Pengaruh redaman konektor pada kabel optic sekitar 0,5 dB, jadi semakin banyak konektor yang digunakan akan mempengaruhi rugi-rugi data internet pada kabel optic, sedangkan untuk *splicing* (sambungan) redaman tergantung bagaimana hasil sambungan menggunakan *fusion splicer* dimana standarisasi redaman 0,1 dB, apabila dalam suatu *link* kabel optic sudah terlalu banyak sambungan akibat kabel putus maka harus dilakukan penarikan kabel baru agar mengurangi rugi-rugi data internet.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya analisa mengenai umur pakai kabel serat optic, sambungan dan konektornya agar dapat diketahui batas pemakaian maksimal agar dapat dilakukan pergantian secara berkala.
2. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat maka diperlukan pengukuran secara kontinyu dan sebaiknya dilakukan pada saat *low traffic*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Modul Pengukuran Kabel Serat Optik dengan Menggunakan OTDR. PT. Telekomunikasi Indonesia,Tbk. *Jurnal Pengukuran Kabel Serat Optik dengan OTDR Beserta Power Kalkulasi Redamannya*.
- B. Ananto. Simulasi Perambatan Cahaya Pada Serat Optik. *Jurnal Tek. Eektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, pp. 1–9, 2005.
- F. Habib, N. Tjahjamooniarsih, and F. T. P. W. Analisa Rugi-Rugi Serat Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer. *Jurnal Sistem Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) pada PT.Telkom Kandatel Ternate*. Vol. 3, No. 1
- F. U. Auzaiy. 2008. Analisis Power Budget Sistem Komunikasi Serat Optik. *Jurnal Sistem Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) pada PT.Telkom Kandatel Ternate*. Vol. 3, No. 1
- ITU-T Recommendation. 1996. *Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks*. Geneva: ITU-T.
- Keiser, Gerd. 2000. Optical Fiber Communications. Edisi Ketiga. Singapore: McGraw Hill. *Jurnal Analisa Redaman Serat Optik terhadap Performansi SKSO Menggunakan metode Link Power Budget*.
- Maulida, Zuhrotul. 2013. Pengukuran Kabel Serat Optik dengan OTDR Beserta Power Kalkulasi Redamannya untuk Wilayah Pekalongan. *Jurnal Tek. Eektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro*.



Lampiran.1. Foto pengukuran menggunakan OTDR