

**Analisis Interkoneksi Perangkat *DWDM* Pada *Link* Fiber Optik**

**Di PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur**



**Disusun Oleh:**

**IMAS GUSTINI**

**5215136245**



**Skripsi Ini Ditulis Untuk memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**




**2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
Drs. Wisnu Djatmiko, MT. NIP.196702141992031001 (Dosen Pembimbing I)	 .....	18/08-2017 .....
Dr. Efri Sandi, MT. NIP. 197502022008121002 (Dosen Pembimbing II)	 .....	21 - 08 - 2017 .....

### PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd NIP. 195608161988031001 (Ketua Penguji)	 .....	18.08-2017 .....
Aodah Lurah, M.Fug. NIP. 197809192005012003 (Sekretaris)	 .....	16.08-2017 .....
Dr. Baso Maruddani, MT. NIP 198305022008011006 (Dosen Ahli)	 .....	18/8-17 .....

Tanggal Lulus: 15 Agustus 2017

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imas Gustini

Nomor Registrasi : 5215136245

Judul Skripsi : Analisis Interkoneksi Perangkat DWDM Pada Link Fiber  
Optik Di PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur

Menyatakan dengan sebenar-sebenarnya bahwa karya tulis ini merupakan hasil dari pemikiran serta penelitian dari saya pribadi dengan arahan dosen pembimbing. Jika ada hasil karya atau pendapat orang lain, maka dengan jelas akan dicantumkan sebagai acuan dalam karya tulis ini.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran terhadap pernyataan yang telah saya buat, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Demikian pernyataan ini saya sampaikan dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Jakarta, 21 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan ini

  
**METERAI  
TEMPEL**  
10L 20  
8888BAEF554480272  
**8000**  
ENAM RIBU RUPIAH  
Imas Gustini  
5215136245

## KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Analisis Interkoneksi Perangkat DWDM pada *Link* Fiber Optik di PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur**".

Secara khusus, ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada:

1. Kepada dosen pembimbing, Bapak Drs. Wisnu Djatmiko, MT dan Bapak Dr. Efri Sandi, MT.
2. Bapak Zainal Ariefin selaku pembimbing di PT Telkom Indonesia.
3. Teristimewa kepada kedua Orang Tua yang selalu mendoakan, dan memberikan banyak motivasi dan dukungannya kepada peneliti.
4. Kepada teman-teman yang memberikan dukungan kepada peneliti, Donna Bellina, Sofia Munjila, Syifa Alvionita, Herlina Pratiwi, Restika Virgina, serta rekan-rekan seperjuangan saya, Haironi Rachmawati, Pratiwi Astuti, dan Asyah Tri Astiningsih .
5. Kepada teman-teman Prodi Pendidikan Teknik Elektronika 2013 yang senantiasa memberikan semangat kepada saya.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Jakarta, Agustus 2017

Peneliti

## ABSTRAK

**Imas Gustini**, Analisis Interkoneksi Perangkat DWDM Pada *Link* Fiber Optik Di PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur. Skripsi, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing: Drs. Wisnu Djatmiko, MT dan Dr. Efri Sandi, MT.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) pada interkoneksi perangkat DWDM dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik yang digabungkan yaitu tipe kabel G.652 dan G.655 pada sebuah *link* fiber.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian ini akan mengukur besar redaman 2 tipe kabel fiber optik, yaitu G.652 dan G.655 pada interkoneksi perangkat DWDM. Kemudian dilakukan analisis berdasarkan teori power *link* budget terhadap variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima. Dimana standar yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada standar perangkat DWDM Alcatel Lucent.

Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan 2 tipe kabel fiber optik yaitu G.652 dan G.655 pada *link* Buaran-TB Simatupang memenuhi spesifikasi perangkat, dengan daya terima sensitivitas sebesar -3 dBm s/d -24dBm. Dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm besar daya yang diterima sebesar -7,557 dBm s/d -13,557 dBm dan pada panjang gelombang 1550 nm sebesar -5,826 dBm s/d -11,826dBm.

### **Kata-kata Kunci:**

DWDM, fiber optik, G.652, G.655

## ABSTRACT

**Imas Gustini.** Analysis of Interconnection DWDM Device On Fiber Optic *Link* In PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur. Essay. Jakarta, Electronic Engineering Education Study Program, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2017. Supervisor: Drs. Wisnu Djatmiko, MT dan Dr. Efri Sandi, MT.

The purpose of this research to analyze the variables that determine the value of power received ( $P_{Rx}$ ) for interconnecting DWDM devices by combining two types of fiber optic cable on a fiber optic *link*, two types of fiber optic cable called G.652 and G.655.

This research is a quantitative research. This research will measure the attenuation of 2 types of fiber optic cable, called G.652 and G.655 on DWDM device interconnection. Then performed an analysis based on power *link* budget theory on the variables that determine the amount of power received. Where the standard used in this research refers to the Alcatel Lucent DWDM device standard.

This research showed that two types of fiber optic cable called G.652 and G.655 on Buaran - TB Simatupang *link* is fulfill the sets of equipment, with a receive power of sensitivity of -3 dBm up to -24 dBm. By using 1310 nm of the wavelength value of power received is -7,557 dBm up to -13,557 dBm and on 1550 nm of the wavelength is -5,826 up to - 11,826 dBm.

**Keywords:**

DWDM, fiber optic, G.652, G.655

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PERNYATAAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Perumusan Masalah .....	5
1.5. Tujuan Penelitian .....	5
1.6. Kegunaan Hasil Penelitian .....	5
1.6.1. Manfaat Teoritis .....	5
1.6.2. Manfaat Praktis.....	6
BAB II.....	7
LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Landasan Teori .....	7
2.1.1. Definisi Analisis .....	7
2.1.2. Definisi Interkoneksi.....	8
2.1.3. Serat optik .....	9
2.1.3.1. Definisi Serat Optik .....	9
2.1.3.2. Jenis – Jenis Kabel Serat Optik .....	11
2.1.3.3. Tipe Kabel Serat Optik .....	12
2.1.3.4. Karakteristik Jaringan Transmisi Fiber Optik .....	17
2.1.3.5. Parameter Kerja untuk Menganalisis Transmisi Serat Optik .....	23
2.1.4. <i>Multiplexing</i> .....	28
2.1.5. <i>Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)</i> .....	29
2.1.5.1. Elemen Jaringan DWDM .....	30

2.1.5.2. Topologi Jaringan DWDM.....	31
2.1.5.3. Modul SFP DWDM Alcatel Lucent .....	34
2.1.6. Alat Ukur Transmisi Optik.....	37
2.1.6.1. OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).....	37
2.1.6.2. OPM (Optical Power Meter) .....	38
2.2. Penelitian Yang Relevan.....	38
2.3. Karangka Konseptual.....	39
2.4. Hipotesis Penelitian .....	40
BAB III.....	40
METODOLOGI PENELITIAN .....	40
3.1. Tujuan Penelitian .....	40
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....	40
3.3. Objek Penelitian .....	40
3.4. Metode Penelitian .....	41
3.5. Variabel Penelitian.....	41
3.6. Rancangan Penelitian.....	42
3.6.1. Topologi Jaringan .....	42
3.6.2. Konsep Alur Pada Pengukuran Interkoneksi Perangkat DWDM .....	45
3.6.3. Spesifikasi Perangkat Dan Media Transmisi .....	46
3.7. Teknik pengumpulan data .....	47
3.8. Prosedur Analisis Data.....	48
BAB IV .....	49
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1. Deskripsi Data .....	49
4.2. Perhitungan Parameter <i>Link</i> Fiber Optik .....	51
4.2.1. Perhitungan dengan Data Pengukuran Panjang Gelombang 1310 nm.....	51
4.2.2. Perhitungan dengan Data Pengukuran Panjang Gelombang 1550 nm.....	53
4.3. Analisis Parameter Jaringan Fiber Optik .....	55
4.3.1. Analisis Variabel yang Menentukan <i>Power Received</i> .....	55
4.3.2. Analisis Total <i>Loss Link</i> BRN-TBS .....	58
4.3.3. Analisis Daya yang Diterima ( <i>Power Received</i> ).....	59
BAB V.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN .....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	62



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1Kabel serat optik.....	10
Gambar 2.2Struktur Serat Optik.....	10
Gambar 2.3Perambatan cahaya <i>dalam single mode fiber</i> .....	12
Gambar 2.4Kurva redaman versus <i>wavelength</i> .....	15
Gambar 2.5 <i>Wavelength</i> versus karakteristik dispersi; dan sejarah pergeseran ( <i>shifted</i> ) zero dispersi dari 1310 nm ke 1550 nm.....	15
Gambar 2.6Window Sistem Komunikasi Serat Optik .....	18
Gambar 2.7Penyebaran Rayleigh .....	20
Gambar 2. 8Transmission <i>Loss</i> .....	26
Gambar 2.9Jaringan yang menggunakan DWDM.....	30
Gambar 2.10Sistem Sederhana Transmisi DWDM Point-to-Point .....	32
Gambar 2.11Jaringan <i>mesh</i> /generik muti-user .....	33
Gambar 2.12Sistem Transmisi DWDM Ring .....	33
Gambar 2.13SFP Module Form Factor.....	34
Gambar 2.14 <i>Optical Time Domain Reflector</i> .....	37
Gambar 2.15 <i>Optical Power Meter</i> .....	38
Gambar 3.1Variabel-variabel Penelitian.....	42
Gambar 3.2Peta <i>Link</i> Buaran - TB Simatupang .....	43
Gambar 3.3Topologi <i>Link</i> Penelitian (Buaran-TB Simatupang).....	43
Gambar 4.1Hasil Pengukuran dengan OTDR .....	49
Gambar 4.2Grafik atenuasi tipe kabel G.652 dan G.655 .....	56
Gambar 4.3Grafik total <i>lossLink</i> BRN-TBS .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Tipe Kabel Fiber Optik G.652D.....	14
Tabel 2.2 Spesifikasi Tipe Kabel Fiber Optik G.655A.....	16
Tabel 2.3Tabel Spesifikasi SFP-TX .....	34
Tabel 2.4Tabel Spesifikasi SFP-SX.....	35
Tabel 2.5Tabel Spesifikasi SFP-LX .....	35
Tabel 2.6 Tabel Modul SFP DWDM Alactel Lucent .....	35
Tabel 3.1 Tabel Perangkat DWDM.....	46
Tabel 3.2 Tabel Data Teknis Interkoneksi <i>Link</i> Fiber Optik.....	46
Tabel 4.1Tabel Hasil Pengukuran dengan Panjang Gelombang 1310 nm.....	50
Tabel 4.2Tabel Hasil Pengukuran dengan Panjang Gelombang 1550 nm.....	50
Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan Total <i>LossLink</i> BRN-TBS.....	54

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Surat Permohonan Izin Penelitian

Surat Telah Melaksanakan Penelitian

Biodata Peneliti

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan transmisi data dengan kapasitas besar semakin bertambah. Hal ini mengingat berbagai macam layanan komunikasi terus tumbuh dengan menawarkan berbagai macam keragaman, yang secara tidak langsung akan meningkatkan jumlah *traffic* (lalu lintas data).

Pada 30 tahun belakangan, telah dikembangkan sebuah teknologi baru yang menawarkan kapasitas transmisi data dan kecepatan data dalam jumlah yang lebih besar, yaitu teknologi serat optik. Serat optik menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi (data). Cahaya ini membawa informasi melalui serat optik berdasarkan fenomena fisika yang disebut total *internal reflection* (pantulan sempurna).

Dalam membangun suatu jaringan transmisi serat optik untuk meningkatkan kapasitas data diperlukan biaya dan waktu yang tidak sedikit, hal ini ikut menyumbangkan kesulitan yang dihadapi dalam peningkatan kapasitas jaringan tersebut. Untuk itu dikembangkan teknologi multipleksing yang dapat menjadi solusi atas masalah tersebut. Multipleksing adalah suatu teknik untuk menggabungkan sekaligus mengirimkan beberapa sinyal (yang berisi *traffic*) secara bersama-sama melalui satu saluran (kanal).

Teknologi DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) merupakan salah satu teknologi multipleksing yang memberi terobosan baru dalam sistem transmisi serat optik dimana beberapa panjang gelombang ( $\lambda$ ) dapat dibawa dalam sehelai serat optik. Teknologi DWDM beroperasi dalam sinyal dan domain optik dan memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan akan kapasitas transmisi yang besar dalam jaringan.

Menurut Frans Scifo (2011:4), secara spesifik, perangkat DWDM begitu rentan terhadap terjadinya dispersi. Dispersi merupakan peristiwa pelebaran pulsa pada pulsa cahaya yang ditransmisikan pada serat optik sehingga mengakibatkan jumlah pulsa/satuan waktu (*bitrate*) dan jarak menjadi terbatas. Dalam meminimalisir terjadinya dispersi pada serat optik, maka perlu digunakan tipe kabel yang mempunyai nilai dispersi yang rendah. Tipe kabel fiber G.655 merupakan jenis fiber yang mempunyai karakteristik umum *Non Zero Dispersion Shifted Fibre* (NZDSF) yaitu tipe kabel fiber yang memiliki koefisien dispersi kromatik lebih rendah (dispersi optimal).

PT Telkom Indonesia merupakan perusahaan telekomunikasi serta penyelenggara layanan telekomunikasi dan jaringan terbesar di Indonesia. PT Telkom melayani jutaan pelanggan di seluruh Indonesia dengan rangkaian lengkap layanan telekomunikasi yang mencakup sambungan telepon kabel tidak bergerak dan telepon nirkabel tidak bergerak, komunikasi seluler, layanan jaringan dan interkoneksi serta layanan internet dan komunikasi data. Salah satu kendala yang dihadapi oleh PT Telkom Indonesia adalah banyaknya permintaan jaringan yang membutuhkan *bitrate* dan *bandwidth* yang cukup besar. Oleh karena

itu, untuk mengatasi kendala tersebut PT Telkom Indonesia membangun jaringan serat optik dengan menggunakan perangkat DWDM.

PT Telkom Indonesia sebagai perusahaan penyelenggara layanan komunikasi data menggunakan kabel optik jenis *single mode* yang direkomendasikan oleh ITU-T dengan tipe kabel serat optik G.652 dan G.655. Seperti yang diketahui 2 tipe kabel ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda yang berpengaruh pada besar nilai daya yang diterima (*power received*).

Dengan hal-hal tersebut, perlu diteliti interkoneksi perangkat DWDM dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik yang berbeda yaitu dengan menggabungkan tipe kabel G.652 dan G.655 pada sebuah *link* fiber optik.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang akan dijelaskan dalam penelitian ini, seperti di bawah ini :

1. Adanya 2 tipe kabel fiber optik yang dianjurkan oleh ITU-T dan dipakai oleh PT. Telekomunikasi Indonesia, yaitu tipe kabel G.652 dan G.655. Penggunaan tipe kabel G.652 yang dianjurkan untuk perangkat SDH serta tipe kabel G.652 yang dianjurkan untuk perangkat DWDM.
2. Penggunaan tipe kabel untuk interkoneksi perangkat DWDM dianjurkan menggunakan tipe kabel G.655 yang mempunyai karakteristik *Non Zero Dispersion Shifted Fibre (NZDSF)*, yaitu fiber optik yang memiliki koefisien dispersi kromatik lebih rendah. Hal ini dilakukan karena perangkat DWDM yang rentan terhadap dispersi.

3. Dalam melakukan interkoneksi perangkat DWDM pada fiber optik melewati beberapa ruas yang setiap ruas memiliki STO (Sentral Telepon Otomat), namun tidak semua ruas di wilayah telekomunikasi (Witel) Jakarta Timur menggunakan tipe kabel G.655.

### **1.3. Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan permasalahan dalam penelitian ini, beberapa batasan masalah yang diambil dalam penelitian interkoneksi perangkat DWDM yaitu sebagai berikut:

1. Parameter unjuk kerja sistem transmisi fiber optik yang digunakan dalam penelitian ini adalah rugi-rugi daya (*power link budget*).
2. Pada penelitian ini, peneliti hanya membahas pada divisi transmisi Area Network PT Telkom Indonesia.
3. Data yang diambil adalah data hasil pengukuran dan standar perangkat di PT Telkom Indonesia
4. Pengukuran untuk interkoneksi perangkat DWDM terjadi pada *link* Buaran-TB Simatupang dengan menggunakan alat ukur OTDR dan OPM.

#### **1.4. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti membuat rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, Bagaimana hasil analisis variabel-variabel yang menentukan nilai *power received* ( $P_{Rx}$ ) interkoneksi perangkat DWDM pada *link* fiber optik dengan menggunakan 2 tipe kabel yang berbeda yaitu G.652 dan G.655?.

#### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) untuk interkoneksi perangkat DWDM dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik yang digabungkan yaitu tipe kabel G.652 dan G.655 pada sebuah *link* fiber.

#### **1.6. Kegunaan Hasil Penelitian**

Hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti, diharapkan dapat bermanfaat baik dari segi keilmuan dan dari segi masyarakat umum, yaitu :

##### **1.6.1. Manfaat Teoritis**

Manfaat teoritis dari hasil penelitian ini yaitu :

- a. Untuk mengembangkan ilmu dalam bidang telekomunikasi, terutama pada teknologi fiber optik.
- b. Untuk mengembangkan khasanah kajian ilmiah dalam pengembangan fiber optik.



### **1.6.2. Manfaat Praktis**

Manfaat praktis dari hasil penelitian ini yaitu :

#### **a. Bagi Peneliti**

Sebagai bekal pengalaman yang berharga dalam mengimplementasikan pengetahuan dan keterampilan yang telah dipelajari di Universitas. Serta, menambah wawasan peneliti mengenai perkembangan ilmu telekomunikasi khususnya teknologi fiber optik.

#### **b. Bagi PT Telkom Indonesia**

Dapat dimanfaatkan sebagai bahan masukan bagi pengembangan ilmu telekomunikasi yang diharapkan dapat diambil manfaatnya oleh perusahaan serta dapat dijadikan referensi untuk meningkatkan kualitas jaringan telekomunikasi.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Landasan Teori**

##### **2.1.1. Definisi Analisis**

Dalam Kamus Bahasa Indonesia Kontemporer karangan Peter Salim dan Yenni Salim (2002), analisis adalah penguraian pokok persoalan atas bagian-bagian, penelaahan bagian-bagian tersebut dan hubungan antar bagian untuk mendapatkan pengertian yang tepat dengan pemahaman secara keseluruhan. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia karangan Suharso dan Ana Retnoningsih (2005), analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab musabab, duduk perkara dan sebagainya).

Dari 2 definisi diatas dapat disimpulkan, analisis adalah aktifitas yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, menelaah, menyelidik sesuatu peristiwa menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya.

### 2.1.2. Definisi Interkoneksi

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia karangan Suharso dan Ana Retnoningsih (2005), interkoneksi merupakan hubungan satu sama lain. European Commission Directive (2000), interkoneksi adalah keterhubungan secara fisik dan logika dari jaringan komunikasi umum yang digunakan oleh operator yang sama atau berbeda untuk memungkinkan pengguna dari satu operator untuk berkomunikasi dengan operator yang sama atau operator lainnya, atau untuk mengakses layanan yang disediakan oleh operator lain.

Dapat disimpulkan dari 2 definisi diatas, bahwa pengertian interkoneksi adalah keterhubungan antarjaringan komunikasi dari penyelenggara jaringan komunikasi yang sama atau berbeda untuk mengakses layanan yang disediakan oleh penyelenggara jaringan komunikasi lain.

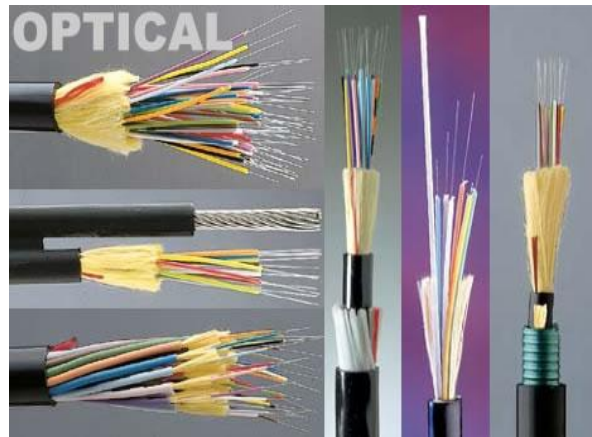
Interkoneksi antar-operator telekomunikasi wajib dilaksanakan di Indonesia untuk memberikan jaminan kepada pengguna agar dapat mengakses jasa telekomunikasi. Jenis layanan interkoneksi terdiri dari: layanan originasi, layanan transit, dan layanan terminasi. Setiap penyelenggara jaringan telekomunikasi (tetap lokal, bergerak seluler, atau bergerak satelit) wajib mencantumkan setiap jenis layanan interkoneksi yang disediakan dalam Dokumen Penawaran Interkoneksi (DPI). Interkoneksi antar-penyelenggara telekomunikasi diatur dengan Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor:08/Per/M.KOMINFO/02/2006 tentang Interkoneksi.

### 2.1.3. Serat optik

#### 2.1.3.1. Definisi Serat Optik

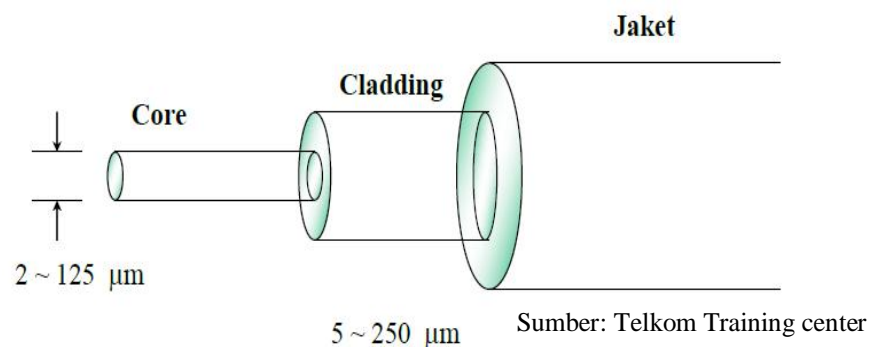
Menurut Yohanes Surya (2009), serat optik (*Optical Fiber*) adalah suatu pipa kecil panjang (kabel) terbuat dari plastik atau kaca yang digunakan untuk menyalurkan cahaya. Dikutip dari wikipedia, serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca murni panjang dan tipis atau plastik, serta berdiameter sebesar rambut manusia. Pada buku *Fibre Optic Theory* (2000), serat optik merupakan blok bangunan utama pada infrastruktur telekomunikasi karena tingginya kemampuan *bandwidth* dan karakteristik atenuasi yang rendah membuatnya ideal untuk transmisi dalam kapasitas gigabit.

Dari definisi diatas, dapat disimpulkan, serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mengantarkan data berupa cahaya, dimana pada jaringan transmisi fiber optik memiliki kemampuan *bandwidth* tinggi dan atenuasi yang rendah sehingga ideal untuk menyalurkan transmisi dalam kapasitas besar. Cahaya yang ada di dalam serat optik sulit keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara.



**Gambar 2.1 Kabel serat optik**

Gambar 2.1 merupakan gambaran dari kabel fiber optik yang terdiri dari beberapa *core*, dimana setiap *core*/helai serat optik memiliki kode warna. Sumber cahaya yang digunakan oleh fiber optik adalah laser, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Menurut Fitri Laksana (2009), struktur kabel serat optik pada umumnya memiliki struktur yang terdiri dari 3 bagian utama, pada Gambar 2.2 merupakan struktur dari serat optik:



**Gambar 2.2 Struktur Serat Optik**

Dalam Gambar 2.2 dapat dilihat struktur dari kabel serat optik.

1. Bagian yang paling utama dinamakan bagian inti (*core*), dimana gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. Terbuat dari kaca (*glass*)

yang berdiameter antara 2~125 mm, dalam hal ini tergantung dari jenis serat optiknya. Indeks biasanya lebih besar daripada cladding

2. Bagian yang kedua dinamakan lapisan selimut (*Cladding*), dimana bagian ini mengelilingi bagian inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil dibandingkan dengan bagian inti. *Cladding* mempunyai diameter yang bervariasi antara 5 $\mu$ m - 250  $\mu$ m.
3. Bagian yang ketiga dinamakan lapisan jaket (*Coating*), dimana bagian ini merupakan pelindung lapisan inti dan selimut yang terbuat dari bahan plastik yang elastis.

### 2.1.3.2. Jenis – Jenis Kabel Serat Optik

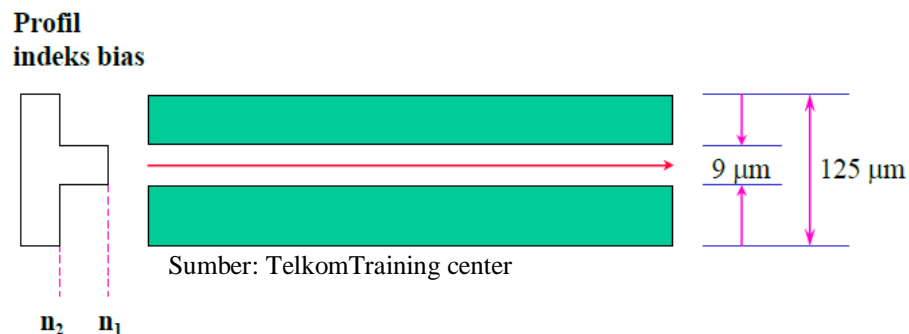
Pada Modul yang dikeluarkan oleh Telkom Training Center (2009), jenis kabel fiber optik dibedakan menjadi 3 macam menurut *mode* perambatannya, yaitu:

- 1) *Singlemode Step Index*
- 2) *Multimode Step Index*
- 3) *Multimode Grade Index*

Kabel jenis *singlemode* memiliki diameter *core* antara 2 ~ 10  $\mu$ m dan sangat kecil dibandingkan dengan ukuran claddingnya. *Mode* perambatan pada jenis kabel *singlemode* yaitu cahaya hanya merambat dalam satu *mode* saja, sejajar dengan sumbu serat optik.

Kelebihan dari kabel jenis *singlemode* adalah memiliki redaman yang sangat kecil, memiliki lebar pita frekuensi yang sangat lebar serta ketika digunakan untuk jarak jauh dan mampu menyalurkan data dengan kecepatan *bitrate* yang tinggi. Kabel jenis *singlemode* mengirimkan sinar laser inframerah

(panjang gelombang 1300-1550 nanometer). Pada Gambar 2.3 memperlihatkan bentuk perambatan cahaya dalam kabel jenis *singlemode*.



**Gambar 2.3** Perambatan cahaya dalam *single mode fiber*

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan jenis kabel *singlemode*. Penggunaan fiber optik jenis *singlemode* disebabkan saat ini PT Telkom Indonesia sudah tidak lagi memakai jenis fiber optik *multimode* karena kapasitas *bandwidth* pada jenis kabel *multimode* yang minimum.

### 2.1.3.3. Tipe Kabel Serat Optik

Divlat Telkom (2007:189), tipe kabel fiber optik pertama kali pada sistem transmisi optik menggunakan *singlemode fiber* dengan panjang gelombang *zero-dispersion* terletak pada *window* 1310 nm, yang diatur dengan *Recommendation* ITU-T G.652. *Singlemode fiber* cocok untuk produksi massal, karena struktur *core* kabelnya sangat sederhana. *Singlemode fiber* menjadi kabel yang sederhana, instalasinya mudah dan penggunaannya sangat murah, sehingga *Singlemode fiber* menjadi kabel fiber optik standard.

Kemudian ditemukan tipe optik yang lebih bagus lagi, yaitu dengan menggeser (*shifted*) *zero-dispersion* dari 1310 nm ke posisi 1550 nm, dan tipe kabel ini disebut *Zero Dispersion Shifted Fiber (ZDSF)*, yang diatur pada Rec. ITU-T G.653.

Tahap berikutnya dikembangkan tipe optik dari *zero dispersion shifted fiber (ZDSF)* ke 1550 nm *Wavelength Loss-Minimized Single-Mode Optical Fibre Cable*, yang diatur pada Rec. ITU-T G.654. Tipe G.654 kurang bagus (dianggap gagal) dan tidak digunakan pada sistem transmisi optik, dan kembali kepada Rec. ITU-T G.653.

Untuk transmisi multi panjang gelombang didalam satu serat optik, G.653 (ZDSF) kurang bagus, karena menimbulkan *Four wave Mixing (FWM)*. Untuk itu maka dikembangkan lagi serat optik tipe baru, dengan menggeser *Zero* Dispersi menjadi *Non Zero Dispersion Shifted Fiber (NZDSF)*, diatur pada Rec. ITU-T G.655.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan tipe kabel Rec. ITU-T G.652D dan G.655A pada sebuah *link* fiber optik. Berikut data spesifikasi tipe kabel Rec. ITU-T G.652D dan G.655A yang dikeluarkan oleh Telkom Training Center (2007):



### 2.1.3.3.1. ITU-T Recommendation G.652D(Standar Single Mode Fiber)

Tipe Kabel G.652D baik digunakan untuk WDM *Optical Transmission* pada *Metropolitan Networks*. Tipe kabel G.652D memiliki *Full-Spectrum Utilization* (*Low Attenuation* pada daerah 1383nm).

**Tabel 2.1 Spesifikasi Tipe Kabel Fiber Optik G.652D**

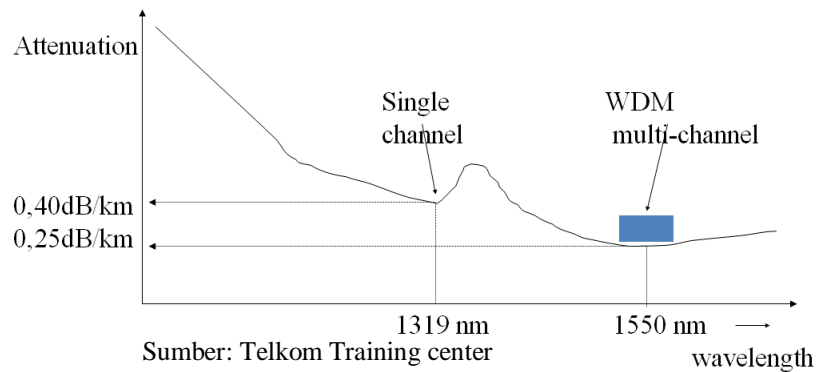
Parameters	Unit	FutureGuide-LWP
<i>Mode Field Diameter at 1310 nm</i>	$\mu\text{m}$	$9.2 \pm 0.4$
<i>Mode Field Diameter at 1550 nm</i>	$\mu\text{m}$	$10.4 \pm 0.8$
<i>Attenuation at 1310 nm</i>	dB/km	$\leq 0.35$
<i>Attenuation at Water Peak</i>	dB/km	$\leq 0.31$
<i>Attenuation at 1550 nm</i>	dB/km	$\leq 0.21$
<i>Attenuation at 1625 nm</i>	dB/km	$\leq 0.23$
<i>Attenuation vs. wavelength (1285-1330 nm)</i>	dB/km	$\leq 0.05$
<i>Attenuation vs. wavelength (1525-1575 nm)</i>	dB/km	$\leq 0.05$
<i>Cable Cut-off Wavelength</i>	Nm	$\leq 1260$
<i>Chromatic Dispersion (1285-1330 nm)</i>	ps/(nm.km)	$\leq 3.5$
<i>Chromatic Dispersion (1550 nm)</i>	ps/(nm.km)	$\leq 18$
<i>Zero Dispersion Slope</i>	ps/(nm <sup>2</sup> .km)	$\leq 0.092$
<i>Zero Dispersion Wavelength</i>	Nm	1300-1324
<i>Polarization Mode Dispersion</i>	ps/km	$\leq 0.2$
<i>Proff Level</i>	%	$\geq 1.0$

Sumber: Telkom Training Center

### 2.1.3.3.2. ITU-T Recommendation G.655 (Non-Zero Dispersion Shifted Fiber)

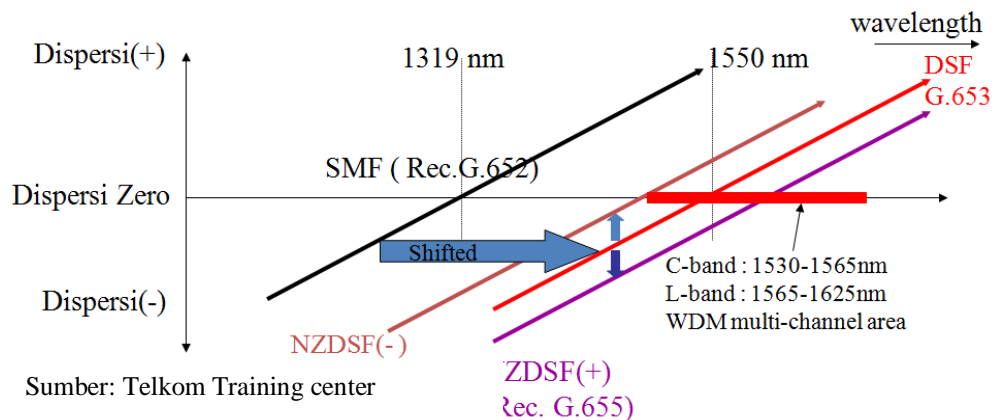
Pada sistem WDM/DWDM, *multi wavelength* dipancarkan secara bersamaan di dalam satu optikal fiber. Pada kondisi panjang gelombang mendekati dispersi nol akan mengalami beberapa gangguan FWM. Untuk menekan munculnya FWM, maka pada kondisi *wavelength* dengan dispersi nol

harus digeser dari posisi panjang gelombang 1550 nm, menjadi sedikit lebih besar atau menjadi sedikit lebih kecil.



**Gambar 2.4** Kurva redaman versus *wavelength*

Pada Gambar 2.4 *window* 1319 nm mempunyai redaman kecil (0,40 dB/km), dan cocok untuk transmisi single channel. Pada *window* 1550 nm mempunyai lebih kecil lagi (0,25 dB/km), dan cocok untuk transmisi *multi channel* (WDM/DWDM).



**Gambar 2.5** *Wavelength* versus karakteristik dispersi; dan sejarah pergeseran (*shifted*) zero dispersi dari 1310 nm ke 1550 nm

Pada Gambar 2.5 *wavelength zero-dispersi single mode fiber* 1310 nm (Rec. ITU-T G.652) digeser (*shifted*) ke *wavelength zero-dispersi single mode*

fiber 1550 nm, dan yang disebut DSF (Rec. ITU-T G.653). Dari *zero-dispersion* 1550 nm, diubah menjadi *non-zero dispersion shifted fiber (NZDSF)* 1550 nm.

Ada 2 tipe kabel optik NZDSF, yaitu NZDSF (+) dan NZDSF (-). NZDSF(-) digunakan pada jaringan komunikasi “*Ultra Long Haul Submarine Cable System*”. NZDSF (+) sangat cocok digunakan untuk jaringan komunikasi terrestrial jarak jauh dengan kapasitas besar, sistem transmisi WDM/DWDM. Berdasarkan sumber Telkom Training Center tipe kabel G.655 dibagi menjadi 2 jenis, yaitu tipe kabel fiber optik G.655A dan tipe kabel fiber optik G.655B. Ditunjukkan pada Tabel 2.2 Spesifikasi dari tipe kabel G.655A yang dipakai pada penelitian:

**Tabel 2.2 Spesifikasi Tipe Kabel Fiber Optik G.655A**

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
<b>Mode field Diameter</b>	<i>Wavelength</i>	1550
	Range of nominal values	8-11 $\mu\text{m}$ ( $\pm 0.7\mu\text{m}$ )
<b>Cladding Diameter</b>	Nominal	125 $\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$
<b>Core concentricity error</b>	Maximum	0.8 $\mu\text{m}$
<b>Cladding noncircularity</b>	Maximum	2.0%
<b>Cable cut-off wavelength</b>	Maximum	1480
<b>Macrobend loss</b>	Radius	37.5 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1550 nm	0.50Db
<b>Proof stress</b>	Minimum	0,69 Gpa
	<b>Chromatic dispersion coefficient</b>	$\lambda_{min}$ & $\lambda_{max}$
<b>Band: 1530-1565</b>	Minimum value of $D_{min}/D_{max}$	0.1 ps/nm.km//6.0 ps/nm.km
	Sign	Positive/negative
Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
<b>Attenuation coefficient</b>	Maximum at 1550 nm	0.35 dB/km

Sumber: Telkom Training Center

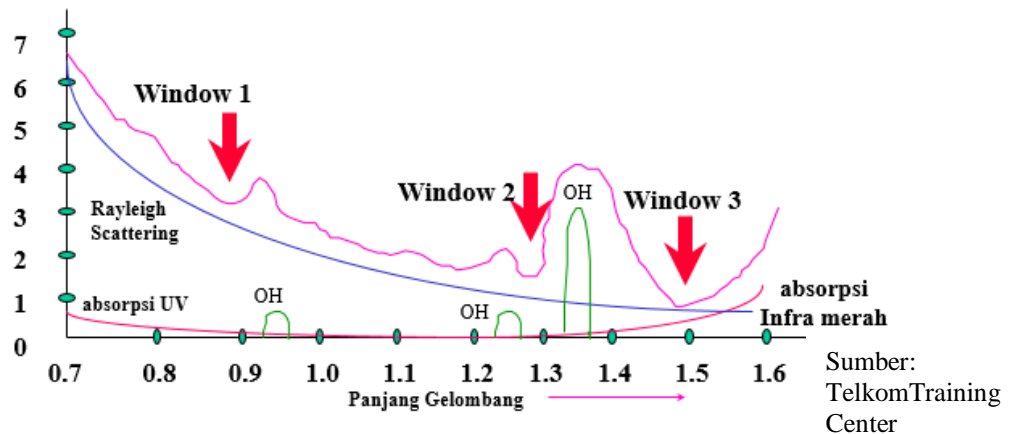
#### **2.1.3.4. Karakteristik Jaringan Transmisi Fiber Optik**

Media transmisi serat optik memiliki karakteristik untuk membedakan jenis serat optik serta tipe kabel optik yang akan digunakan pada transmisi optik. Karakteristik ini akan menentukan besar daya yang akan diterima oleh perangkat. Beberapa karakteristik transmisi optik diuraikan sebagai berikut:

##### **2.1.3.4.1. Panjang Gelombang**

Menurut Jhon M Senior (1992:84-145), panjang gelombang salah satu karakteristik dasar dari serat optik dimana nilai redaman sebagai fungsi dari panjang gelombang.

Pada awal penggunaan serat optik digunakan pada daerah panjang gelombang 800-900 nm. Sejak karakteristik jenis serat optik ditemukan panjang gelombang operasi dioperasikan pada daerah ini dan menunjukkan redaman minimum pada kurva redaman, dan sumber optik yaitu *photodetector* telah dapat beroperasi pada daerah ini. Daerah ini sering disebut *window I*. Selanjutnya serat optik dibuat pada daerah redaman yang sangat rendah yaitu pada panjang gelombang 1100-1600 nm. Spektral *bandwidth* ini menunjukkan daerah *long-wavelength*. *Window II* didefinisikan pada daerah sekitar 1300 nm, dan *window III* pada daerah 1550 nm. Pada Gambar 2.6 merupakan *window* dari panjang gelombang pada sistem komunikasi serat optik.



Gambar 2.6 Window Sistem Komunikasi Serat Optik

Dispersi pada daerah 1300 memiliki dispersi nol dengan nilai redaman serat yang tinggi. Sementara itu, pada daerah 1550 nm memiliki dispersi yang besar dengan nilai redaman yang kecil. Namun dengan ditemukannya tipe serat optik yang dikenal dengan *Dispersion Shifted Fiber (DSF)*, maka dispersi tinggi yang terjadi pada daerah 1550 nm tersebut bisa digeser sehingga dispersi nol-nya (*zero dispersion*) berada panjang gelombang 1550 nm dan redaman yang lebih kecil daripada 1300 nm tersebut.

#### 2.1.3.4.2. Daya Output

Daya *output* adalah besarnya daya yang dihasilkan dari sumber cahaya dalam satuan mW. Daya *output* bisa dihasilkan dari LED dan laser. Penggunaan kedua sumber ini dapat dipilih berdasarkan pada panjang gelombang operasi yang digunakan serta *bitrate* yang digunakan. Daya *output* digunakan untuk mengirimkan informasi sehingga dapat diterima dengan baik di penerima, sehingga  $P_{\text{out}} = P_{\text{tx}}$ .

#### 2.1.3.4.3. Rugi-Rugi Pada Jaringan Transmisi

Siswanto U Oktavianto (2005:2) suatu sinyal optik yang ditransmisikan didalam serat optik tentu akan mendapat pengaruh dari berbagai aspek. Pengaruh tersebut akan mengakibatkan adanya pelemahan daya sinyal sebagai konsekuensi dari adanya daya yang hilang (*loss*) pada sinyal transmisi tersebut.

Dalam perhitungan sinyal redaman optik sederhana, prosedur umum untuk menyatakan koefisien redaman dalam satuan *decibel per kilometre*. Simbol pada parameter redaman adalah dengan  $\alpha$ , dinyatakan dalam Persamaan 2.1:

$$\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_{in}}{P_{out}} \text{ db/km} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana,  $\alpha$  = redaman (db/km)

$P_{in}$  = daya terima (mW)

$P_{out}$  = daya kirim (mW)

L = panjang serat (km)

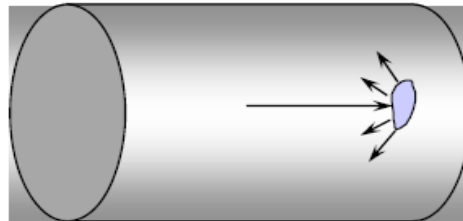
Satuan daya (dBm) adalah level daya dihubungkan dengan 1 mW dan dinyatakan dengan Persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\text{dBm} = 10 \log \frac{P(\text{mW})}{1 \text{ mW}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Rugi-rugi daya ini dapat terjadi baik karena keadaan serat optik tersebut ataupun akibat perlakuan dari luar terhadap serat optik tersebut, terutama pada penyambungan. Rugi-rugi daya secara umum terdiri dari atenuasi kabel ( $\alpha_f$ ) dB/km, rugi- rugi akibat penyambungan seperti rugi konektor, maupun *splice*. Berikut ini macam-macam rugi-rugi/redaman yang terjadi pada jaringan transmisi serat optik:

### a) 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.



Sumber: Telkom Training Center

**Gambar 2.7**Penyebaran Rayleigh

Gambar 2.7 memperlihatkan penyebaran Rayleigh yang terjadi di dalam kabel fiber optik, yang terjadi sebagian daya dipantulkan dan dibiaskan. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung besar rugi-rugi penyebaran Rayleigh, sebagai berikut:

$$\alpha_S = \frac{34,47 \pi^3 (n^2 - 1)^2 k_b T_f \beta_T}{\lambda^4} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:  $\alpha_S$  = Rugi-rugi Rayleigh (dB)

$\beta_T$  = Koefesien kemampatan isotermis bahan ( $7 \cdot 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/N)

$T_f$  = Suhu ketika fluktasi kerapatan melebur dalam glass (1400K)

$k_b$  = Konstanta Boltzman ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  Joule/K)

$n$  = Indeks bias inti =1,46

$\lambda$  = Panjang gelombang (nm)

## b) Rugi-rugi Penyambungan

Rugi-rugi penyambungan dapat terjadi karena 2 hal, yaitu rugi-rugi karena penyambungan dengan *fusion splice* dan penyambungan dengan menggunakan konektor.

Penyambungan dengan *fusion splice* yaitu tindakan menggabungkan dua serat optik *end-to-end* dengan menggunakan panas. Rugi-rugi yang ditimbulkan oleh penyambungan ini 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:

1. Sambungan kedua serat optik membentuk sudut.
2. Sumbu kedua serat optik tidak sejajar.
3. Sumbu kedua serat optik berimpit namun masih ada celah diantaranya.
4. Ada perbedaan ukuran antara kedua serat optik yang disambung.

Penyambungan kabel dengan konektor atau terminasi kabel fiber optik (*fiber optic termination*) adalah proses pemasangan konektor/*connector* pada sebuah kabel fiber optik. Serta 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:

1. Ketidaksesuaian ukuran inti.
2. Rugi-rugi celah optis.
3. Persiapan ujung fiber yang tidak sempurna.
4. Kotoran.

#### **2.1.3.4.4. Daya Input**

Sensitivitas penerima didefinisikan sebagai level sinyal terima yang diterima di *receiver*. Untuk mencari besar sensitivitas penerima dapat digunakan persamaan berikut:

$$P_{in} = P_{out} - \alpha_{tot} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana,  $P_{in}$  = daya terima (dBm)

$P_{out}$  = daya kirim (dBm)

$\alpha_{tot}$  = besarnya redaman (dB)

#### **2.1.3.4.5. Dispersi**

Seiring dengan bertambahnya usia fiber maka dispersi pada fiber optik tersebut semakin jelek, dispersi ada 2 macam, yaitu:

##### **a. Chromatic dispersion (CD)**

*Chromatic dispersion* atau dispersi kromatik diakibatkan oleh variasi fiber index (karakteristik fiber) dengan panjang gelombang, hal ini menimbulkan *delay* antara panjang gelombang dengan pulsa transmisi cahaya

sehingga sinyal yang ditransmisikan menjadi cacat dan menimbulkan distorsi dan naiknya *BER (Bit Error Ratio)*.

*Chromatic dispersion* dapat diukur dengan menggunakan *chromatic dispersion meter*. *Chromatic dispersion* dapat diatasi dengan membuat *chromatic dispensation* dengan membuat semacam *spoel* atau gulungan fiber optik untuk mengkompensasi cacatnya sinyal yang ditransmisikan.

#### ***b. Polarization Mode Dispersion (PMD)***

*PMD* diakibatkan oleh berubahnya bentuk fiber optik yang diakibatkan suhu, kelembaban atau adanya tarikan fiber yang bengkok. Dalam hal ini seharusnya fiber optik berbentuk bulat dan lurus tapi pada praktiknya akibat suhu, kelembaban dan pergeseran bumi bentuk fiber optik menjadi tidak bulat (misalnya lonjong) dan bengkok. Faktor lain yang menyebabkan *polarization mode dispersion* proses pembuatan yang kurang sempurna. *PMD* dapat diminimalisir dengan pemilihan kabel dan instalasi yang baik.

#### **2.1.3.5. Parameter Kerja untuk Menganalisis Transmisi Serat Optik**

Maya Sitorus (2009:17) menjelaskan bahwa dalam perancangan suatu perencanaan sistem transmisi serat optik diperlukan suatu pengujian terhadap hasil perencanaan tersebut, hal ini diperlukan agar sistem yang direncanakan tersebut layak untuk diterapkan di lapangan. Adapun syarat-syarat yang diperlukan untuk menganalisis *link* transmisi serat optik, yaitu :

1. Jarak transmisi yang diinginkan
2. *Data rate* atau *bandwidth* dari kanal

### 3. *Bit Error Rate (BER)*

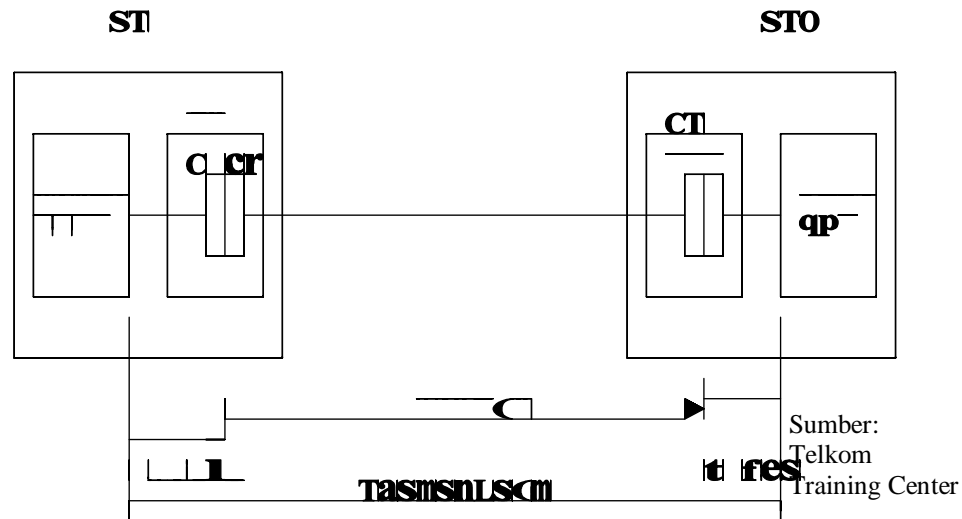
Untuk memenuhi syarat-syarat ini, maka diperlukan karakteristik yang sesuai dengan bahan atau komponen yang akan dipilih adalah sebagai berikut :

1. Jenis dan tipe kabel fiber optik
  - a. Ukuran dari *core*
  - b. *Profile* indeks bias dari *core*
  - c. *Bandwidth*
  - d. Dispersi
  - e. Redaman/atenuasi
  - f. *Numerical aperture*
2. Sumber optik LED atau laser dioda
  - a. Panjang gelombang emisi
  - b. Daya keluaran
  - c. Pola emisi
3. PIN atau APD
  - a. Responsivitas
  - b. Panjang gelombang operasi
  - c. Kecepatan
  - d. Sensitivitas

Analisis yang biasanya digunakan untuk memastikan bahwa sistem komunikasi serat optik yang digunakan telah terpenuhi adalah melalui analisis *power link budget*. Pada analisis *power link budget*, mula-mula menentukan rentang daya (*power margin*) antara *outputtransmitter* optik dan sensitivitas minimum dari *receiver* sehingga sesuai dengan spesifikasi dari *BER*. Kemudian batas ini dapat dialokasikan ke konektor, sambungan dan rugi-rugi serat kabel optik, serta ditambah dengan beberapa batasan lain yang diperlukan untuk degradasi atau efek temperatur dari komponen yang dipakai.

#### **2.1.3.5.1. Power Link Budget**

*Link budget* merupakan parameter dalam merencanakan suatu jaringan yang menggunakan berbagai macam media transmisi. IMC Networks (2009:8) mengartikan *link budget* sebagai suatu cara untuk menghitung mengenai semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari *gain* dan *losses* dari Tx sampai Rx melalui media transmisi. *Link budget* ini dihitung berdasarkan jarak antara *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx).



Gambar 2. 8 Transmission Loss

Sri Prapiti Rahayu (2009:46), rugi-rugi transmisi atau transmission loss terlihat pada Gambar 2.8 yang terdiri dari :

1. *Transmission loss* = *Intra Office Loss* + *Line Loss*
2. *Intra Office loss* = *Margin sistem* + *FDP Loss*
3. *FDP loss* = *Optik Jumper Cord* + *Connector Loss*
4. *Line loss* = *Cable Loss* + *Splicing Loss* + *Safety Margin*

*Line loss* atau total *loss* dalam sebuah *link* fiber optik tidak boleh melebihi selisih antara daya optis yang dipancarkan ( $P_{tx}$ ) dan daya optis terendah yang diterima yang masih dapat dipakai ( $P_s$ ). Pada umumnya menghitung nilai redaman membutuhkan dua perhitungan yang berbeda pada serat optik. Perhitungan ini akan menghitung kerugian sinyal yang dilewati sepanjang jaringan serat optik. Menghitung hilangnya sinyal maksimum yaitu hanya jumlah dari semua variabel-variabel yang tidak baik dalam setiap segmen serat.

Mwittney (2000:330) menyatakan dayaterima di detektor harus cukup besar untuk memungkinkan mendeteksi dengan sedikit *error*. Jelas bahwa, sinyal pada penerima harus lebih besar dari *noise*. Daya pada detektor ( $P_{Tx}$ ) harus berada di atas ambang batas atau sensitivitas penerima ( $P_S$ ). Perhitungan daya sinyal yang diterima dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{total} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\alpha_{total} = Loss \text{ Kabel} + Loss \text{ Konektor} + LossSplice. \dots \dots \dots (2.6)$$

$$Loss \text{ Kabel} = \alpha_f \cdot L_{link} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$Loss \text{ Konektor} = \alpha_c \cdot N_c \dots \dots \dots (2.8)$$

$$LossSplice = \alpha_s \cdot N_s \dots \dots \dots (2.9)$$

$$N_s = \frac{L_{link}}{L_D} - 1 \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana:  $P_{rx}$  = Daya yang diterima oleh detektor (dBm)

$P_{tx}$  = Daya yang dipancarkan (dBm)

$\alpha_{total}$  = Loss/redaman total(dB)

$\alpha_c$  = Redaman konektor (dB/konektor)

$N_c$  = Jumlah konektor

$\alpha_f$  = Redaman kabel serat optik (dB/km)

$L_{link}$  = Jarak total *link* (km)

$\alpha_s$  = Redaman *splice* (dB/*splice*)

$N_s$  = Jumlah *Splice*

$L_D$  = Panjang Kabel fiber optik dalam haspel/drum

Pada rumus tersebut apabila hasil nilai  $P_{R_x} < P_s$  maka sistem pada *link* tersebut dalam keadaan yang belum layak atau belum memenuhi spesifikasi perangkat.

#### 2.1.4. *Multiplexing*

William Stallings (2010), Dua stasiun yang saling berkomunikasi tidak akan menggunakan kapasitas data link sepenuhnya. Untuk efisiensi, kapasitas tersebut seharusnya dibagi. Istilah umum untuk pembagian semacam itu adalah *multiplexing*. *Multiplexing* adalah suatu teknik mengirimkan lebih dari satu (banyak) informasi melalui satu saluran. Istilah ini adalah istilah dalam dunia telekomunikasi. Tujuan utamanya adalah untuk menghemat jumlah saluran fisik misalnya kabel, pemancar & penerima (*transceiver*), atau kabel optik.

Pengertian lainnya, *multiplexing* merupakan Teknik menggabungkan beberapa sinyal untuk dikirimkan secara bersamaan pada suatu kanal transmisi. Dimana perangkat yang melakukan *Multiplexing* disebut *Multiplexer* atau disebut juga dengan istilah *Transceiver / Mux*. Dan untuk di sisi penerima, gabungan sinyal – sinyal itu akan kembali di pisahkan sesuai dengan tujuan masing – masing. Proses ini disebut dengan *Demultiplexing*.

Contoh aplikasi dari teknik *multiplexing* ini adalah pada jaringan transmisi jarak jauh, baik yang menggunakan kabel maupun yang menggunakan media udara (wireless atau radio). Teknik *multiplexing* yang umum digunakan adalah :

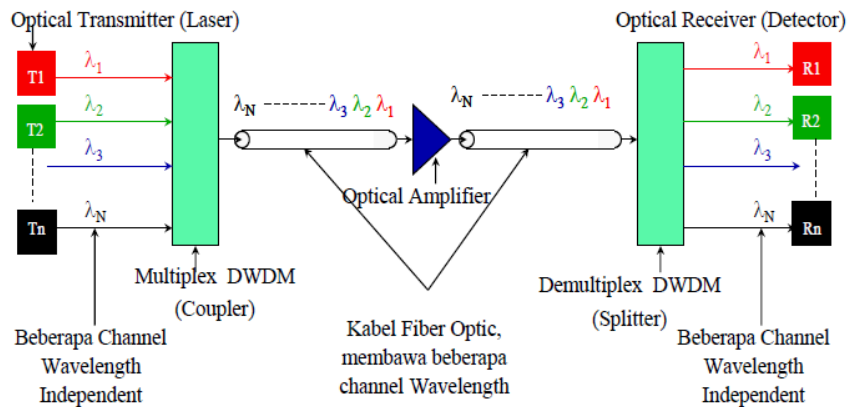
1. *Time Division Multiplexing (TDM)* :
  - a. *Synchronous TDM*
  - b. *Asynchronous TDM*
2. *Frequency Division Multiplexing (FDM)*
3. *Code Division Multiplexing (CDM)*

#### **2.1.5. Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)**

*Dense Wavelength Division Multiplexing*(DWDM) merupakan teknologi terbaru dalam telekomunikasi dengan media kabel serat optik. Dimana DWDM merupakan suatu metode penggabungan sinyal-sinyal optik dengan panjang gelombang operasi yang berbeda-beda yang ditransmisikan kedalam sebuah serat optik tunggal dengan memperkecil spasi antar kanal sehingga terjadi peningkatan jumlah kanal yang mampu dimultipleks.

Menurut definisi, teknologi DWDM dinyatakan sebagai suatu teknologi jaringan *transport* yang memiliki kemampuan untuk membawa sejumlah panjang gelombang (4, 8, 16, 32, dan seterusnya) dalam satu fiber tunggal. Artinya, apabila dalam satu fiber itu dipakai empat gelombang, maka kecepatan transmisinya menjadi 4x10 Gbs (kecepatan awal dengan menggunakan teknologi *SDH*). Gambar 2.9 merupakan jaringan sederhana yang menggunakan DWDM.





Sumber:  
TelkomTraining  
Center

**Gambar 2.9 Jaringan yang menggunakan DWDM**

### 2.1.5.1. Elemen Jaringan DWDM

Menurut Rochmah (1992) yang diacu oleh Yorasakhi Martha (2011:27), dalam aplikasi DWDM terdapat beberapa elemen yang memiliki spesifikasi khusus disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Elemen tersebut adalah:

#### 1. *Wavelength Multiplexer/Demultiplexer*

*Wavelength Multiplexer* berfungsi untuk memultiplikasi kanal-kanal panjang gelombang optik yang akan ditransmisikan dalam serat optik. Sedangkan *wavelength demultiplexer* berfungsi untuk mendemultiplikasi kembali kanal panjang gelombang yang ditransmisikan menjadi kanal-kanal panjang gelombang menjadi seperti semula.

#### 2. *OADM (Optical Add/Drop Multiplexer)*

Diantara titik *multiplexing* dan *demultiplexing* dalam sistem DWDM merupakan daerah dimana berbagai macam panjang gelombang berada, pada beberapa titik sepanjang span ini sering diinginkan untuk dihilangkan atau ditambah dengan satu atau lebih panjang gelombang. *OADM (Optical Add/Drop Multiplexer)* digunakan untuk melewati sinyal dan melakukan fungsi add and

drop yang bekerja pada level optik. OADM diaplikasikan pada sistem yang *long haul* atau pada jaringan topologi *ring*.

### **3. OXC (*Optical Cross Connect*)**

Fungsi dari OXC (*Optical Cross Connect*) ini melakukan proses switching tanpa terlebih dahulu melakukan proses konversi OEO (Optik-elektrooptik) dan berfungsi untuk merutekan kanal panjang gelombang. OXC ini berukuran NxN dan biasa digunakan dalam konfigurasi jaringan ring yang memiliki banyak node terminal.

### **4. OA (*Optical Amplifier*)**

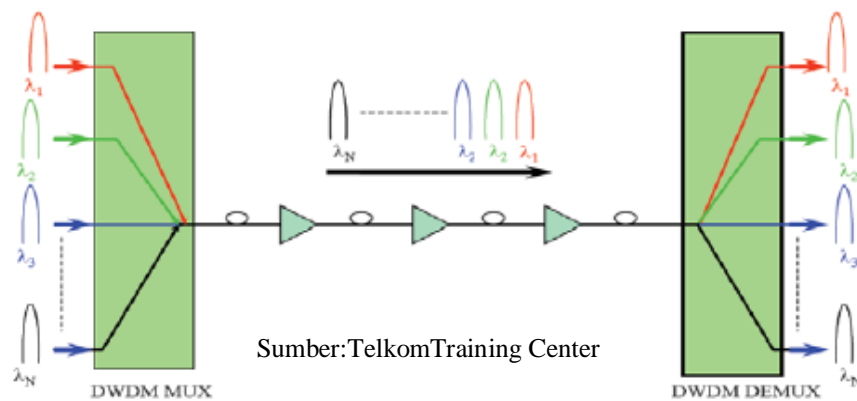
OA (*Optical Amplifier*) merupakan penguat optik yang berfungsi untuk memperbesar kemampuan jarak tempuh sinyal dan mempertahankan kualitasnya dengan melakukan proses penguatan sinyal optik tanpa proses konversi ke bentuk elektrik terlebih dahulu. Banyaknya panjang gelombang yang mampu dibawa oleh jaringan optic DWDM, terutama untuk *long haul*, akan dipengaruhi oleh kemampuan OA dalam melewati seluruh panjang gelombang yang melewatinya dan melakukan proses penguatan yang setara untuk seluruh panjang gelombang tersebut. Oleh karena itu, OA harus memiliki kemampuan mendeteksi sinyal secara presisi dan memiliki tingkat keakuratan dan *spacing* yang sempit.

#### **2.1.5.2. Topologi Jaringan DWDM**

Menurut Shimonski et al, (2005:27), ada tiga topologi jaringan umum yang digunakan pada sistem DWDM, yaitu:

1. Jaringan *Point-to Point*
2. Jaringan *Mesh*
3. Jaringan *Ring*

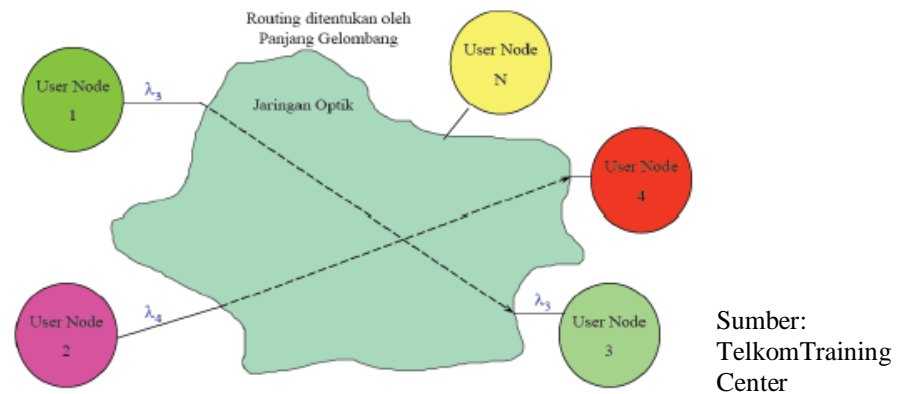
Pada sistem sederhana transmisi WDM *point-to-point* dimana WDM MUX menggabungkan *multi wavelength paralel* menjadi satu *wavelength serial*, diteruskan melalui kabel serat optik dan regenerator (jika diperlukan) ke arah penerima oleh WDM DEMUX *multi wavelength* serial diubah mejadi *multi wavelength* paralel.



**Gambar 2.10 Sistem Sederhana Transmisi DWDM Point-to-Point**

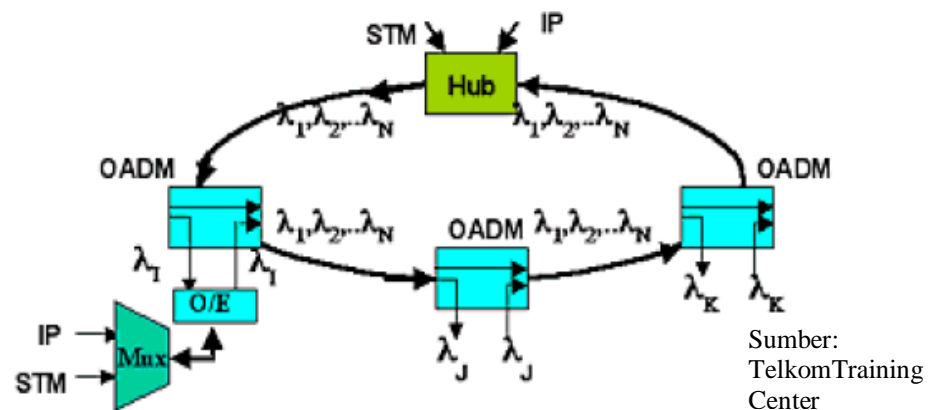
Pada Gambar 2.10 memperlihatkan hubungan *point-to-point* sistem DWDM, dimana pada salah satu *node* digabungkan beberapa *wavelength* untuk kemudian ditransmisikan melalui fiber optik ke lokasi dan pada *node* tujuan gabungan *wavelength* tersebut akan di-*demultiplex*.

Sedangkan pada topologi *mesh* interkoneksi setiap perangkat akan menjadi sistem proteksi masa depan. Penggunaan satu pasang serat optik pada pengamatan topologi *ring* dapat dikembangkan pada desain topologi *mesh*.



Gambar 2.11 Jaringan *mesh*/generik multi-user

Pada Gambar 2.11 menunjukkan bentuk jaringan *multi user* dimana *link* komunikasi dan *routing path* ditentukan oleh *wavelength* yang digunakan antar *switching* optik. *User node-1* terhubung ke *user node-3* dengan  $\lambda_3$  dan *user node-2* terhubung ke *user node-4* dengan  $\lambda_4$ .



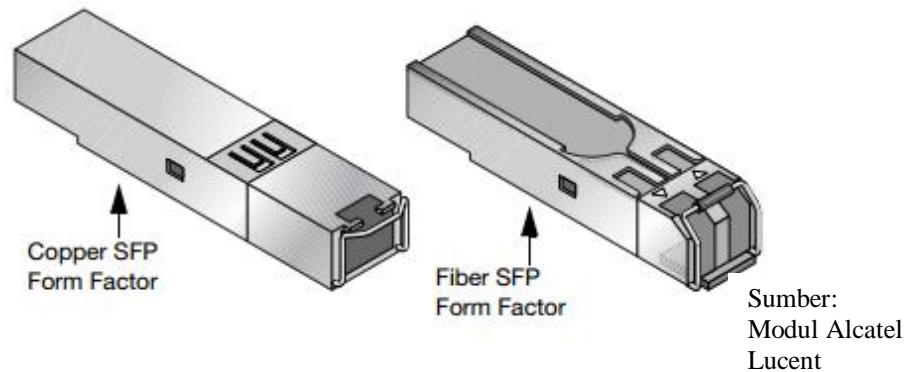
Gambar 2.12 Sistem Transmisi DWDM Ring

Gambar 2.12 memperlihatkan suatu jaringan transmisi *WDM ring* terdiri dari *OADM* (*Optical Add Drop Multiplexer*) yang dapat *add* dan *drop* sinyal optik. Sinyal *IP* dan *STM* digabungkan menjadi satu dan diteruskan ke *E/O converter* untuk di *add*-kan ke *OADM*. atau sebaliknya *OADM* sinyal di *drop*, diteruskan ke *O/E converter* untuk diteruskan ke *DEMUX* dan dipecah menjadi *IP*

dan STM. Hub mengubah sinyal IP dan STM dari elektrik menjadi optik dan digabungkan dengan *wavelength* yang lainnya, atau memisahkan sinyal dengan *wavelength* tertentu untuk *drop* dan diubah menjadi IP dan STM.

### 2.1.5.3. Modul SFP DWDM Alcatel Lucent

Modul SFP Alcatel-Lucent OmniAccess SFP (*Small Form-Factor Pluggable*) juga dikenal sebagai miniGBIC, adalah *transceiver* optik *Gigabit Ethernet hot-swappable*. Pada Gambar 2.13 merupakan bentuk modul SFP Alcatel-Lucent.



Gambar 2.13 SFP Module

Modul SFP terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. SFP-TX: sesuai dengan kabel tembaga 1000Base-T standar *Gigabit Ethernet*. Pada Tabel 2.3 merupakan spesifikasi SFP-TX.

Tabel 2.3 Tabel Spesifikasi SFP-TX

Parameter	Specification
Connector Type	RJ-45
Cable Type	Cat 5, 5e, 6
Range	Up to 100m

Sumber: Alcatel Lucent

2. SFP-SX: sesuai dengan standar *Gigabit Ethernet* 1000Base-SX. Pada Tabel 2.4 merupakan spesifikasi SFP-SX.

**Tabel 2.4 Tabel Spesifikasi SFP-SX**

Parameter	Specification
<b>Connector Type</b>	LC Fiber Optik
<b>Cable Type/Range</b>	62,5 $\mu\text{m}$ multimode fiber/Range up to 250 m
	50 $\mu\text{m}$ multimode fiber/Range up to 550 m
<b>Input Wavelength</b>	770 to 860 nm
<b>Center Wavelength</b>	830 to 860 nm
<b>Input Optical Power</b>	-17 to -3 dBm
<b>Output Optical Power</b>	-9,5 to -4 dBm
<b>RMS Spectral Width</b>	850 pm

Sumber: Alcatel Lucent

3. SFP-LX: sesuai dengan standar *Gigabit Ethernet* 1000Base-LX fiber optik. Pada Tabel 2.5 merupakan spesifikasi SFP-LX.

**Tabel 2.5 Tabel Spesifikasi SFP-LX**

Parameter	Specification
<b>Connector Type</b>	LC Fiber Optik
<b>Cable Type/Range</b>	9 $\mu\text{m}$ Single-Mode fiber/Range of 10km
<b>Input Wavelength</b>	1260 nm to 1570 nm
<b>Center Wavelength</b>	1310 nm
<b>Input Optical Power</b>	-20 to -3 dBm
<b>Output Optical Power</b>	-9,5 to -4 dBm
<b>RMS Spectral Width</b>	4 pm

Sumber: Alcatel Lucent

Adapun modul SFP yang dikeluarkan PT Telkom Indonesia sebagai standar perangkat DWDM yang dipakai, Tabel 2.6 Spesifikasi modul SFP DWDM Alcatel Lucent Telkom Indonesia.

**Tabel 2.6 Tabel Modul SFP DWDM Alcatel Lucent**

	Designation Telcordia/ ITU	Connector	Fiber Type	Wavelength	Link Budget	Launch Power Max (dBm)	Launch Power Min (dBm)	Rx Power Max (dBm)	Rx Power Min(dBm)	Target Distance Telcordia/ ITU
<b>1000 Base SFP</b>	SX	LC	MM	850nm	7,5	0	-9,5	0	-17	550m

<b>1000 Base SFP</b>	LX	LC	SM	1310nm	7,5	-3	-11,5	-3	-19	10km
<b>1000 Base SFP</b>	EX	LC	SM	1310nm	18	0	-4,5	-3	-22,5	40km
<b>1000 Base SFP</b>	ZX	LC	SM	1550nm	24	5	0	-3	-24	70km
<b>1000 Base SFP</b>	EZX	LC	SM	1550nm	30	5	0	-9	-30	120km
<b>1000 Base SFP</b>	TX	RJ-45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Sumber: Telkom Indonesia

## 2.1.6. Alat Ukur Transmisi Optik

Dalam penelitian ini, pengukuran karakteristik optik menggunakan alat ukur *OTDR* (*Optical Time Domain Reflectometer*) dan *Power Meter* yang duraikan sebagai berikut:

### 2.1.6.1. *OTDR* (*Optical Time Domain Reflectometer*)

*OTDR* (*Optical Time Domain Reflectometer*) adalah alat yang digunakan untuk mendapatkan gambar secara visual karakteristik dari redaman sebuah fiber dalam suatu jaringan.

Selain itu, *OTDR* merupakan alat untuk menentukan lokasi dari fiber optik yang terputus dan juga dapat digunakan untuk menentukan rugi-rugi (*loss*) pada tiap sambungan atau konektor. Pada gambar 2.14 merupakan gambar *OTDR* yang digunakan oleh PT Telkom Indonesia.



Gambar 2.14 *Optical Time Domain Reflector*



### 2.1.6.2. OPM (*Optical Power Meter*)

*Optical Power Meter* adalah peralatan penting untuk pengukuran daya dalam sistem komunikasi serat optik. Pengukuran daya adalah salah satu dasar banyak pengukuran serat optik. Nilai untuk pengukuran rugi-rugi dengan daya pada kirim (sumber) atau daya pada akhir penerima yang berbeda – beda. Jenis *optical power meter* menggunakan bahan semikonduktor *photodetector* seperti *Silicon (Si)*, *Germanium (Ge)*, atau *Indium Gallium Arsenide (InGaAs)*, tergantung pada panjang gelombang yang digunakan. *Si detector* digunakan pada daerah panjang gelombang 850 nm, sedangkan *Ge* dan *InGaAs detector* adalah jenis yang digunakan pada daerah panjang gelombang 1310 nm and 1550 nm. Pada Gambar 2.15 merupakan gambar OPM yang digunakan oleh PT Telkom Indonesia.



Gambar 2.15 *Optical Power Meter*

## 2.2. Penelitian Yang Relevan

Dari hasil penelitiandengan judul " Analisis Kontingensi Kabel Optik non-Homogen Tipe G.652 dan G.655" yang disusun oleh Frans Scifo dari Jurusan

Teknik Elektro Universitas Diponegoro meneliti besar dispersi pada proses kontingensi kabel optik non-homogen tipe G.652 dan G.655 dengan menghitung nilai DCM (*Dispersion Chromatic Module*) perangkat DWDM .

Dalam penelitian "Analisis Kontingensi Kabel Optik non-Homogen Tipe G.652 dan G.655", tidak dilakukan analisis terhadap variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima oleh perangkat DWDM ( $P_{Rx}$ ). Maka dari itu, pada penelitian yang akan dilakukan ini peneliti akan menganalisis variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) yang terjadi akibat penggunaan 2 tipe kabel G.652 dan G.655 berdasarkan parameter *power link budget*.

### **2.3. Karangka Konseptual**

Dalam teori *power link budget* besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) dipengaruhi oleh daya yang dipancarkan oleh perangkat, jumlah konektor dan sambungan pada *link* fiber optik, tipe kabel fiber optik yang berpengaruh pada besar atenuasi kabel tersebut serta jarak pada *link* fiber optik. Pada penelitian ini akan menganalisis variabel-variabel yang menentukan nilai pada *power received* ( $P_{Rx}$ ) interkoneksi perangkat DWDM pada *link* fiber optik dengan menggunakan 2 tipe kabel yang berbeda yaitu G.652 dan G.655.

Penelitian ini dimulai dengan menentukan jalur/*link* penelitian setelah itu dilakukan pengambilan data variabel-variabel penelitian seperti, besar atenuasi kabel, *loss* konektor serta *loss splice*, sehingga dapat dihitung dengan parameter penelitian yaitu *power link budget*. Standar yang dipakai pada penelitian ini

berdasarkan spesifikasi perangkat DWDM Alcatel-Lucent yang digunakan PT Telkom Indonesia.

#### **2.4. Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan hal yang diteliti yaitu interkoneksi perangkat DWDM pada sistem transmisi serat optik dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik, yaitu G.652 dan G.655, maka hipotesis yang dibuat dalam penelitian ini merupakan pertimbangan dari hal-hal yang mempengaruhi besar *loss* yang terjadi pada sistem transmisi serat optik. Pada persamaan 2.6 dapat dilihat bahwa hal-hal yang mempengaruhi total *loss* yaitu jarak transmisi, redaman kabel, *losssplice*, *loss* konektor serta jumlah *splice* dan konektor. Berdasarkan hal tersebut dapat dibuat hipotesis bahwa penggunaan tipe 2 tipe kabel fiber optik pada sebuah *link* dapat mempengaruhi variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis variabel-variabel apa saja yang menentukan besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) untuk interkoneksi perangkat DWDM dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik yang digabungkan antara tipe kabel G.652 dan G.655 pada sebuah *link* fiber.

#### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat : PT. Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur

Alamat : Jalan Di Panjaitan No. 42, RT. 12 / RW. 5, Rawa Bunga,  
Jatinegara, Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta  
13350.

Waktu : Februari - Mei 2017.

#### **3.3. Objek Penelitian**

Objek yang akan diteliti pada penelitian ialah *link* fiber optik yang menggunakan 2 tipe kabel fiber optik, yaitu tipe kabel G652 dan G655 yang digabungkan untuk interkoneksi perangkat DWDM pada jalur Buaran-TB Simatupang.

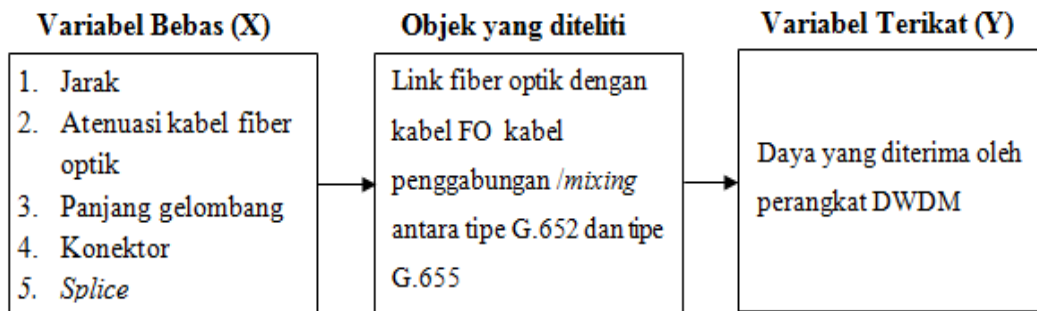
### **3.4. Metode Penelitian**

Metode penelitian merupakan cara yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data penelitiannya. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode korelasional dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Menurut Sugiyono (2009:7) menjelaskan metode kuantitatif adalah pendekatan ilmiah yang memandang suatu realitas itu dapat diklasifikasikan, konkret, teramati dan terukur, hubungan variabelnya bersifat sebab akibat dimana data penelitiannya berupa angka-angka dan analisisnya menggunakan statistik.

Nana Syaodih (2007:79), studi korelasional yaitu meneliti hubungan antara dua hal, dua variabel atau lebih. Hal ini senada dengan Nana Sudjana dan Ibrahim (2007:77) menjelaskan studi korelasi mempelajari hubungan dua variabel atau lebih, yakni sejauh mana variasi dalam satu variabel berhubungan dengan variasi dalam variabel lain.

### **3.5. Variabel Penelitian**

Variabel adalah segala sesuatu yang akan digunakan oleh peneliti dalam penelitian agar mendapat suatu hasil tertentu yang diinginkan. Variabel terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas merupakan suatu variabel yang diukur oleh peneliti untuk menentukan suatu hubungan pada keadaan yang diteliti oleh peneliti, sedangkan variabel terikat merupakan suatu variabel yang diteliti apakah adanya pengaruh dari perlakuan variabel bebas. Gambar 3.1 merupakan variabel-variabel yang terdapat pada penelitian ini :



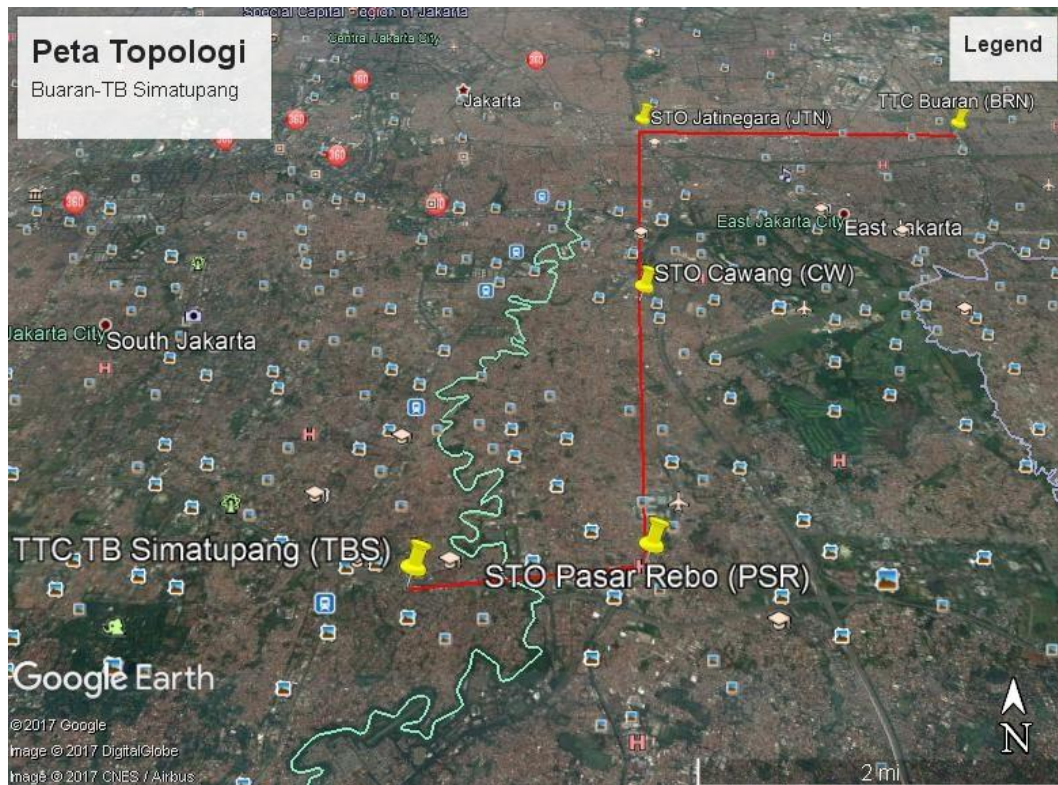
Gambar 3.1 Variabel-variabel Penelitian

### 3.6. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian atau desain penelitian adalah proses pengumpulan dan analisis data penelitian. Ini berarti bahwa penelitian meliputi perencanaan dalam melakukan penelitian. Untuk rancangan diawali dengan observasi dan evaluasi penelitian yang telah dilakukan. Tujuan dari rancangan penelitian adalah untuk memberikan rencana untuk menjawab pertanyaan penelitian. Rancangan penelitian yang dilakukan dalam analisis interkoneksi perangkat DWDM pada *link* fiber optik di Witel Jakarta Timur adalah sebagai berikut :

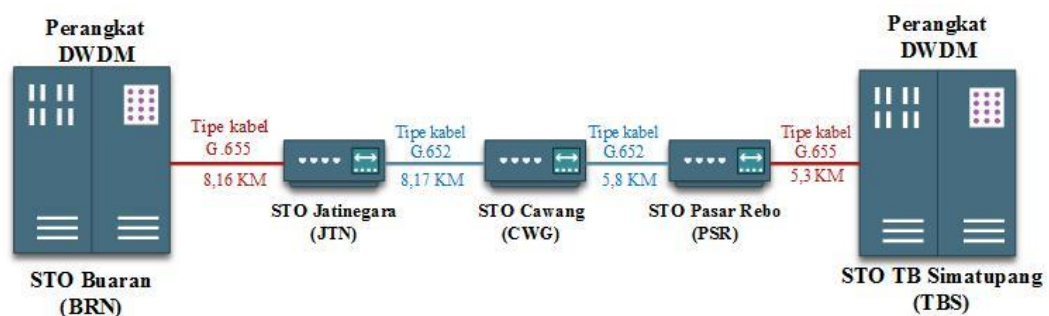
#### 3.6.1. Topologi Jaringan

Tahap pertama dalam melakukan penelitian ini adalah menentukan *link* yang akan dipakai serta jenis dari topologi *link* tersebut. Pada Gambar 3.1 merupakan jaringan yang akan dipakai pada penelitian. Jaringan ini menghubungkan TTC Buaran (BRN) dengan TTC TB Simatupang (TBS) dengan melewati beberapa STO yang berada di wilayah Jakarta Timur yaitu, STO Jatinegara, STO Cawang dan STO Pasar Rebo. Berikut tampilan *link* penelitian yang akan diteliti:



Gambar 3.2 Peta *Link* Buaran - TB Simatupang

Pada Gambar 3.3 yang merupakan *link* dari STO Buaran ke STO TB Simatupang yang diambil dari google earth. Topologi jaringan yang dipakai pada penelitian ini adalah topologi *point-to-point*. Berikut topologi *link* penelitiannya yang disajikan pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3 Topologi *Link* Penelitian (Buaran-TB Simatupang)

Keterangan:

1. BRN: STO Buaran
2. JTN: STO Jatinegara
3. CWG: STO Cawang
4. PSR: STO Pasar Rebo
5. TBS: STO TB Simatupang
6. Garis berwarna merah menunjukkan penggunaan tipe kabel G.655
7. Garis berwarna biru menunjukkan penggunaan tipe kabel G.652

Dalam penelitian ini akan menganalisis jalur transmisi serat optik pada interkoneksi perangkat DWDM *link* BRN-TBS dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik, dimana *link* penelitian melewati 4 ruas di wilayah telekomunikasi Jakarta Timur, yaitu:

1. BRN-JTN, dengan jarak 8,16 km
2. JTN-CWG, dengan jarak 8,17 km
3. CWG-PSR, dengan jarak 5,80 km
4. PSR-TBS, dengan jarak 5,30 km

Sehingga jarak total *link* penelitian yaitu *link* BRN-TBS sebesar 27,43 km dengan melewati 5 STO.



### 3.6.2. Konsep Alur Pada Pengukuran Interkoneksi Perangkat DWDM

Proses interkoneksi perangkat DWDM pada penelitian ini dilakukan pada *link* Buaran (BRN) - TB Simatupang (TBS). Interkoneksi ini melewati beberapa ruas milik Wilayah Telekomunikasi Jakarta Timur, seperti Jatinegara (JTN), Cawang (CWG) dan Pasar Rebo (PSR). Interkoneksi ini bertujuan untuk menghubungkan perangkat DWDM yang berada di STO Buaran dengan perangkat DWDM yang berada di STO TB Simatupang.

Cara yang dilakukan untuk melakukan interkoneksi pada *link* BRN-TBS adalah menghubungkan antar ruas yang dilewati untuk interkoneksi perangkat DWDM ini. Antar ruas yang dilewati untuk *link* ini terhubung dengan OTB (*Optical Termination Box*). *Optical Termination Box* berfungsi sebagai pendistribusian fiber yang menampung maksimum 72 *core*. *Optical Terminal Box* juga digunakan untuk menghubungkan kabel serat optik indoor maupun *outdoor* dan *patchcord*. Jika semua ruas telah terhubung berarti *link* sudah siap untuk diukur. Pengukuran pada penelitian ini menggunakan alat ukur OTDR dan OPM. Dimana pada pengukuran ini dapat diketahui redaman kabel yang terjadi pada setiap ruas dan pada *link* tersebut dengan menggunakan 2 panjang gelombang yaitu 1310 nm dan 1550 nm.

### 3.6.3. Spesifikasi Perangkat Dan Media Transmisi

Parameter penelitian ini mengacu kepada standar dari ITU-T dan standar dari perangkat yang digunakan. Tipe kabel yang dipakai pada penelitian ini yaitu tipe kabel G652D dan G655A, serta perangkat DWDM yang dipakai adalah Alcatel-Lucent. Data dari perangkat DWDM tersaji dalam Tabel 3.1. :

**Tabel 3.1** Tabel Perangkat DWDM

Attribute	Value
Modul Type	1000 Base SFP
Connector	LC
Fiber Type	SM
Wavelength	1550 nm/1310 nm
Link Budget	24 dB
Launch Power Max(dBm)	5
Launch Power Min(dBm)	0
Rx power Max (dBm)	-3
Rx Power Min (dBm)	-24
Target Distance Telcordia /ITU	70 km

Sumber: Alcatel Lucent

Untuk parameter interkoneksi serta standar dari tipe kabel mengacu dari PT Telkom Indonesia, berikut data dari tipe kabel yang digunakan tersaji pada Tabel 3.2:

**Tabel 3.2** Tabel Data Teknis Interkoneksi *Link* Fiber Optik

Parameter Interkoneksi	
Jarak <i>Link</i> ( $L_{link}$ )	27,43 km
Panjang Gelombang Operasi	1550 nm & 1310 nm
Komponen SKSO	
<i>Loss</i> Konektor	0,50 dB/konektor
<i>Loss</i> Splice	0,20 dB/splice
Panjang Kabel FO 1 Haspel	3 Km

Sumber: Telkom Indonesia

### 3.7. Teknik pengumpulan data

Metodologi pengumpulan data yang digunakan peneliti dalam melakukan penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur yaitu berupa studi kepustakaan dan kajian dari buku-buku pendukung maupun jurnal-jurnal, baik dalam bentuk *hard copy* maupun *soft copy*.
2. Studi lapangan yaitu berupa studi langsung yang dilakukan di PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur.
3. Studi analisis yaitu berupa studi analisis yang dilakukan pada data yang diperoleh selama melakukan penelitian di PT Telkom Indonesia witel Jakarta Timur.

Selanjutnya, jenis data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder didapatkan melalui berbagai studi pustaka dan data-data yang dimiliki oleh PT.Telkom Indonesia Wi-Tel Jakarta Timur. Data primer didapatkan melalui hasil pengukuran interkoneksi perangkat DWDM pada *link* fiber optik.lain diakhir. Sehingga peneliti dapat mengambil kesimpulan sebab akibat atas penelitian yang dilakukan.

### **3.8. Prosedur Analisis Data**

Analisis data merupakan bentuk penyederhanaan atau pengumpulan data dalam bentuk yang lebih mudah dimengerti, mendeskripsikan, serta menggambarkan masalah-masalah yang diperlukan dibahas untuk penelitian. Untuk mendapatkan data agar dapat peneliti olah menjadi sebuah hasil skripsi maka peneliti menggunakan prosedur sebagai berikut:

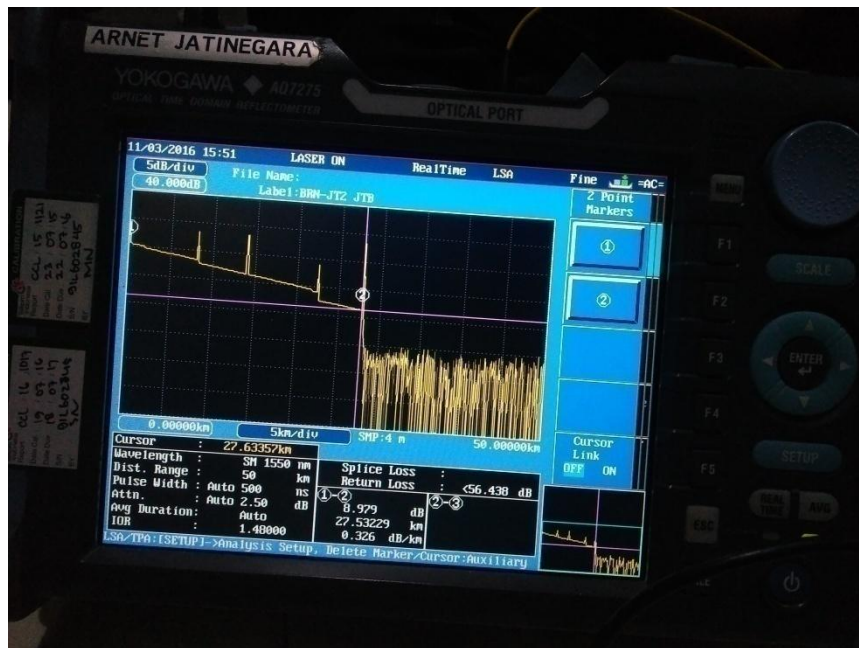
1. Mengajukan surat izin penelitian di PT Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur kepada Prodi Prodi dan Fakultas.
2. Penyerahan surat ijin kepada PT. Telkom Indonesia untuk melakukan penelitian pada bagian transmisi.
3. Mengumpulkan data serta meneliti bagian-bagian dari pada transmisi
4. Mengolah data yang telah didapat untuk mendapatkan solusi dari masalah yang diteliti
5. Menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang telah didapatkan selama penelitian.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Deskripsi Data

Pada penelitian ini diperoleh beberapa data berdasarkan pengukuran objek di lapangan. Data yang diperoleh berupa variabel-variabel yang menentukan besar daya yang diterima oleh perangkat DWDM. Pada Gambar 4.1, ditampilkan hasil pengukuran dengan menggunakan OTDR. Berikut data yang diperoleh dari hasil pengukuran:



Gambar 4.1 Hasil Pengukuran dengan OTDR

**Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengukuran dengan Panjang Gelombang 1310 nm**

<b>Ruas</b>	<b>Tipe Kabel</b>	<b>Jarak Kabel (km)</b>	<b>Redaman Kabel (dB/km)</b>
BRN-JTN	G.655	8,16	0,321
JTN-CWG	G.652	8,17	0,289
CWG-PSR	G.652	5,80	0,289
PSR-TBS	G.655	5,30	0,321

Sumber: Hasil Pengukuran Menggunakan OTDR&OPM

**Keterangan:**

BRN = STO Buaran

JTN = STO Jatinegara

CWG = STO Cawang

PSR = STO Pasar Rebo

TBS = STO TB Simatupang

**Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengukuran dengan Panjang Gelombang 1550 nm**

<b>Ruas</b>	<b>Tipe Kabel</b>	<b>Jarak Kabel (km)</b>	<b>Redaman Kabel (dB/km)</b>
BRN-JTN	G.655	8,16	0,235
JTN-CWG	G.652	8,17	0,248
CWG-PSR	G.652	5,80	0,248
PSR-TBS	G.655	5,30	0,235

Sumber: Hasil pengukuran dengan OTDR

Tabel 4.1 menyajikan data hasil pengukuran *link* fiber optik dengan menggunakan alat ukur OTDR serta OPM. Data tersebut berisi variabel-variabel penelitian, yaitu jarak dan redaman kabel. Data ini pengukuran ini menggunakan panjang panjang sebesar 1310 nm.

Sama seperti Tabel 4.1, pada Tabel 4.2 menyajikan data hasil pengukuran *link* fiber optik dengan menggunakan alat ukur OTDR serta OPM. Data tersebut berisi variabel-variabel penelitian, yaitu jarak dan redaman kabel. Data ini pengukuran ini menggunakan panjang panjang sebesar 1550 nm.

## 4.2. Perhitungan Parameter *Link* Fiber Optik

Data yang diperoleh dari pengamatan selanjutnya dianalisis sesuai dengan parameter kerja sistem transmisi serta optik yaitu dengan menggunakan teori *powerlinkbudget*. Sesuai dengan persamaan (2.6), maka besar total *loss* yang terjadi pada setiap ruas sebagai berikut:

### 4.2.1. Perhitungan dengan Data Pengukuran Panjang Gelombang 1310 nm

#### 1. Ruas BRN-JTN

$$\alpha_{\text{total}_1} = (\alpha_c \cdot N_c) + (\alpha_f \cdot L_{\text{link}}) + (\alpha_s \cdot N_s)$$

$$\alpha_{\text{total}_1} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,321 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 8,16 \text{ km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 2)$$

$$\alpha_{\text{total}_1} = 1,00 \text{ dB} + 2,619 \text{ dB} + 0,40 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{total}_1} = 4,019 \text{ dB}$$

## 2. Ruas JTN-CWG

$$\alpha_{\text{total } 2} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{\text{link}}) + (\alpha_s \cdot N_s)$$

$$\alpha_{\text{total } 2} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,289 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 8,17 \text{ km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 2)$$

$$\alpha_{\text{total } 2} = 1,00 \text{ dB} + 2,361 \text{ dB} + 0,40 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{total } 2} = 3,761 \text{ dB}$$

## 3. Ruas CWG-PSR

$$\alpha_{\text{total } 3} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{\text{link}}) + (\alpha_s \cdot N_s)$$

$$\alpha_{\text{total } 3} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,289 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 5,8 \text{ km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 2)$$

$$\alpha_{\text{total } 3} = 1,00 \text{ dB} + 1,676 \text{ dB} + 0,20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{total } 3} = 2,876 \text{ dB}$$

## 4. Ruas PSR - TBS

$$\alpha_{\text{total } 4} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{\text{link}}) + (\alpha_s \cdot N_s)$$

$$\alpha_{\text{total } 4} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,321 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 5,3 \text{ km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 1)$$

$$\alpha_{\text{total } 4} = 1,00 \text{ dB} + 1,701 \text{ dB} + 0,2 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{total } 4} = 2,901 \text{ dB}$$



#### 4.2.2. Perhitungan dengan Data Pengukuran Panjang Gelombang 1550 nm

##### 1. Ruas BRN-JTN

$$\alpha_{total_1} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{link}) + (\alpha_S \cdot N_S)$$

$$\alpha_{total_1} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,235 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 8,16 \text{ km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 2)$$

$$\alpha_{total_1} = 1,00 \text{ dB} + 1,917 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{total_1} = 3,317 \text{ dB}$$

##### 2. Ruas JTN-CWG

$$\alpha_{total_2} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{link}) + (\alpha_S \cdot N_S)$$

$$\alpha_{total_2} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,248 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 8,17 \text{ km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 2)$$

$$\alpha_{total_2} = 1,00 \text{ dB} + 2,026 \text{ dB} + 0,4 \text{ dB}$$

$$\alpha_{total_2} = 3,426 \text{ dB}$$

##### 3. Ruas CWG-PSR

$$\alpha_{total_3} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{link}) + (\alpha_S \cdot N_S)$$

$$\alpha_{total_3} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,248 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 5,8 \text{ km} + (0,20 \text{ dB} \cdot 1)\right)$$

$$\alpha_{total_3} = 1,00 \text{ dB} + 1,438 \text{ dB} + 0,20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{total_3} = 2,638 \text{ dB}$$

#### 4. Ruas PSR - TBS

$$\alpha_{\text{total}_4} = (\alpha_C \cdot N_C) + (\alpha_f \cdot L_{\text{link}}) + (\alpha_s \cdot N_s)$$

$$\alpha_{\text{total}_4} = (0,50 \text{ dB} \cdot 2) + \left(0,235 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 5,3\text{km}\right) + (0,20 \text{ dB} \cdot 1)$$

$$\alpha_{\text{total}_4} = 1,00 \text{ dB} + 1,245 \text{ dB} + 0,20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{\text{total}_4} = 2,445 \text{ dB}$$

#### 4.2.3. Perhitungan Total Loss Link BRN-TBS

Setelah menghitung total *loss* untuk setiap ruas, maka tahap selanjutnya menghitung total *loss* yang terjadi pada *link* fiber optik dengan menjumlah total *loss* yang terjadi pada setiap ruas, berikut hasil perhitungannya yang disajikan dalam Tabel 4.3:

**Tabel 4.3** Tabel Hasil Perhitungan Total *Loss* Link BRN-TBS

Panjang Gelombang	Total <i>Loss</i> tiap Ruas				Total <i>Loss</i> Link BRN-TBS
	BRN-JTN (G.655)	JTN-CWG (G.652)	CWG-PSR (G.652)	PSR-TBS (G.655)	
<b>1310 nm</b>	4,019 dB	3,761 dB	2,876 Db	2,901 dB	<b>13,557 dB</b>
<b>1550 nm</b>	3,317 dB	3,426 dB	2,638 dB	2,445dB	<b>11,826 dB</b>

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan total *loss* pada *link* BRN-TBS. *Link* BRN-TBS yang mempunyai jarak 24,43 km, dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm memiliki total *loss* sebesar 13,557 dB dan dengan panjang gelombang 1550 nm memiliki total *loss* sebesar 11,826 dB.

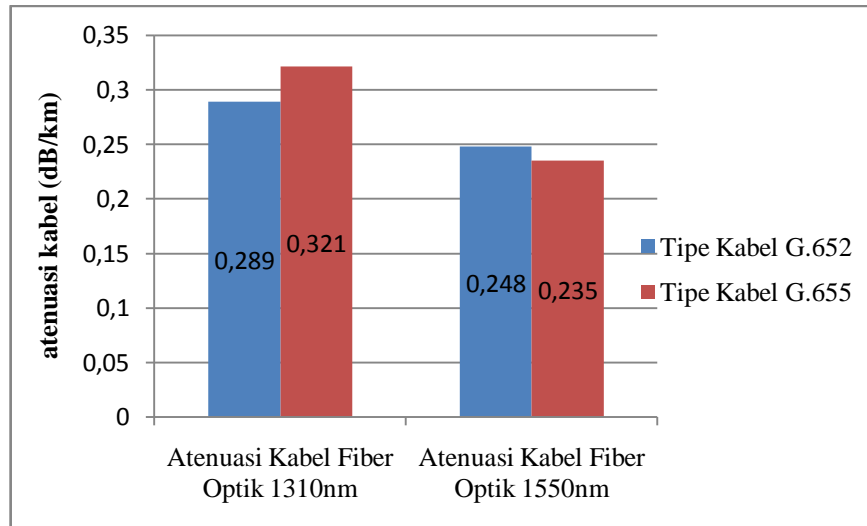
### 4.3. Analisis Parameter Jaringan Fiber Optik

Untuk memastikan bahwa sistem komunikasi serat optik yang digunakan memenuhi kriteria dibutuhkan analisis *power link budget*. Dalam analisis *power link budget*. Pada *power link budget* terdapat beberapa variabel yang dapat menentukan besar daya yang diterima ( $P_{RX}$ ). Berikut ini analisis pada penelitian ini:

#### 4.3.1. Analisis Variabel yang Menentukan *Power Received*

Daya yang diterima (*Power Received*) dengan menggunakan teori *power link budget* dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu, besar daya yang dipancarkan ( $P_{TX}$ ), jarak/panjang kabel fiber optik ( $L_f$ ), atenuasi kabel serat optik ( $\alpha_f$ ) serta rugi-rugi penyambung yaitu *loss* konektor ( $\alpha_c$ ) dan *splice* ( $\alpha_s$ ).

Penggunaan 2 tipe kabel fiber optik pada sebuah sistem kerja serat optik memiliki pengaruh terhadap nilai atenuasi kabel. Serta penggunaan 2 panjang gelombang pada penelitian ini yaitu 1310 nm dengan 1550 nm mengakibatkan nilai atenuasi/redaman pada 2 tipe kabel ini memiliki nilai yang variatif. Berikut ini besar atenuasi kabel yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.2 :



**Gambar 4.2 Grafik atenuasi tipe kabel G.652 dan G.655**

Pada Gambar 4.2 merupakan grafik perbandingan nilai atenuasi kabel fiber optik yang terjadi akibat penggunaan 2 tipe kabel fiber optik dengan 2 panjang gelombang. Pada penggunaan tipe kabel G.652 dengan panjang gelombang 1310 nm nilai atenuasi kabel yaitu 0,289 dB/km dan dengan panjang gelombang 1550 nm yaitu 0,248 dB/km. Selanjutnya penggunaan tipe kabel G.655 dengan panjang gelombang 1310 nm memiliki nilai atenuasi kabel yaitu 0,321 dB/km sedangkan pada panjang gelombang 1550 nm memiliki nilai atenuasi kabel yaitu 0,235 dB/km. Sehingga dengan menggunakan tipe kabel G.655 pada panjang gelombang 1310 nm dapat menyebabkan kualitas nilai daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) kurang baik karena besarnya nilai atenuasi kabel fiber optik. Dan nilai total *loss* semakin besar apabila jarak/panjang kabel fiber optik semakin panjang.

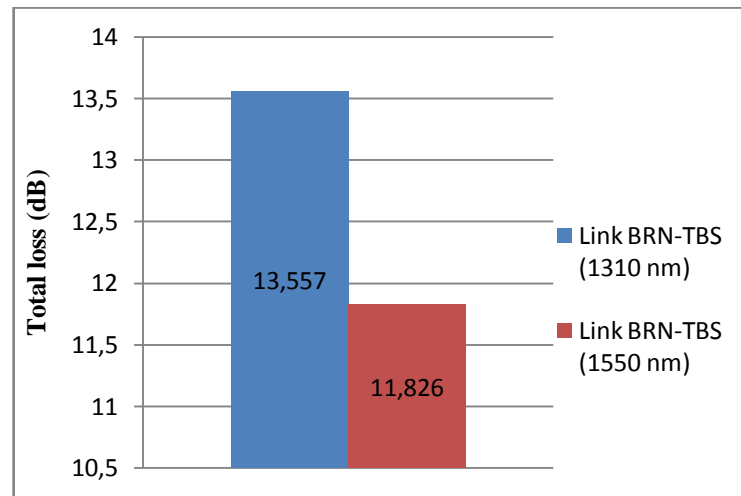
Variabel selanjutnya yang menentukan besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) adalah rugi-rugi akibat penyambungan. Penyambungan yang terjadi pada *link* Buaran-TB Simatupang yaitu penyambungan dengan konektor serta penyambungan dengan *splice*. Dimana pada penyambungan konektor terjadi

ketika *link* fiber optik melewati beberapa STO, dimana STO disini berfungsi sebagai titik transit kabel fiber optik. Dimana besar *loss* konektor yang ditetapkan oleh PT Telkom Indonesia yaitu 0,50 dB/konektor. Pada *link* BRN-TBS terdapat 4 titik penyambungan dengan konektor, dimana 1 titik penyambungan terdapat 2 konektor, sehingga pada *link* BRN-TBS terdapat 8 konektor.

Kabel fiber optik yang dikeluarkan oleh perusahaan-perusahaan penyedia kabel biasanya digulung pada sebuah haspel/drum. Panjang kabel fiber optik dalam sebuah haspel bergantung pada besarnya kabel dan haspelnnya. Panjang kabel fiber optik dalam sebuah haspel yang digunakan pada PT Telkom Indonesia yaitu 3 km. Karena kabel fiber optic digelar untuk jarak jauh (dapat mencapai puluhan atau ratusan kilometer) maka diperlukan proses penyambungan yang disebut proses splicing. Sehingga banyak titik penyambungan dapat dihitung dengan membagi jarak kabel fiber yang digelar optik dengan panjang kabel fiber optik dalam sebuah haspel. Besar *loss splice* pada suatu *link* yang ditetapkan oleh PT Telkom Indonesia yaitu 0,2 dB/*splice*.

Pada penelitian ini banyak *splice* berbeda-beda pada tiap ruas, pada ruas BRN-JTN terdapat 2 *splice*, ruas JTN-CWG terdapat 2 *splice*, ruas CWG-PSR terdapat 1 *splice* serta ruas PSR-TBS terdapat 1 *splice*, sehingga pada *link* BRN-TBS terdapat 6 *splice*. Dimana semakin panjang kabel serat optik maka semakin banyak pula penyambungan dengan *splice*.

#### 4.3.2. Analisis Total *LossLink* BRN-TBS



Gambar 4.3 Grafik total *lossLink* BRN-TBS

Gambar 4.3 merupakan grafik hasil perhitungan total *loss*. Perhitungan total *loss* dilakukan dengan menggunakan persamaan teori *power link budget* yaitu dengan menjumlahkan besar *loss* yang terjadi pada transmisi serat optik yaitu *loss* kabel fiber optik, *loss* konektor serta *losssplice*.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penggunaan panjang gelombang 1550 nm pada *link* BRN-TBS dengan menggunakan 2 tipe kabel yang berbeda memiliki total *loss* yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan gelombang 1310 nm, dimana pada penggunaan panjang gelombang 1550 nm total *loss* yang didapat sebesar 11,826 dB dan dengan panjang gelombang 1310 nm sebesar 13,557 dB. Dimana semakin kecil total *loss* maka semakin baik jalur transmisi serat optik. Sehingga penggunaan panjang gelombang 1550 nm lebih baik digunakan untuk jalur transmisi serat optik.

#### 4.3.3. Analisis Daya yang Diterima (*Power Received*)

Daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) sesuai persamaan 2.5 teori *Power link budget* adalah daya yang dipancarkan dikurang dengan total *loss*. Merujuk pada Tabel 2.6 modul perangkat DWDM, daya sensitivitas ( $P_S$ ) perangkat berada pada rentang -3 dBm s/d -24 dBm dengan daya yang dipancarkan perangkat berada pada rentang 0 dBm s/d 5 dBm.

Jika dengan menggunakan daya pancar minimum yaitu 0 dBm pada panjang gelombang 1310 nm dengan nilai total *loss* sebesar 13,557 dB maka daya yang diterima oleh perangkat ( $P_{Rx}$ ) sebesar -13,557 dBm dan pada panjang gelombang 1550 nm dengan nilai total *loss* sebesar 11,826 dBm, maka nilai daya yang diterima sebesar -11,826 dBm. Dan apabila perangkat DWDM menggunakan daya pancar maksimum yaitu 5 dBm pada panjang gelombang 1310 nm maka daya yang diterima sebesar -8,557 dBm sedangkan pada panjang gelombang 1550 nm sebesar -6,826 dBm.

Sehingga hasil interkoneksi perangkat DWDM dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik, yaitu G.652 dan G.655 memiliki nilai daya yang diterima perangkat pada panjang gelombang 1310 nm sebesar -8,557 dBm s/d -13,557 dBm dan pada panjang gelombang 1550 nm memiliki daya terima sebesar -6,826 dBm s/d -11,826 dBm, hasil perhitungan interkoneksi perangkat DWDM masih berada pada rentang daya terima sensitivitas yaitu -3 dBm s/d -24 dBm. Sehingga interkoneksi perangkat DWDM pada *link* BRN-TBS dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik, yaitu G.652 dan G.655 dengan panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm dapat digunakan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada interkoneksi perangkat DWDM dengan menggunakan 2 tipe kabel fiber optik yang digabungkan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Variabel-variabel yang mempengaruhi terhadap besar daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) yaitu daya pancar, panjang gelombang, atenuasi/redaman tipe kabel fiber optik, *loss* konektor serta *losssplice* serta jumlah sambungan. Namun dengan penggunaan 2 tipe kabel optik hal yang perlu dipertimbangkan dalam interkoneksi perangkat DWDM adalah besar atenuasi tipe kabel dan besar panjang gelombang.
- 2) Penggunaan 2 tipe kabel yang digabungkan antara G.652 dan G.655 untuk interkoneksi perangkat DWDM pada *link* BRN-TBS dapat digunakan pada panjang gelombang 1310 nm maupun 1550 nm. Dengan daya pancar ( $P_{Tx}$ ) perangkat yang berada pada batas 0 dBm s/d 5 dBm dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm daya yang diterima ( $P_{Rx}$ ) oleh perangkat berada pada rentang -8,557 dBm s/d -13,557 dBm dan dengan penggunaan panjang gelombang 1550 nm daya yang diterima perangkat berada pada rentang -6,826 dBm s/d -11,826dBm, sehingga hasil interkoneksi perangkat DWDM pada *link* BRN-TBS memenuhi spesifikasi perangkat dengan rentang daya terima sensitivitas perangkat ( $P_s$ ) yaitu sebesar -3 dBm s/d -24 dBm.



## 5.2. Saran

Adapun saran yang peneliti ajukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukakn yaitu sebaiknya PT Telkom Indonesia ketika melakukan interkoneksi perangkat DWDM pada *link* fiber optik menggunakan tipe kabel yang sesuai dengan sspesifikasi perangkat DWDM untuk menghindari terjadinya gangguan pada *link* fiber optik dan meminimalisir terjadi *loss* yang cukup besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Keiser, Gerd. (2008). *“Optical Fiber Communication 3th Edition”*. Mc.Graw-Hill Inc.
- Laksana, Fitri. (2009). Modul 1: Overview Jaringan Akses Serat Optik. Telkom Training Center
- Rahayu, Sri Prapiti. (2009). Modul 3: Pengukuran Kabel Serat Optik. Telkom Training Center.
- Jhon M. Senior. (1992). *Optical Fiber Communication Principal and Practice*. Ed Ke-2, Prentice Hall International (UK).
- Divlat Telkom Training Center. (2007). Dasar Transmisi Optik. Telkom Training Center. Bandung.
- Stallings, William. (2011). Komunikasi Data dan Komputer. Ed ke-7. Jakarta: Salemba Infotek.
- Sugiyono. (2009). Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. CV.Afabeta:Bandung.
- Tim Penyusun FT UNJ. (2015) “Buku Panduan Penyusunan Skripsi Dan Non Skripsi”. Jakarta.
- Surya, Yohanes. (2009). Optika. Tangerang: PT Kandel.
- Anonim, (2009). *Calculating Fiber Loss and Distance*. IMC Networks.
- Mwhitney. (2000). *Fibre Optic Theory*. University of Connecticut (US).

- Waldi Saputra Harahap, M Zulfin. (2015). Analisis Karakteristik Serat Optik *Single Mode* “NDSF (*Non Dispersion Shifted Fiber*)” Dan “NZDSF (*Non Zero Dispersion Shifted Fiber*)” Terhadap Kinerja Sistem DWDM. *Pengelolaan Jurnal Ilmiah, Universitas Sumatera Utara*. 2-8.
- Hastawan, Ahmad Fashiha. (2009). *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Pada Sistem Transmisi Fiber Optik*. *Pengelolaan Jurnal Ilmiah, Universitas Diponegoro* , 2-6.
- Scifo, Frans. (2011). Kontingensi Kabel Optik Non-Homogen Tipe G.652 dan G.655. *Pengelolaan Jurnal Ilmiah, Universitas Diponegoro* , 2-7.
- Leza, Yorashaki Martha. (2011). Analisis Perancangan Sistem Transmisi Serat Optik DWDM PT.Telkom Indonesia,Tbk*Link* Jakarta-Banten. *Pengelolaan Jurnal Ilmiah, Universitas Indonesia*.
- Sitorus, Maya Armys R. (2009). Analisis Perancangan Serat Optik DWDM Jalur Semarang-Jogjakarta Di PT Indosat,Tbk. *Pengelolaan Jurnal Ilmiah, Universitas Indonesia*.
- Prabowo, Ario Adi. (2015). Analisa dan Perancangan Migrasi Jaringan DWDM Backbone Jakarta-Surabaya PT Telkom Indonesia. *Pengelolaan Jurnal Ilmiah, Telkom University*, 3-7.

# **LAMPIRAN-LAMPIRAN**



*Building  
Future  
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220  
Telepon/Faksimile : Rektor : (021) 4893854, PR I : 4895130, PR II : 4893918, PR III : 4892926, PR IV : 4893982  
BAUK : 4750930, BAAK : 4759081, BAPSI : 4752180  
Bagian UHTP : Telepon. 4893726, Bagian Keuangan : 4892414, Bagian Kepegawaian : 4890536, Bagian HUMAS : 4898486  
Laman : [www.unj.ac.id](http://www.unj.ac.id)

Nomor 0034/UN39.12/KM/2017  
Lamp -  
Hal Permohonan Izin Mengadakan Penelitian  
untuk Penulisan Skripsi

5 Januari 2017

Yth HRD PT. Telkom Indonesia Tbk  
Jl. Di Pandjaitan Kav.42 Prumpung  
Jakarta Timur

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta

Nama Imas Gustini  
Nomor Registrasi 5215136245  
Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta  
No Telp/HP 08561703090

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut, untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka penulisan skripsi dengan judul

"Analisis Interkoneksi Perangkat DWDM Pada Link Fiber Optik di PT. Telkom Indonesia Witel Jakarta Timur"

Atas perhatian dan kerjasamanya Saudara, kami sampaikan terima kasih



Tembusan :  
1 Dekan Fakultas Teknik  
2 Kaprog Pendidikan Teknik Elektronika

**SURAT KETERANGAN**  
**Nomor : Tel.295/PS.300/R2W-2F21000/2017**

Yang bertanda tangan dibawah ini, kami atas nama PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk Witel Jakarta Timur :

Nama : MUHIDIN  
NIK : 641203  
Jabatan : MANAGER HR & CDC WITEL JAKTIM

Menerangkan bahwa :

Nama : IMAS GUSTINI  
NIM : 5215136245  
Jurusan : TEKNIK ELEKTRONIKA  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Telah menyelesaikan penelitian, dari tanggal 27 Februari sd 19 Mei 2017 di Unit NETWORK AREA WITEL JAKARTA TIMUR

Demikian surat keterangan ini dibuat, untuk laporan siswa dan terima kasih atas kerjasamanya.

Jakarta, 3 Agustus 2017



**MUHIDIN**  
**MANAGER HR & CDC**



## BIODATA PENELITI



I... di Bekasi, pada tanggal 17 Agustus 1995 dari pasangan Bapak Mei Hadi Susilo dan Ibu Rosdiana sebagai anak keenam dari enam bersaudara. Memiliki nama panggilan Imas yang bertempat tinggal di Jalan Bangau 8 No.15 Harapan Jaya, Bekasi Utara. Riwayat pendidikan formal peneliti dimulai dari pendidikan Sekolah Dasar di SDN Harapan Jaya 6 Kota Bekasi pada tahun 2001 dan lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMP Taman Harapan 2 pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2010. Selanjutnya alu peneliti melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMA Martia Bhakti pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2013. Hingga akhirnya setelah taman Sekolah Menengah Atas, peneliti melanjutkan ke jenjang Perguruan tinggi pada tahun 2013 melalui jalur UMBPTN di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Konsentrasi Perminatn Telekomunikasi