

**ANALISIS REDAMAN SERAT OPTIK TERHADAP PERFORMANSI SKSO
MENGUNAKAN METODE *LINK POWER BUDGET*
(STUDI KASUS PADA *LINK* PADANG-BUKITTINGGI
DI PT. TELKOM PADANG)**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Elektronika
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh:

**ILHAM SUDRAJAT
55468/2010**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS REDAMAN SERAT OPTIK TERHADAP PERFORMANSI SKSO MENGGUNAKAN METODE *LINK POWER BUDGET* (STUDI KASUS PADA *LINK* PADANG-BUKITTINGGI DI PT. TELKOM PADANG)

Nama : Ilham Sudrajat
NIM : 55468/2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Jurusan : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Padang, September 2014

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Yasminul Huda, S.Pd, MT
NIP. 19790601 200604 1 026

Pembimbing II



Delsina Faiza, ST, MT
NIP. 19830413 200912 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektronika FT UNP



Drs. Putra Jaya, MT
NIP. 19621020 198602 1 001

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika
Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Performansi
SKSO Menggunakan Metode *Link Power Budget*
(Studi Kasus Pada *Link* Padang-Bukittinggi Di PT.
Telkom Padang)

Nama : Ilham Sudrajat

NIM : 55468/2010

Prog. Studi : Pendidikan Teknik Elektronika

Jurusan : Teknik Elektronika

Fakultas : Teknik

Padang, September 2014

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Ahmaddul Hadi, S.Pd, M.Kom	1. 
2. Sekretaris	: Yasdinul Huda, S.Pd, MT	2. 
3. Anggota	: Drs. Elfi Tasrif, MT	3. 
4. Anggota	: Drs. Legiman Slamet, MT	4. 
5. Anggota	: Drs. Putra Jaya, MT	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, September 2014

Yang Menyatakan,



Ilham Sudrajat
NIM: 55468/2010

ABSTRAK

Ilham Sudrajat 55468/2010. Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Performansi SKSO Menggunakan Metode *Link Power Budget* (Studi Kasus Pada *Link* Padang-Bukittinggi Di PT. Telkom Padang)

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis redaman serat optik terhadap performansi sistem komunikasi serat optik pada *link* Padang-Bukittinggi di PT. Telkom Padang, divisi SKSO yang menggunakan kabel serat optik *Single Mode* tipe G655. Instrument pada penelitian ini adalah *Power Meter* dan OTDR tipe JDSU MTS-6000. Metode *Link Power Budget* digunakan untuk mengetahui performansi sistem komunikasi serat optik yang disebabkan oleh redaman berdasarkan nilai daya output yang diterima *receiver*. Didapatkan hasil pada *link* Padang-Bukittinggi redaman tertinggi terjadi pada *core* 5 dengan nilai redaman 26.7226 dB dan panjang kabel 115.016 km, dan pada *core* 7 sebesar 26.1812 dB dengan panjang kabel 94.462 km. Nilai ini masih berada di bawah standar PT. Telkom sebesar 28.10352 dB untuk *core* 5. Sedangkan nilai redaman pada *core* 7 melebihi nilai redaman standar, yaitu 24.18186 dB, sehingga performansi pada *core* ini dinyatakan buruk dan perlu dilakukan evaluasi. Dari nilai redaman serat optik, maka hasil analisa *link power budget* yang didapatkan adalah nilai Rx dari hasil perhitungan lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai Rx sensitivity sebesar -27 dBm, dapat dikatakan performansi dari sistem komunikasi serat optik pada *link* tersebut dalam keadaan normal dan dapat digunakan untuk beroperasi karena daya output masih bisa diterima oleh *receiver* di perangkat.

Kata kunci : kabel serat optik, redaman serat optik, SKSO, *link power budget*.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobil'alamin, Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya, yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Performansi SKSO Menggunakan Metode *Link Power Budget***”. Selanjutnya shalawat beserta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan dalam setiap sikap dan tindakan kita sebagai seorang intelektual muslim.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan S1 di jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini disampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Drs. H. Ganefri, M.Pd, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik UNP.
2. Bapak Drs. Putra Jaya, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik UNP sekaligus dosen penguji.
3. Bapak Yasdinul Huda, S.Pd, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik UNP sekaligus Dosen Pembimbing 1.
4. Ibu Delsina Faiza, ST, MT selaku Dosen Pembimbing 2.
5. Bapak Drs. Elfi Tasrif, MT selaku dosen penguji.

6. Bapak Drs. Legiman Slamet, MT selaku dosen penguji.
7. Bapak Ahmaddul Hadi, S.Pd, M.Kom selaku dosen Penguji.
8. Pihak PT. Telkom Padang, sebagai tempat melakukan penelitian.
9. Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektronika 2010 secara keseluruhan tanpa terkecuali.
10. Untuk Semua pihak yang telah ikhlas membantu penyelesaian skripsi ini.

Agar skripsi ini lebih baik lagi, maka dari itu dengan segala kerendahan hati diharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi sempurnanya skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi Jurusan Teknik Elektronika FT UNP khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Padang, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9

BAB II LANDASAN TEORI

A. Sistem Komunikasi Serat Optik	11
B. Redaman (<i>attenuation</i>) pada sistem komunikasi serat optik	24
C. Analisis <i>Link Power Budget</i>	35
D. Alat Ukur Pendukung Penelitian	38
E. Penelitian Yang Relevan	44
F. Kerangka Pikir	47
G. Hipotesis Penelitian	47

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	49
B. Jenis Data	49
C. Variabel Penelitian	50
D. Sampel Penelitian	50
E. Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data	50
F. Objek Penelitian	54

G. Langkah-langkah Pengukuran	56
H. Teknik Analisis Data	57
BAB IV DESKRIPSI DATA DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	59
B. Redaman Total Pada SKSO <i>link</i> Padang-Bukittinggi	70
C. Analisis <i>Link Power Budget</i>	81
D. Profil Redaman dan Daya	82
E. Analisis Data Hasil Penelitian	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	91
B. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kinerja Layanan Jasa Telepon PT. Telkom.....	4
2. Hasil pengukuran pada <i>link</i> Padang-Lubuk Basung.....	60
3. Hasil pengukuran pada <i>link</i> Padang-Bukittinggi	64
4. Hasil pengukuran daya menggunakan <i>Power Meter</i>	69
5. Data Redaman Total Menggunakan OTDR	70
6. Hasil perhitungan berdasarkan hasil <i>Power Meter link</i> Padang-Lubuk Basung dan Padang Bukittinggi	71
7. Jumlah <i>splice</i> , konektor dan panjang kabel setiap <i>core</i>	73
8. Hasil perhitungan redaman kabel serat optik	74
9. Hasil perhitungan redaman pada <i>link</i> Padang-Bukittinggi	76
10. Hasil perbandingan $\sum loss$ antara perhitungan dengan pengukuran	76
11. Perbandingan nilai redaman antara perhitungan dengan pengukuran <i>link</i> Padang-Lubuk Basung dan Padang-Bukittingii	77
12. Status kondisi jaringan kabel pada masing-masing <i>core</i> . (dB/km).....	80
13. Hasil perhitungan P_{Rx}	82
14. Variabel dalam penelitian	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Struktur Dasar Kabel Serat Optik	12
2. Perambatan Gelombang pada <i>Single-mode Fibers</i>	13
3. <i>Step Index Multimode</i>	14
4. <i>Graded Index Multimode</i>	15
5. Perbandingan Jenis-jenis Serat Optik	15
6. Sistem kabel serat optik dan masing-masing <i>loss</i>	16
7. Prinsip Pemantulan Cahaya Menurut Hukum Snellius	19
8. Pemantulan Internal Sempurna	22
9. Pantulan cahaya didalam <i>core</i> serat optik	22
10. Hubungan transmisi serat optik.....	23
11. Redaman berupa <i>Macrobending</i>	30
12. <i>Microbending</i>	31
13. Tiga tipe masalah penyambungan	32
14. Tampilan Pada Layar OTDR dan bentuk redamannya	40
15. Bentuk Grafik Pada Monitor OTDR	42
16. Power Meter dan Sumber Cahaya.....	43
17. Contoh <i>Link</i> Secara Umum dan Bagian-Bagiannya.....	44
18. Kerangka Pikir Penelitian	47
19. Ilustrasi pengukuran daya menggunakan power meter.....	51
20. OTDR tipe JDSU MTS-6000	53

21. Ilustrasi jalur pengukuran <i>link</i> Padang-Bukittinggi	55
22. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 5	60
23. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 6	61
24. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 9	62
25. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 10	63
26. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 7	64
27. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 11	65
28. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman <i>core</i> 12	66
29. Kurva Normal Hasil Pengukuran Redaman semua <i>core</i>	68
30. Kurva Normal Hasil Pengukuran Daya Terima	69
31. Grafik Perbandingan nilai redaman	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Data Hasil Pengukuran Power Meter	95
2. Data Hasil Pengukuran OTDR	96
3. Perhitungan Teoritis Redaman Kabel	131
4. Perhitungan Teoritis Redaman <i>Splicing</i>	133
5. Perhitungan Teoritis Redaman Konektor	135
6. Analisis <i>Link Power Budget</i>	136
7. Tabel Penolong untuk 3 variabel	137
8. Foto Dokumentasi Penelitian	138
9. Surat Izin Penelitian Dari Jurusan	139
10. Surat Izin Penelitian Dari Fakultas	140
11. Surat Izin Penelitian Dari PT. Telkom	141
12. Surat Keterangan Pembimbing	142

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Ini diakibatkan adanya permintaan dan peningkatan kebutuhan akan informasi, yang terus memacu para pengembang teknologi memberikan suatu sistem yang handal dan efisien, baik dari segi kualitas maupun kuantitas dalam arti bahwa sistem tersebut dapat menyalurkan informasi ke manapun juga tanpa membutuhkan waktu yang lama.

Kebutuhan komunikasi berkecepatan tinggi dan berkapasitas besar dalam bidang telekomunikasi saat ini sangat besar, untuk mendukung perkembangan teknologi informasi yang semakin berkembang di era masyarakat yang modern. Kemajuan perekonomian serta berkembangnya teknologi telekomunikasi merupakan titik tolak dan potensi besar untuk dapat meningkatkan dan mewujudkan berbagai jenis pelayanan komunikasi data yang lebih canggih dengan akses yang cepat dan murah.

Menurut Suryadi (1993:12)

“Komunikasi data merupakan bagian dari teknologi komunikasi yang secara khusus berkenaan dengan transmisi atau pemindahan data dan informasi di antara komputer dan piranti-piranti yang lain dalam bentuk digital yang dikirimkan melalui media komunikasi data. Sistem komunikasi data dapat dibagi menjadi tiga komponen utama yaitu sumber komunikasi, media komunikasi dan penerima. Media komunikasi data merupakan jalur dimana proses pengiriman data dari suatu sumber ke penerima data”.

Salah satu teknologi media transmisi data yang digunakan dalam membangun suatu sistem jaringan komunikasi dan masih terus dalam tahap pengembangan adalah teknologi serat optik. Teknologi serat optik ini terus dikembangkan agar dapat meningkatkan kinerja sistem jaringan komunikasi. Sebelum menggunakan serat optik sebagai media transmisi, perusahaan-perusahaan yang bergerak dibidang telekomunikasi menggunakan kabel tembaga sebagai media transmisinya. Peralihan ini didasari pada keunggulan serat optik jika dibandingkan kabel tembaga. Serat optik merupakan salah satu media transmisi yang mampu menyalurkan data dalam bentuk cahaya dengan kapasitas besar dengan kehandalan tinggi.

Serat optik memiliki keunggulan diantaranya transfer data yang lebih cepat karena menggunakan cahaya sebagai penghantarnya, tahan terhadap interferensi dari gelombang elektromagnetik dan radio, serta redaman yang dimiliki serat optik lebih kecil pada setiap kilometernya. Hal ini berbeda dengan jenis media transmisi lain yang menggunakan sinyal listrik yang merambat melalui kabel sebagai pembawa sinyal. Sehingga serat optik mampu meningkatkan segala bentuk pelayanan terhadap pelanggan, dari segi komunikasi data, suara, dan video.

PT. Telkom sebagai operator penyedia layanan informasi memiliki berbagai jenis layanan telekomunikasi salah satunya yang banyak digunakan saat ini adalah *internet speedy*. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT.Telkom, 90% pendapatan PT.Telkom berasal dari layanan *internet speedy*, dan diperkirakan akan terus mengalami peningkatan ini ditandai dengan

meningkatnya permintaan masyarakat melebihi penawaran yang telah disediakan.

Peningkatan kebutuhan masyarakat akan jenis telekomunikasi ini, akan berdampak pada tidak cukupnya kapasitas saluran yang telah tersedia. Jumlah *user* (pengguna) yang melebihi kapasitas saluran yang tersedia mengakibatkan kepadatan *traffic* sehingga terjadi gangguan dalam proses komunikasi seperti dibutuhkan waktu yang lama dalam proses komunikasi (*time delay*), kegagalan sambungan (*connection error*) serta lemahnya sinyal yang diterima oleh *receiver* karena daya pancar yang tidak memadai untuk proses pengiriman sinyal informasi. Keadaan ini dapat menurunkan performansi dari suatu jaringan komunikasi, dan perlu dilakukan antisipasi untuk mengatasi keadaan tersebut dengan melakukan pengembangan jaringan komunikasi menyangkut kapasitas saluran, jangkauan dan mutu pelayanan.

Perkembangan teknologi informasi berdampak pada peningkatan transmisi data, terutama komunikasi data internet. Sebagai negara berkembang, Indonesia memiliki jumlah pengguna internet yang cukup banyak, membutuhkan media transmisi dengan kecepatan yang cukup untuk proses *upload* maupun *download*. Netindex menyebutkan bahwa kecepatan *download* rata-rata Indonesia adalah 4,7 Mbps, namun fakta yang terjadi kecepatan *download* di Indonesia berkisar 1.5 Mbps, sedangkan kecepatan *upload* berkisar 0.60 Mbps.

PT.Telkom sebagai penyedia jasa telekomunikasi memiliki kendala dalam peningkatan jaringan, daya jangkauan, dan kualitas pelayanan. Untuk itu

diperlukan adanya suatu sistem telekomunikasi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Sistem tersebut harus mampu memberikan kapasitas penyaluran yang lebih besar dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sistem yang sudah ada. Salah satu usaha yang dilakukan PT.Telkom dalam memenuhi tuntutan ini dengan beralih menggunakan serat optik sebagai media transmisi menggantikan media transmisi sebelumnya berupa kabel tembaga. Penggantian media transmisi diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas layanan jasa telekomunikasi. Tabel 1 menunjukkan kinerja layanan yang menggunakan sistem komunikasi serat optik pada PT. Telkom.

Tabel 1. Kinerja Layanan Jasa Telepon PT. Telkom

No	Kinerja jaringan	Parameter	Persentase
1.	Standar Panggilan Yang Tidak Berhasil Dalam Jaringan	Persentase panggilan yang tidak berhasil dalam jaringan	0.08%
2.	Standar Network Post Dialing Delay	Persentase Network Post Dialing Delay	97.5%
3	Standar Endpoint Service Availability	- Persentase Jumlah panggilan yang tidak mengalami dropped call dan blocked call	99.48%
		- Persentase dropped call	0.19%
4	Standar Kinerja layanan Pesan Singkat	Persentase jumlah pesan singkat yang berhasil dikirim dengan interval waktu antara pengiriman dan penerimaannya tidak lebih dari 3 menit	99.09%

Sumber : Laporan tahunan PT. Telkom Indonesia Tahun 2013(Telkom.co.id)

Berdasarkan data hasil survey pada tabel 1 di atas, jaringan komunikasi yang menggunakan media transmisi serat optik masih belum maksimal, karena masih terdapat beberapa kesalahan dalam jaringan, seperti Persentase Network Post Dialing Delay dalam jaringan sebesar 97.5%, ini

artinya masih terdapat 2.5% kesalahan yang terjadi dalam jaringan berupa delay saat melakukan panggilan.

Seiring dengan peningkatan dan pengembangan kabel serat optik sebagai media transmisi, maka sering juga terjadi faktor hilangnya informasi yang diakibatkan oleh rugi-rugi yang terjadi di sepanjang kabel serat optik, salah satu dari rugi-rugi tersebut adalah rugi daya yang diakibatkan oleh redaman sepanjang kabel serat optik yang mengakibatkan perubahan daya dari pemancar hingga ke penerima.

Attenuation (redaman) cahaya sangat penting diketahui terutama dalam merancang sistem telekomunikasi serat optik itu sendiri. Redaman cahaya dalam serat optik adalah adanya penurunan rata-rata daya optik pada kabel serat optik, biasanya diekspresikan dalam decibel (dB). Terdapat tiga parameter redaman pada sistem komunikasi serat optik, yaitu redaman kabel/fiber, redaman penyambungan/*splicing*, dan redaman konektor. Ketiga redaman inilah yang akan mempengaruhi daya pancar serat optik dari pengirim ke penerima.

Permasalahan redaman dan daya optik mempunyai hubungan dengan perencanaan pemasangan instalasi sistem komunikasi serat optik ketika sistem tersebut mengalami gangguan di sepanjang serat optik. Perlu adanya sebuah metode untuk mengetahui bagaimana performansi suatu sistem komunikasi serat optik. Salah satu metode yang digunakan adalah *link power budget*.

Menurut Senior (2009:731)

“*Link power budget* pada sistem komunikasi serat optik digital dilakukan mirip dengan cara *link power budget* dalam sistem komunikasi apa saja. Ketika karakteristik *transmitter*, kerugian pada kabel serat optik dan sensitivitas *receiver* diketahui, proses yang relatif sederhana dari *power budget* memungkinkan jarak repeater atau jarak transmisi maksimum untuk sistem yang akan dievaluasi. Bagaimanapun, perlu untuk memasukkan *margin sistem* ke *optical power budget* sehingga variasi kecil dalam parameter operasi sistem tidak menyebabkan pelemahan yang tidak diharapkan dalam performansi sistem”.

Metode *link power budget* digunakan untuk melihat kelayakan suatu jaringan dalam mengirimkan sinyal dari pengirim sampai ke penerima. Tujuan dilakukannya perhitungan *link power budget* adalah untuk menentukan apakah komponen dan parameter *design* yang dipilih untuk membangun sebuah jaringan dapat menghasilkan daya sinyal dipenerima sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang diinginkan.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengukuran redaman dan daya pada sistem komunikasi serat optik di PT. TELKOM, khususnya pada *link* Padang-Bukittinggi. Berdasarkan hasil pengukuran ini, maka dilakukan penelitian untuk menganalisa kinerja sistem komunikasi serat optik yang diakibatkan oleh redaman dan daya yang bekerja di sepanjang kabel serat optik dari pengirim ke penerima dengan menggunakan metode *link power budget*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Sering terjadinya faktor kehilangan informasi yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya yang terjadi disepanjang kabel serat optik.
2. Adanya redaman pada sistem komunikasi serat optik dapat mengakibatkan penurunan daya cahaya, penurunan bandwidth dari sistem, transmisi informasi yang dibawa, efisiensi, dan kapasitas sistem secara keseluruhan.
3. Adanya hubungan antara redaman dan daya optik didalam perencanaan pemasangan instalasi sistem komunikasi serat optik ketika sistem tersebut mengalami gangguan di sepanjang serat optik.
4. Analisis redaman serat optik dengan perhitungan *link power budget* diperlukan untuk mengetahui bagaimana performansi suatu sistem komunikasi serat optik.
5. Adanya redaman serat optik yang berpengaruh terhadap performansi SKSO berupa redaman kabel, redaman penyambungan/*splicing*, dan redaman konektor.
6. Perlunya analisis kinerja sistem komunikasi serat optik yang diakibatkan oleh redaman dan daya yang bekerja di sepanjang kabel serat optik berdasarkan hasil pengukuran terhadap performansi sistem komunikasi serat optik menggunakan metode *link power budget*.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dikemukakan, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada:

1. Analisis redaman total/km hasil pengukuran menggunakan OTDR, Power Meter, hasil perhitungan secara teoritis terhadap standar kelayakan ITU-T.
2. Analisis besarnya nilai *link power budget* terhadap standar kelayakan sensitivitas penerima (Rx Sensitivity).
3. Analisis pengaruh redaman total serat optik terhadap daya yang diterima oleh *receiver*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dapat di rumuskan beberapa masalah, yaitu:

1. Seberapa besar redaman total/km hasil pengukuran menggunakan OTDR dan Power meter, hasil perhitungan terhadap standar kelayakan ITU-T?
2. Seberapa besar nilai *link power budget* terhadap standar kelayakan sensitivitas penerima (Rx Sensitivity)?
3. Seberapa besar pengaruh redaman total serat optik terhadap daya yang diterima oleh *Receiver*?

E. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui besarnya redaman total/km hasil pengukuran menggunakan OTDR dan Power meter, hasil perhitungan terhadap standar kelayakan ITU-T.
2. Mengetahui besarnya nilai *link power budget* terhadap standar kelayakan sensitivitas penerima (Rx Sensitivity).

3. Mengetahui seberapa besar pengaruh redaman total serat optik terhadap daya yang diterima oleh *Receive*.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu acuan didalam meningkatkan kualitas dari SKSO.
 - b. Mengetahui performansi sistem komunikasi serat optik pada *link* objek penelitian.
 - c. Dapat dijadikan bahan perbandingan untuk penelitian selanjutnya.
2. Manfaat Bagi Peneliti
 - a. Sebagai sarana untuk menambah ilmu pengetahuan, pengalaman dan wawasan, serta bahan dalam penerapan ilmu metode penelitian, khususnya mengenai sistem komunikasi serat optik.
 - b. Memahami cara menganalisis redaman serat optik terhadap performansi SKSO dengan menggunakan perhitungan *link power budget* di PT. TELKOM khusus *link* Padang-Bukittinggi
 - c. Mengerti cara melakukan pengukuran redaman dengan menggunakan *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR) untuk proses perawatan jaringan akses komunikasi serat optik.
 - d. Mengerti cara melakukan perhitungan redaman dan *margin* sebagai dasar didalam menghitung *link power budget*.

- e. Memahami cara melakukan evaluasi dan menilai kelayakan suatu jaringan akses komunikasi serat optik.
 - f. Mengerti cara mengukur daya menggunakan power meter.
3. Manfaat Bagi Perusahaan
- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan yang akan menggunakan atau mengembangkan SKSO sebagai media transmisi dalam sistem komunikasi.
 - b. Memberikan masukan bagi PT.Telkom Padang dalam usaha meningkatkan kualitas jaringan transmisi pada sistem komunikasi serat optik.
4. Manfaat Bagi Jurusan Elektronika
- Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai rujukan bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian-penelitian berikutnya yang terkait dengan sistem komunikasi serat optik.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO)

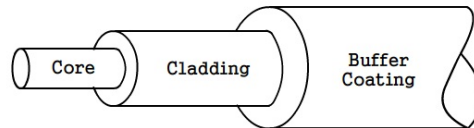
Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO) semakin banyak digunakan. Bukan hanya sebagai pengganti dari jenis sistem transmisi sebelumnya, tetapi karena sistem serat optik ini memberikan keuntungan yang jauh lebih efektif dan efisien dibandingkan yang lain. Jenis komunikasi serat optik ini juga tidak bersifat menghantarkan listrik, sehingga dapat digunakan di daerah-daerah terisolasi listrik.

Karena memiliki kapasitas dengan informasi yang tinggi, maka jalur-jalur saluran dapat diringkas menjadi kabel-kabel yang jauh lebih kecil, sehingga dapat mengurangi arus *traffic* pada jalur-jalur kabel yang sudah sangat padat. Pada sistem komunikasi serat optik ini sinyal awal yang berbentuk sinyal listrik pada *transmitter* akan dirubah oleh *transducer* menjadi gelombang cahaya yang kemudian ditransmisikan melalui kabel serat optik menuju penerima (*receiver*) yang terletak pada ujung kabel lainnya. Pada penerima sinyal optik ini akan dirubah kembali oleh *transducer* menjadi sinyal listrik.

1. Struktur Dasar Kabel Serat Optik

Keiser (2000:36) menyatakan bahwa “Serat optik terbuat dari bahan dielektrik yang berbentuk seperti kaca (*glass*). Di dalam serat inilah energi listrik diubah menjadi cahaya yang akan ditransmisikan sehingga dapat diterima di ujung unit penerima (*receiver*) melalui *transducer*”.

Struktur dasar dari kabel serat optik dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Struktur Dasar Kabel Serat Optik
(Keiser, 2000:36)

Secara umum struktur serat optik terdiri dari 3 bagian, yaitu:

a. *Core* (Inti)

Bagian yang paling utama dinamakan bagian inti (*core*), dan mempunyai indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. Terbuat dari bahan silica (SiO_2) atau plastik dan merupakan tempat merambatnya cahaya, dengan kisaran diameter antara $8\text{ }\mu\text{m}$ - $200\text{ }\mu\text{m}$ dalam hal ini tergantung dari jenis serat optiknya.

b. *Cladding* (Selubung)

Cladding berfungsi sebagai cermin yang memantulkan cahaya agar dapat merambat ke ujung lainnya. Dengan adanya *cladding* ini cahaya dapat merambat dalam *core* serat optik. *Cladding* terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias yang lebih kecil dari *core*. *cladding* merupakan selubung dari *core*. Diameter *cladding* antara $125\mu\text{m}$ - $400\mu\text{m}$, hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core*, yaitu mempengaruhi besarnya sudut kritis.

c. *Buffer Coating* (Jaket)

Buffer Coating berfungsi sebagai pelindung mekanis pada serat optik yang terbuat dari bahan plastik. Berfungsi untuk melindungi serat optik dari kotoran, goresan, dan kerusakan lainnya.

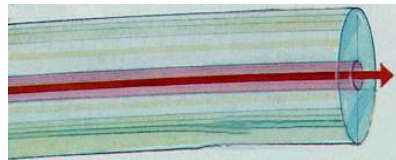
2. Jenis-jenis Serat Optik

Berdasarkan keperluan yang berbeda-beda, maka serat optik dibuat dalam dua jenis utama yang berbeda, yaitu serat optik *single-mode* dan *multi-mode*.

a. Serat Optik *single-mode*

Menurut Keiser (2000:37)

“Serat optik *single-mode* mempunyai inti sangat kecil, diameter dari inti serat optik jenis ini adalah 8 – 12 μm , pada Gambar 2 dapat dilihat bagaimana perambatan gelombang terjadi pada sistem serat optik *single-mode*. Cahaya yang merambat secara paralel di tengah membuat terjadinya sedikit dispersi pulsa. serat optik *single-mode* mentransmisikan cahaya laser inframerah (panjang gelombang 1300-1550 nm). Jenis serat ini digunakan untuk mentransmisikan satu sinyal dalam setiap serat”.



Gambar 2. Perambatan Gelombang pada *Single-mode Fibers*
(www.arcelect.com,2013)

Serat optik *single-mode* memiliki *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan dengan *mode* lainnya, dimana serat optik ini juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mentransmisikan cahaya ke penerima.

b. Serat Optik *multi-mode*

Serat optik *multimode* mempunyai ukuran inti lebih besar dari jenis *single-mode*, ukuran diameter serat optik jenis ini antara 50 – 200 μm , dan mentransmisikan cahaya inframerah (panjang gelombang 850-1300 nm) dari lampu *light-emitting diodes* (LED).

Serat ini digunakan untuk mentransmisikan banyak sinyal dalam setiap serat dan sering digunakan pada jaringan komputer dan *Local Area Networks* (LAN). Serat optik *multi-mode* dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

1) *Step-index multimode*

Serat optik jenis *step index multimode* memiliki nilai indeks bias inti (n_1) yang seragam di seluruh bagian intinya. Keseragaman ini mengakibatkan adanya selisih yang cukup besar antara indeks bias inti (n_1) dengan indeks bias *Cladding* (n_2). Bentuk pantulan cahaya dari *mode* jenis ini dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. *Step Index Multimode*
(www.arcelect.com,2013)

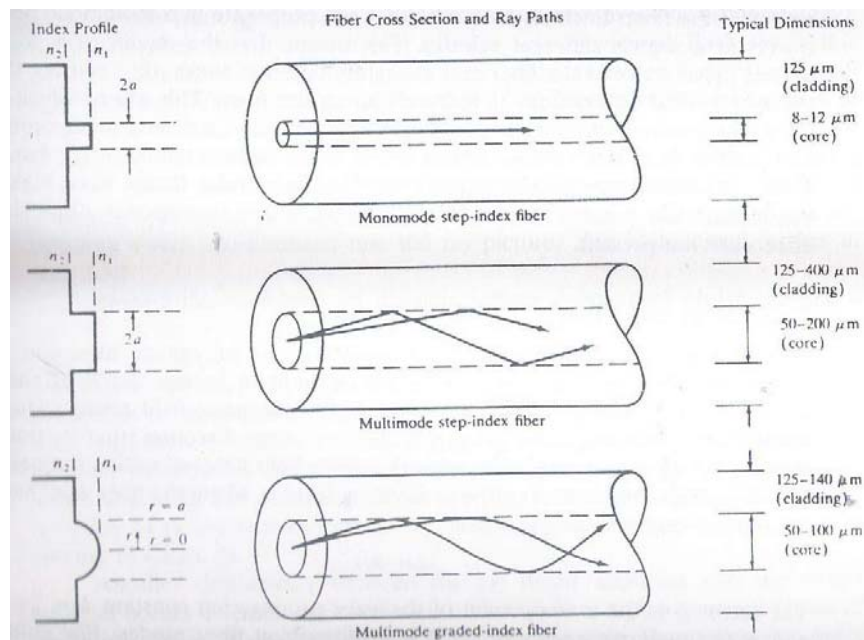
2) *Graded Index Multimode*

Serat optik jenis ini memiliki inti dengan indeks bias yang berangsur-angsur mengecil ketika jaraknya semakin jauh dari sumbu inti dan akan membentuk *mode* parabola. Perambatan cahaya pada kabel serat optik jenis ini dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. *Graded Index Multimode*
(www.arcelect.com,2013)

Perbandingan dari ketiga jenis serat optik ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Jenis-jenis Serat Optik
(Keiser,2000:37)

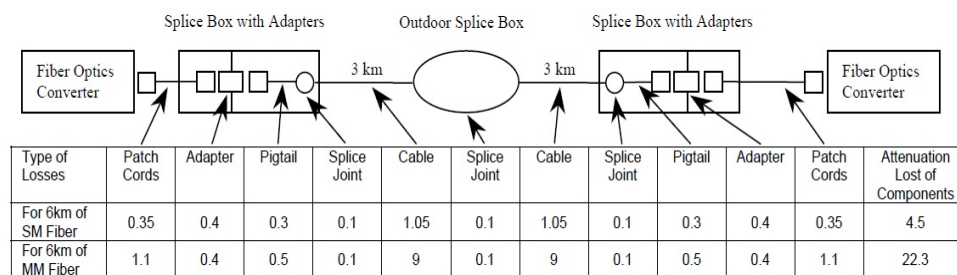
Berdasarkan Gambar 5, terlihat adanya perbedaan antara setiap jenis serat optik yang telah dibahas pada bagian sebelumnya. Dari segi fisik, terlihat jelas perbedaan antara *single-mode* dengan *multi-mode*, perbedaan ini terletak pada diameter *core* yang lebih besar pada *multi-mode*.

3. Perbedaan Redaman Pada *Single-mode* dan *Multimode*.

Vector Infotech (2001:1) mengatakan bahwa “Ketika merancang sebuah sistem komunikasi serat optik, ada dua faktor yang harus dipertimbangkan, yaitu *system loss budget* dan pelemahan secara keseluruhan dari komponen serat optik”. *System Loss Budget* mengacu pada toleransi dari peralatan serat optik antara *transmit power* (daya yang dipancarkan) dan *receive sensitivity* (sensitivitas penerimaan). Sehingga *System Loss Budget* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{System Loss Budget} = \text{transmit power} - \text{receive sensitivity} \quad (1)$$

Agar sistem komunikasi serat optik dapat bekerja, rugi-rugi dari komponen serat optik harus lebih kecil dari rugi-rugi pada sistem. Komponen yang terdapat pada sebuah sistem komunikasi serat optik adalah *splice*, *fiber cable*, *pigtail*, dan *patch cord*. Gambar 6 menunjukkan diagram dari sistem kabel serat optik tipikal dengan masing-masing *loss*.



Gambar 6. Sistem kabel serat optik dan masing-masing *loss*
(www.vectorinfotech.com,2011)

4. Cara Kerja Serat Optik

a. Transmisi Cahaya Pada Serat Optik

Menurut AR Nugraha dalam Fhadila Hani (2011)

“Jika cahaya hendak dipancarkan ke sasaran yang lurus, hal itu dapat dilakukan dengan menyorotkan cahaya ke sasaran yang dituju karena cahaya merambat lurus. Tetapi bagaimana jika cahaya hendak dipancarkan melalui daerah yang berbelok-belok ataupun berupa lintasan yang rumit, seperti di bawah tanah atau lubang yang kecil. Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan suatu sistem yang bekerja seperti cermin tetapi memiliki efisiensi tinggi. Sistem pemantulan inilah yang merupakan prinsip dasar serat optik”.

Serat optik akan mengirimkan data dengan media cahaya dalam serat optik yang merambat melewati inti dengan pemantulan (memantul dari dinding pembungkus atau *cladding*) yang tetap. Karena *cladding* tidak menyerap cahaya dari inti maka cahaya dapat melintasi jarak yang cukup jauh. Walaupun begitu ada beberapa cahaya yang mengalami kerugian (*loss*) ketika merambat dalam serat. Hal itu disebabkan karena pengotoran atau ketidakmurnian kaca. Besarnya kerugian cahaya tergantung kemurnian kaca dan panjang gelombang cahaya yang ditransmisikan.

b. Indeks Bias

Menurut Crisp dan Elliot (2008:33-35)

“Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan yang jernih, kecepatannya akan turun sebesar suatu faktor yang ditentukan oleh karakteristik bahan yang dinamakan indeks bias. Dengan kata lain indeks bias adalah perbandingan antara kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya di dalam bahan. Sebagian besar bahan yang digunakan untuk membuat serat optik memiliki nilai indeks bias sekitar 1,5”

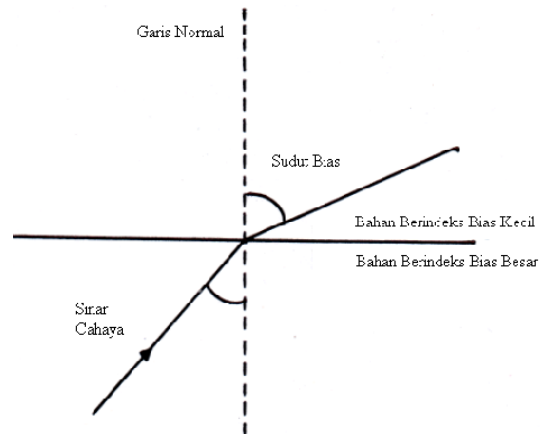
Karena indeks bias sebenarnya merupakan nilai perbandingan (rasio) antara kecepatan cahaya di dalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya di dalam bahan, maka besaran indeks bias tidak memiliki satuan. Dengan indeks bias berperan sebagai faktor pembagi dalam menentukan kecepatan cahaya di dalam suatu bahan, hal ini berarti bahwa semakin rendah nilai indeks bias maka semakin tinggi kecepatan cahaya di dalam bahan terkait.

c. Hukum Snellius

Menurut Crisp dan Elliot (2008:15-16)

“Sudut satu arah perambatan sinar cahaya diukur dengan mengacu ke garis normal bidang perbatasan antara kedua bahan. Garis normal adalah sebuah garis yang mengarah tegak lurus terhadap permukaan bidang perbatasan. Sudut yang dibentuk oleh arah sinar datang ke bidang perbatasan (terhadap garis normal) dan sudut yang dibentuk oleh arah sinar meninggalkan bidang perbatasan (terhadap garis normal) secara berturut-turut disebut sebagai sudut datang dan sudut bias sinar cahaya”.

Gambar 7 menggambarkan bagaimana pemantulan cahaya terjadi menurut Hukum Snellius.



Gambar 7. Prinsip Pemantulan Cahaya Menurut Hukum Snellius (Crisp dan Elliot, 2008:15)

Gambar 7 menggambarkan bahwa sudut bias akan lebih besar dari sudut datang ketika cahaya merambat dari bahan yang berindeks bias besar ke bahan lainnya yang berindeks bias lebih kecil. Willebrord Snellius, seorang astronom berkebangsaan Belanda yang hidup di abad ke-17, menemukan bahwa terdapat suatu hubungan matematis antara indeks bias kedua bahan dengan nilai sinus dari sudut-sudut sinar. Ia merumuskan hukum matematika ini pada tahun 1621.

Menurut Crisp dan Elliot (2008:33-35), Hukum Snellius dapat dinyatakan dengan:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2)$$

Dimana:

- n_1 : nilai indeks bias bahan pertama
- n_2 : nilai indeks bias bahan kedua
- θ_1 : sudut datang, dan
- θ_2 : sudut bias.

Terdapat empat variabel matematika di dalam persamaan di atas, sehingga dengan mengetahui tiga diantaranya saja kita dapat menentukan nilai variabel keempat. Dengan demikian, besarnya pembiasan (pembelokan arah cahaya) yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Snellius.

d. Sudut Kritis

Menurut Crisp dan Elliot (2008:17)

“Sudut perambatan sinar cahaya akan bertambah jika sinar memasuki sebuah bahan dengan indeks bias yang lebih kecil. Jika sudut datang sinar (di dalam bahan pertama) menuju bidang perbatasan terus diperbesar, akan tercapai suatu titik dimana sudut bias menjadi bernilai 90° dan sinar akan merambat sejajar dengan bidang perbatasan di dalam bahan kedua. Sudut datang yang menyebabkan terjadinya hal ini disebut sebagai sudut kritis”.

Sudut kritis dapat dihitung dengan mengambil nilai sudut bias sebesar 90° dan memasukkannya kedalam persamaan Hukum Snellius berikut:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin 90^\circ$$

Karena nilai $\sin 90^\circ$ adalah 1, maka persamaan tersebut dapat disusun kembali untuk mendapatkan $\sin \theta_1$ dan kemudian nilai sudut θ_1 (dalam hal ini adalah sudut kritis) menjadi:

$$\theta_{\text{kritis}} = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (3)$$

e. Pemantulan Internal Sempurna

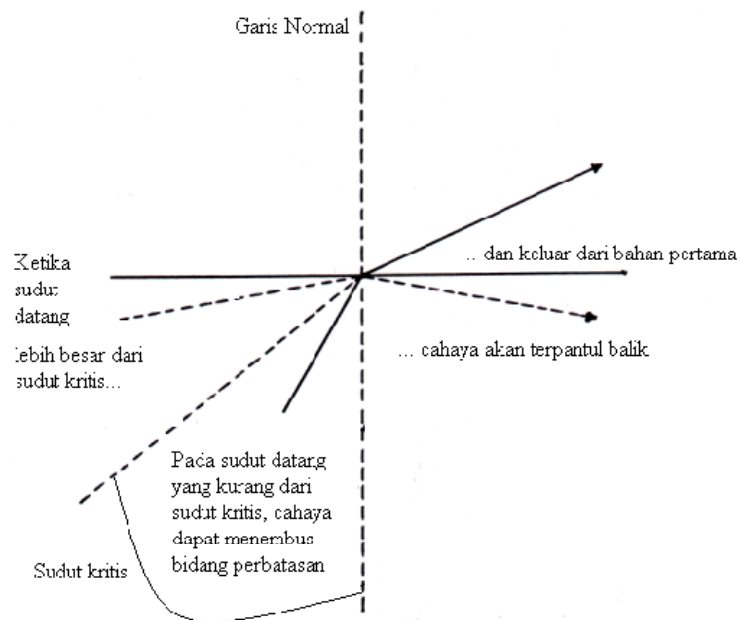
Pemantulan internal sempurna menurut Crisp dan Elliot (2008:18) merupakan “sudut kritis yang diberi nama demikian karena

sudut ini memang berperan sangat penting (kritis) di dalam prinsip kerja serat optik. Jika cahaya merambat dengan sudut datang yang kurang dari sudut kritis, maka cahaya akan dibiaskan keluar dari bahan pertama sebagaimana telah kita ketahui dari penjelasan sebelumnya”.

Akan tetapi, jika cahaya merambat menuju bidang perbatasan dengan sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis, maka cahaya tersebut akan dipantulkan kembali oleh bidang perbatasan ke dalam bahan pertama. Dalam kasus ini, bidang perbatasan hanya berperan sebagai sebuah bidang pantul. Efek semacam ini disebut sebagai pemantulan internal sempurna (*total internal reflection/TIR*).

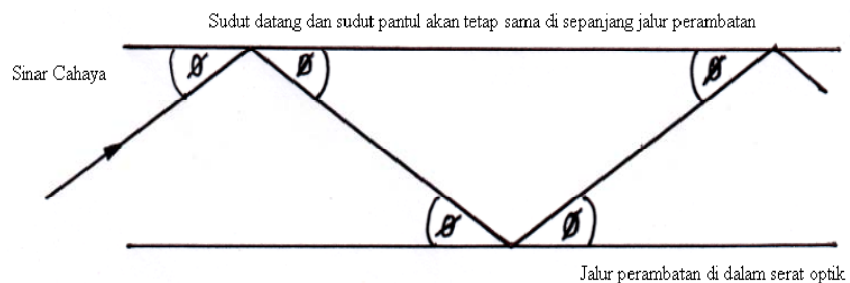
Apabila sudut datang sinar lebih besar dari sudut kritis, maka sinar akan dipantulkan balik ke dalam bahan pertama melalui proses yang telah dikenal sebagai pemantulan internal sempurna. Setiap cahaya yang ditembakkan menuju bidang perbatasan dengan sudut datang lebih besar dari sudut kritis akan merambat sepenuhnya di dalam serat optik.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, terlihat gambar perjalanan cahaya pemantulan internal sempurna berdasarkan Hukum Snellius.



Gambar 8. Pemantulan Internal Sempurna
(Crisp dan Elliot, 2008:18)

Efek ini merupakan jawaban bagi pertanyaan mengenai bagaimana cahaya dapat ‘terkurung’ di dalam serat optik. Jika serat optik memiliki sisi-sisi yang saling sejajar, dan dibungkus oleh sebuah bahan lainnya (mantel) dengan indeks bias yang lebih kecil, maka cahaya dapat dibuat selalu terpantul balik di bidang perbatasan serat mantel dengan sudut yang tetap. Seperti yang digambarkan pada Gambar 9.

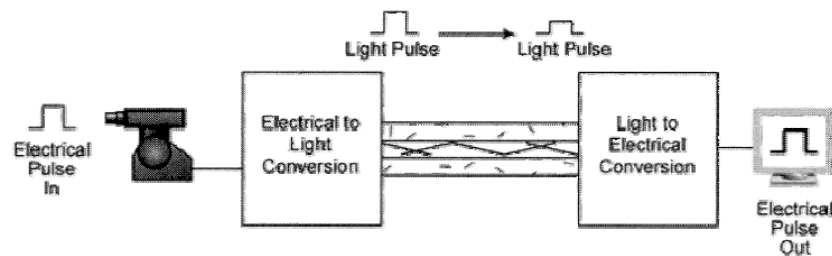


Gambar 9. Pantulan cahaya didalam *core* serat optik
(Crisp dan Elliot, 2008:18)

Crisp dan Elliot (2008:19) menyatakan bahwa “Setiap sinar cahaya yang ditembakkan menuju bidang perbatasan dengan sudut datang lebih besar dari sudut kritis akan merambat sepenuhnya di dalam serat optik”

5. Komponen Komunikasi Serat Optik

Suatu transmisi serat optik terdiri dari tiga komponen utama yaitu perangkat pengirim (Tx), perangkat penerima (Rx), dan media transmisi itu sendiri dalam hal ini adalah serat optik. Hubungan ketiga komponen ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan transmisi serat optik
(www.arcelect.com,2013)

Berdasarkan Gambar 10, dapat dilihat blok-blok dari sistem komunikasi serat optik. Blok pengirim akan merubah sinyal listrik menjadi berkas cahaya yang akan ditransmisikan oleh serat optik, karena serat optik hanya mampu melewatkan berkas cahaya saja. Berkas cahaya yang ditransmisikan melalui serat optik ini akan mengalami peredaman atau pelemahan sinyal sepanjang kabel serat optik. Sinyal cahaya yang telah sampai ke tujuan akan dirubah kembali menjadi sinyal listrik agar bisa diproses kedalam bentuk aslinya.

B. Redaman (*attenuation*) pada komunikasi serat optik

Menurut Keiser dalam Auzaiy (2008)

“Ada beberapa komponen yang menjadi bahan pertimbangan dalam mendesain suatu jaringan. Salah satunya adalah redaman (*attenuation*) pada transmisi serat optik. Redaman transmisi ini mengakibatkan penurunan daya cahaya dan juga penurunan *bandwidth* dari sistem, transmisi informasi yang dibawa, efisiensi, dan kapasitas sistem secara keseluruhan. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi serat optik itu sendiri atau karena adanya faktor lain berupa gangguan ataupun penambahan komponen pendukung yang dibutuhkan dalam komunikasi serat optik, seperti konektor, *splice*, ataupun komponen lain yang disambungkan pada saluran transmisi”.

Menurut rekomendasi ITU-T G.652, 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 diizinkan yaitu 0,3 sampai 0,4 dB/km untuk panjang gelombang 1310 nm dan 0,17 sampai 0,25 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.

1. Perhitungan Redaman Serat Optik

Keiser (2000:92) menyatakan bahwa “Redaman pada serat optik merupakan pelemahan daya dari cahaya yang ditransmisikan mulai dari pemancar sampai jarak tertentu”. Misalkan pada suatu komunikasi serat optik disalurkan cahaya dengan daya $P(0)$ dari pemancar, maka pada jarak 1 km sinyal tersebut akan mengalami degradasi dan penurunan daya

menjadi $P(z)$. Pelemahan sinyal ini dinyatakan dalam satuan dB/km dan dilambangkan dengan α (alpha). Perumusannya dapat menggunakan Persamaan (4) berikut ini:

$$\alpha = \frac{10}{z} \log \left[\frac{P(0)}{P(z)} \right] \quad (4)$$

Dengan,

- α = pelemahan sinyal (dB/km)
- z = jarak (km)
- $P(0)$ = Daya awal
- $P(z)$ = Daya pada jarak 1 km dari titik awal.

Untuk menghitung daya input dalam dBm, dapat menggunakan persamaan (5) berikut ini:

$$Pin (dBm) = 10 \log \left[\frac{Pin (W)}{1 mW} \right] \quad (5)$$

Sedangkan untuk menghitung daya output berdasarkan persamaan (5) dalam dB adalah:

$$Pout (dBm) = 10 \log \left[\frac{Pin (W)}{1 mW} \right] - \alpha z \quad (6)$$

Dimana αz adalah pelemahan sinyal dalam dB/km dikalikan dengan jarak kabel serat optik dalam km.

Untuk menghitung rugi-rugi berdasarkan daya yang telah diketahui dalam pengukuran daya menggunakan power meter, maka digunakan Persamaan (7) untuk mengetahui besarnya nilai redaman/km.

$$Loss(dB/km) = \frac{(Pin - Pout)}{L}; \quad (7)$$

Dimana :

- $Loss$: redaman yang terjadi setiap km kabel serat optik (dB/km).
- Pin : daya input (dBm)

P_{out} : daya output (dBm)

L : jarak lokasi pengukuran kabel serat optik (km)

Sedangkan untuk menghitung redaman pada kabel serat optik menggunakan persamaan (8) berikut:

$$\alpha f \text{ (dB)} = \text{panjang kabel (km)} \times \text{Loss kabel (dB)} \quad (8)$$

2. Absorption (penyerapan)

Redaman yang diakibatkan oleh *absorption* ini analog dengan disipasi daya pada kabel tembaga, dimana serat optik menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi panas. Untuk mengatasi hal ini perlu adanya material pembentuk serat optik yang benar-benar murni yang diperkirakan kemurniannya sampai 99,9999%. Namun redaman berupa *absorption* antara 1 sampai 10 db/km tetap saja dirasa cukup besar. Menurut Keiser (2000:96) “Ada dua faktor yang turut menimbulkan redaman absorption pada serat optik yaitu *ultraviolet absorption* dan *infrared absorpotion*.”

a) *Ultraviolet Absorption*, disebabkan oleh elektron valensi dari bahan silika. Cahaya mengionisasi elektron valensi tersebut menjadi konduktor. Ionisasi tersebut sama saja dengan rugi cahaya total dan tentu akan menimbulkan redaman pada transmisi serat optik. Persamaan dalam menghitung penyerapan ini dapat dilihat pada persamaan (9) di bawah ini.

$$\alpha_{uv} = \frac{154,2x}{46,6x+60} \times 10^{-2} \exp\left(\frac{4,63}{\lambda}\right) \quad (9)$$

- b) *Infrared absorption*, diakibatkan oleh terserapnya photon-photon cahaya oleh atom-atom molekul inti kaca. Ini menyebabkan photon-photon bergetar secara acak dan menyebabkan panas.

Persamaan untuk menghitung penyerapan infrared dapat dilihat pada persamaan (10) di bawah ini.

$$\alpha_{IR} = 7,81 \times 10^{11} \times \exp\left(\frac{-48,48}{\lambda}\right) \quad (10)$$

Menurut Crisp dan Elliot (2008:58) “redaman berupa absorpsi ini disebabkan oleh zat kotoran yang masih tersisa didalam bahan inti yang akan menyerap sebagian dari energi cahaya yang merambat didalam serat optik”. Kontaminan yang menimbulkan efek paling besar adalah ion-ion hidroksil dan zat-zat logam. Selanjutnya dijelaskan langkah yang perlu dilakukan untuk mencegah kontaminan yang akan menyerap energi cahaya adalah dengan menjaga zat-zat kotoran agar tidak tertinggal didalam kaca saat proses manufaktur dilakukan. Kandungan kontaminan harus dapat ditekan sekecil mungkin, dengan nilai perbandingan ideal 1 : 10^9 untuk air, dan 1 : 10^{10} untuk zat-zat logam.

3. *Scattering Losses* (penghamburan)

Keiser (2000:97) menyatakan bahwa “Rugi-rugi ini disebabkan oleh adanya variasi indeks bias dalam jarak relatif pendek terhadap panjang gelombang λ ”. Variasi ini antara lain disebabkan oleh:

- Absorpsi panas yang merubah kerapatan struktur *core* dan indeks bias.
- Tidak meratanya komposisi bahan *core*, menyebabkan penghamburan cahaya optik. Penghamburan ini sangat mempengaruhi batas rugi-rugi

minimum dalam serat optik. Menurut Keiser (2000:97-99) “Redaman ini berasal dari variasi mikroskopik pada kepadatan material serat optik”.

Pada dasarnya, serat optik terbentuk dari beberapa molekul. Keberadaan molekul pada serat optik memiliki kepadatan molekul yang lebih padat pada suatu bagian dari pada bagian lainnya. Adanya perbedaan kepadatan molekul ini menimbulkan variasi indeks bias pada serat optik dalam jarak tertentu yang relatif kecil dibandingkan dengan panjang gelombang.

Variasi indeks bias akan menyebabkan hamburan Rayleigh dari cahaya tersebut. Hamburan Rayleigh ini berbanding terbalik dengan λ^4 sehingga nilai redaman akibat penghamburan ini akan berkurang seiring dengan pertambahan panjang gelombang. Apabila perhitungan hanya didasarkan pada perubahan panas, koefisien rugi-rugi penghamburan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\propto S = \frac{34.748\pi^3(n^2 - 1)^2 k_B T_f \beta_T}{\lambda^4} \quad (11)$$

Dimana:

- αS = Rugi-rugi *Scattering/Rayleigh* (dB)
- B_T = Koefisien kemampatan isothermis bahan ($7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$)
- n = Indeks bias inti (1,46)
- k_B = Konstanta Boltzman ($1,381 \times 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$)
- T_f = Suhu dimana fluktuasi kerapatan melebur dalam gelas (1400°K)
- λ = panjang gelombang (m)

Menurut Oktavianto Utomo S (2005:2) “penyebaran *rayleigh* terjadi sebagai akibat tidak homogennya indeks bias pada *core* serat optik. Bilamana pada *core* serat optik terjadi perubahan indeks bias yang lebih pendek dari panjang gelombang sinar yang dirambatkan, maka akan terjadi hamburan”.

Selanjutnya Utomo menyatakan bahwa parameter-parameter yang digunakan untuk menghitung redaman berupa *scattering loss*/ hamburan *rayleigh* telah diketahui beberapa parameter seperti indeks bias inti dengan nilai 1,46, koefisien kemampatan isothermis bahan sebesar $7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$, Konstanta Boltzman sebesar $1,381 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$, dan suhu dimana fluktuasi kerapatan melebur dalam gelas sebesar 1400°K .

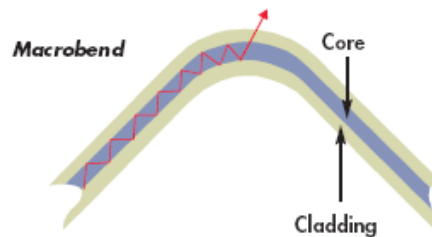
4. Bending Losses (pembengkokan)

Saat melakukan instalasi serat optik pada suatu saluran transmisi akan ada beberapa kondisi yang akan mengubah keadaan fisik dari serat optik tersebut. Karena pemasangan kabel serat optik yang ditanam didalam tanah, harus menyesuaikan terhadap struktur tanah, artinya harus menghindari penghalang dan ditanam pada jalur yang aman. Keadaan seperti ini terkadang mengharuskan kabel dipasang dengan pembelokan. Selain pembelokan, tekanan secara fisik serat optik maupun kesalahan dalam instalasi serat optik juga akan berpengaruh terhadap kondisi fisiknya.

Menurut Keiser (2000:100) Redaman yang diakibatkan oleh *bending losses* ini terdiri dari dua jenis, yaitu:

a. *Macrobending*

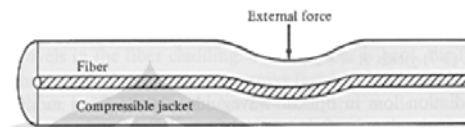
Pembengkokan macro adalah pembengkokan dengan radius pembengkokan yang mempengaruhi banyaknya pelemahan sinyal yang berpropagasi dalam inti. Adanya pembengkokan dengan radius pembengkokan lebih besar dari radius inti serat optik mengakibatkan sebagian sinyal hilang terutama dalam pembengkokan serat optik. Bentuk fisik dari pembengkokan macro digambarkan pada Gambar 11.



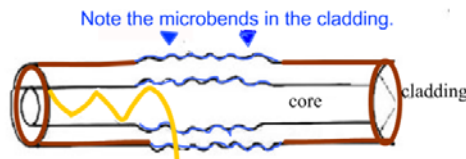
Gambar 11. Redaman berupa *Macrobending*
(www.siemon.com, 2014)

b. *Microbending*

Keiser (2000:102) menyatakan bahwa “Pembengkokan mikro berasal dari keadaan kabel yang tidak sempurna akibat berbagai pengaruh dari luar kabel, seperti tekanan dari luar, ataupun ketidaksempurnaan bentuk inti didalam kabel serat optik tersebut. Adanya perubahan radius inti berakibat sama seperti halnya pada pembengkokan makro dimana sinyal yang berpropagasi akan hilang pada saat berpropagasi”.



(a).



(b)

Gambar 12. (a). *Microbending* akibat adanya tekanan dari luar,
 (b). *Microbending* akibat kesalahan produksi.
 (Keiser, 2000:102)

5. *Fresnel Reflection* (Pantulan Fresnel)

Menurut Keiser dalam Auzaiy (2008) “Faktor lain yang turut memberikan sumbangan redaman pada suatu sistem komunikasi serat optik adalah *fresnel reflection*”. *Fresnel Reflection* ini merupakan fenomena yang terjadi kibat penggunaan konektor dalam menyambung dua buah serat optik. Pada umumnya, saat instalasi dua kabel dihubungkan oleh konektor tersebut tidak dihubungkan secara langsung namun diberikan sedikit jarak. Jarak antara dua buah serat optik memberikan rongga udara diantaranya. Hal ini menyebabkan meskipun kedua serat optik ini memiliki indeks bias yang sama tetap akan daya yang dipantulkan kembali ke arah kabel pengirim karena ada beda indeks bias antara inti dengan udara.

Untuk menghitung koefisien dari *fresnel reflection* digunakan persamaan (12) sebagai berikut:

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (12)$$

Dimana, n_1 = indeks bias inti
 n_2 = indeks bias *cladding*

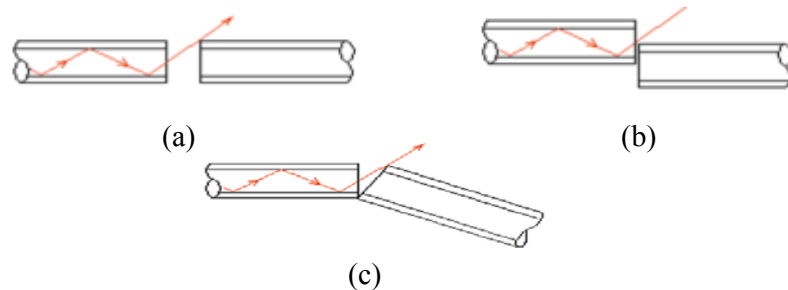
Besarnya daya yang hilang akibat *fresnel reflection* menggunakan persamaan (13) berikut ini:

$$Loss \text{ (dB)} = -10 \log (1-R) \quad (13)$$

6. Splice Losses (penyambungan)

Menurut Crisp dan Elliot (2008:101)

“pada kabel serat optik, terdapat tiga masalah utama didalam proses menyambung dua serat optik, yaitu tipe kedua serat optik harus saling kompatibel, ujung kedua serat harus diletakkan sedekat-dekatnya dengan satu sama lainnya hingga menyisakan sekecil mungkin celah diantara keduanya, dan posisi kedua serat harus dibuat saling bersesuaian seakurat mungkin dititik persambungan”.



Gambar 13. Tiga tipe masalah penyambungan, (a). *Longitudinal misalignment*, (b). *Lateral misalignment*, dan (c). *Angular Misalignment* (Keiser, 2000:218)

Untuk menghitung redaman yang diakibatkan oleh *splicing* menggunakan persamaan (14) berikut ini:

$$\alpha_{Sp} = \left(\frac{\text{Jarak Total Kabel}}{2} \right) - 1 \times \text{loss sambungan (dB)}$$

atau jika jumlah *splice* diketahui, maka:

$$\alpha_{Sp} = \text{jumlah splice} \times \text{loss sambungan (dB)} \quad (14)$$

Menurut Oktavianto Utomo S (2005:2)

“rugi-rugi ini ditimbulkan akibat tidak sempurnanya kegiatan penyambungan (*splice*) sehingga sinar dari serat optik yang satu tidak dapat dirambatkan seluruhnya kedalam serat optik lainnya. Beberapa kesalahan penyambungan yang menimbulkan rugi-rugi antara lain:

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 serat optik yang disambungkan”.

Berdasarkan penjelasan di atas, redaman berupa *splice loss* ini disebabkan oleh tidak sempurnanya penyambungan antara serat optik yang satu dengan yang lain. Ketidaksempurnaan itu dapat menyebabkan celah udara antara kabel serat optik yang disambungkan (*Longitudinal misalignment*) hal ini akan menyebabkan cahaya yang merambat ada yang memantul kembali karena perbedaan indeks bias antara kabel serat optik dengan udara yang terdapat antara celah kabel.

Lateral misalignment terjadi karena pada saat penyambungan kabel sumbu antara kabel yang disambung tidak sejajar sehingga cahaya yang dirambatkan tidak tepat masuk ke bagian inti kabel. Sedangkan *Angular Misalignment* disebabkan oleh keadaan dua buah kabel yang disambungkan membentuk sudut. Sudut ini terjadi karena antara kabel yang disambungkan tidak sejajar sehingga antara permukaan kabel yang disambungkan tidak bertemu dan membuat sudut.

7. Connector Losses

Oktavianto Utomo S (2008:3)

“Konektor serat optik digunakan untuk menyambung kedua ujung kabel serat optik, yang digunakan pada titik-titik dimana fiber berakhir pada pemancar dan penerima. Karena sebuah fiber harus selalu berakhir pada sebuah pemancar disalah satu ujungnya yang dijadikan sebagai *transmitter* dan pada sebuah penerima diujung lainnya yang dijadikan sebagai *receiver*, sehingga terdapat rugi-rugi pada konektor. Faktor-faktor yang mempengaruhi rugi dalam konektor pada suatu sistem komunikasi serat optik adalah ketidaksesuaian ukuran inti, kesalahan letak inti, kesalahan letak sudut, rugi celah optis, dan kotoran yang diakibatkan oleh debu”.

Suatu sistem komunikasi serat optik terdiri dari pengirim, penerima, dan kabel serat optik itu sendiri. Untuk menghubungkan kabel dengan bagian pengirim dan penerima pada bagian akhir dibutuhkan sebuah konektor. Dengan adanya konektor ini tentu akan menambah faktor redaman yang terdapat pada sistem, faktor redaman tersebut antara lain tidak sesuainya ukuran inti serat optik yang dipasang ke konektor, rugi celah optis antara kabel dengan konektor, bahkan kotoran atau debu yang terdapat pada konektor juga dapat menyebabkan kerugian daya pada saat mengirim data dari pengirim ke penerima.

Untuk menghitung *connector loss* secara teori digunakan persamaan (15)

$$\alpha_C \text{ (dB)} = \text{jumlah konektor} \times \text{Loss konektor (dB)} \quad (15)$$

Berdasarkan jenis-jenis redaman di atas, maka perlu adanya pengukuran terhadap redaman itu sendiri. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur redaman pada penelitian ini adalah OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) dan *Optical Power meter*. Berdasarkan mekanisme kerja dari

kedua alat ukur ini maka dapat ditentukan beberapa parameter atau karakteristik yang dapat diukur pada OTDR, antara lain jarak, dari jarak dapat dilihat titik lokasi dalam suatu *link*, ujung *link* atau patahan. *Loss* untuk masing-masing *splice* dan konektor atau total *loss* dari ujung ke ujung dalam suatu *link*. Atenuasi dari serat optik dalam suatu *link*, dan yang terakhir refleksi (*return loss*) dari suatu event. Sedangkan *Optical Power Meter* digunakan untuk mengukur total *loss* berdasarkan hasil daya yang diukur.

Setelah data redaman dan daya hasil pengukuran didapat, kemudian dilakukan perhitungan secara teori menggunakan perhitungan *link power budget*, membandingkan antara data hasil pengukuran dengan hasil perhitungan, setelah itu melakukan analisis redaman terhadap performansi sistem komunikasi serat optik pada objek penelitian.

C. Analisis *Link Power Budget*

Menurut Senior (2009:731)

“*Link power budget* pada sistem komunikasi serat optik digital dilakukan mirip dengan cara *link power budget* dalam sistem komunikasi apa saja. Ketika karakteristik *transmitter*, kerugian pada kabel serat optik dan sensitivitas *receiver* diketahui, proses yang relatif sederhana dari *power budget* memungkinkan jarak repeater atau jarak transmisi maksimum untuk sistem yang akan dievaluasi. Bagaimanapun, perlu untuk memasukkan *margin sistem* ke *optical power budget* sehingga variasi kecil dalam parameter operasi sistem tidak menyebabkan pelemahan yang tidak diharapkan dalam performansi sistem”.

Didalam suatu komunikasi serat optik, tidak akan lepas dari perhatian *link power budget*. Sistem komunikasi optik akan berjalan baik dan lancar apabila tidak kekurangan *link power budget* dan *Rise Time Budget*

(RTB). RTB bertujuan untuk menjamin agar sistem transmisi dapat menyediakan *bandwidth* yang mencukupi pada *bit rate* yang diinginkan.

Link Power budget merupakan suatu hal yang sangat menentukan apakah suatu sistem komunikasi optik dapat berjalan dengan baik atau tidak. Karena *power budget* menjamin agar penerima dapat menerima daya optik sinyal yang diperlukan untuk mendapatkan *Bit Error Rate* (BER) yang diinginkan.

Perhitungan dan analisis *power budget* merupakan salah satu metode untuk mengetahui performansi suatu jaringan. Hal ini dikarenakan metode ini dapat digunakan untuk melihat kelayakan suatu jaringan untuk mengirimkan sinyal dari pengirim sampai ke penerima. Tujuan dilakukannya perhitungan *power budget* adalah untuk menentukan apakah komponen dan parameter desain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal di penerima sesuai dengan tuntutan persyaratan performansi yang diinginkan.

Desain suatu sistem dapat memenuhi persyaratan apabila *System Gain* (Gs) lebih besar atau sama dengan total rugi-rugi. Daya yang diterima lebih kecil dari daya saturasi yang dapat mengakibatkan distorsi di penerima. Desain *link* transmisi optik ditentukan oleh *bit rate* informasi yang ditransmisikan, panjang *link total* dan BER yang diinginkan. Bit rate dan panjang *link total* menentukan karakteristik serat optik, tipe sumber optik (pengirim) dan tipe *detector* optik (penerima) yang digunakan. Dengan mengetahui ketiga komponen tersebut, power budget dapat dihitung sehingga dapat diperoleh jarak transmisi maksimum antara pengirim dan penerima.

Satuan pengukuran yang digunakan untuk mengukur *power budget* adalah *decibel* (dB). dB merupakan satuan relatif yang menyatakan level daya atau tegangan yang dilogaritmakan. Ada satuan absolut dan ada satuan relatif. Untuk satuan absolut adalah:

1. dBm : menyatakan level daya terhadap referensi daya 1 miliwatt.

$$\text{Daya (dBm)} = 10 \log P(\text{mwatt})/1 \text{ mwatt}$$

Level tegangan pada satuan ini umum digunakan pada komponen-komponen sistem optik, misalnya sumber optik dan penerima optik.

2. dBw : menyatakan level daya terhadap referensi daya 1 watt

$$\text{daya (dBw)} = 10 \log P(\text{watt})/1 \text{ watt.}$$

Hubungan antara satuan yang satu dengan yang lainnya adalah:

$$0 \text{ dBm} = -30\text{dBw} = 1 \text{ mwatt}$$

Untuk menghitung nilai redaman berdasarkan spesifikasi alat yang digunakan berdasarkan standar ITU-T. Persamaan (16) digunakan untuk menghitung redaman total yang terjadi sepanjang kabel serat optik.

$$\sum Loss = (\alpha f + \alpha C + \alpha S) \quad (16)$$

Dimana :

$\sum Loss$	= redaman total sepanjang kabel serat optik (dB).
αf	= redaman pada kabel serat optik (dB).
αC	= redaman pada setiap konektor (dB).
αSp	= redaman pada <i>splice</i> atau penyambungan (dB).

Untuk mencari perhitungan *link power budget*, terhadap nilai daya receiver, menggunakan persamaan (17) di bawah ini:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - (\sum Loss + \text{Margin}) \quad (17)$$

Dimana :

P_{Rx}	= Daya pada <i>receiver</i> .
P_{Tx}	= Daya <i>Transmitter</i> pada perangkat
$\Sigma Loss$	= jumlah <i>Loss</i> yang terjadi di sepanjang kabel serat optik.
Margin	= nilai yang digunakan untuk mengkompensasi redaman yang terjadi pada kabel serat optik, sekitar 3dB.

D. Alat Ukur Pendukung Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah pengukuran redaman dan daya pada sistem komunikasi serat optik. Pengukuran adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kuantitatif). Jadi mengukur adalah suatu proses mengaitkan angka secara empirik dan obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau *event* yang diukur.

Pengukuran dilakukan dengan tujuan untuk dapat membandingkan parameter pada obyek yang diukur terhadap besaran yang telah distandarkan. Kegiatan mengukur dapat diartikan sebagai proses perbandingan suatu obyek terhadap standar yang relevan dengan mengikuti peraturanperaturan terkait dengan tujuan untuk dapat memberikan gambaran yang jelas tentang obyek ukurnya.

Pengukuran merupakan suatu usaha untuk mendapatkan informasi deskriptif-kuantitatif dari variabel-variabel fisika dan kimia suatu zat atau benda yang diukur, misalnya panjang 1m atau massa 1 kg dan sebagainya. Namun dalam penelitian ini besaran yang akan diukur adalah daya dan redaman yang dinyatakan dalam satuan dB.

Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengukur daya yang dipancarkan dari pengirim ke penerima, dimana alat yang digunakan adalah *Optical Power Meter*. Selain daya, peneliti juga akan mengukur redaman (*attenuation*) pada sistem komunikasi serat optik, alat ukur yang digunakan untuk mengukur redaman adalah *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR).

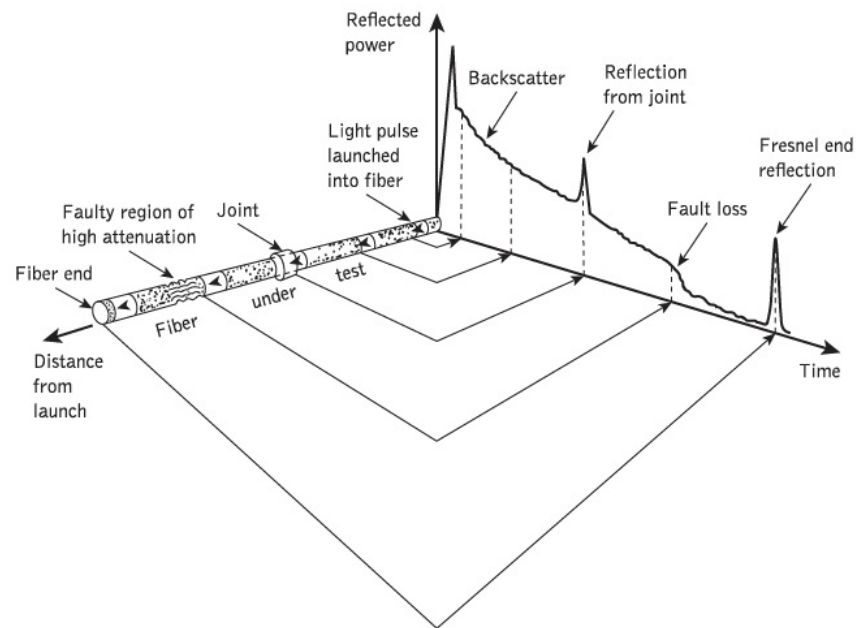
1. *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR)

Menurut TELKOMRisTI (2004:2)

“OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengukur dan mengetest dari serat optik. Sebuah serat optik yang telah dipasang dan berjalan hanya dapat di ukur dan ditest oleh OTDR, baik dalam hal panjang gelombang *multimode* atau *single mode*. Powermeter biasa hanya bisa mengukur total redaman dari fiber optik yang tengah berjalan. OTDR dapat menganalisis setiap dari jarak akan *insertion loss*, *reflection*, dan *loss* yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi ini pada layer tampilan. OTDR juga dapat memaintain akan redaman maksimum yang diijinkan akibat radius *bending* baik *macro bending* (redaman geometri yang terjadi pada saat instalasi) atau *microbending* (redaman geometri akibat adanya ketidakraturan pada bidang batas yang idealnya adalah datar terjadi pada saat fabrikasi.), parameter di atas dapat diukur oleh OTDR sehingga dalam penyambungan dapat diantisipasi redaman yang terlalu tinggi”.

OTDR merupakan salah satu peralatan utama yang digunakan untuk instalasi maupun pemeliharaan *link* serat optik, OTDR memungkinkan sebuah *link* diukur dari satu ujung. OTDR ini dihubungkan ke salah satu ujung sistem komunikasi serat optik dengan panjang daerah ukur hingga 250 km, dan digunakan untuk mendapatkan gambaran visual dari redaman serat optik sepanjang sebuah *link* yang diplot pada sebuah layar, seperti yang digambarkan pada Gambar 14.

OTDR dapat mengukur keseluruhan *loss* atau *loss* di setiap bagian sistem di sepanjang kabel serat optik, maupun di jarak antara titik-titik pengamatan tertentu. Dari OTDR ini dapat dilihat dan dianalisis setiap redaman kabel serat optik, *loss* sambungan, dan *loss* yang muncul pada setiap titik, serta dapat menampilkan informasi pada layar tampilan.



Gambar 14. Tampilan Pada Layar OTDR dan bentuk redamannya
(Senior, J.M, 2009:955)

OTDR memancarkan pulsa cahaya dari sebuah sumber dioda laser ke dalam sebuah serat optik. Sebagian sinyal dipantulkan kembali ke OTDR, sinyal diarahkan melalui sebuah *coupler* ke detektor optik dimana sinyal tersebut dirubah menjadi sinyal listrik yang dinyatakan sebagai *loss* dan waktu tempuh sinyal digunakan untuk menghitung jarak.

Perhitungan jarak pada OTDR menggunakan sistem yang agak menyerupai prinsip kerja radar. Alat ini mengirimkan pulsa cahaya dan

menanti gema (*echo*) dari fiber. Jika kita mengetahui kecepatan cahaya dan dapat mengukur waktu yang dibutuhkan oleh cahaya tersebut untuk merambat di sepanjang fiber, maka perhitungan panjang fiber akan mudah dilakukan.

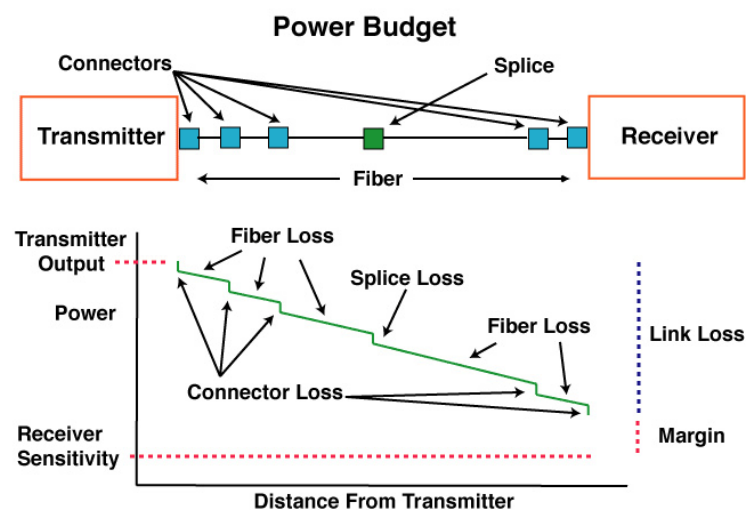
Berdasarkan mekanisme kerja di atas dapat ditentukan beberapa parameter atau karakteristik yang dapat diukur pada OTDR antara lain jarak, dari jarak kita dapat melihat titik lokasi dalam suatu *link*, ujung *link* atau patahan. *Loss* untuk masing-masing *splice* atau *total loss* dari ujung ke ujung dalam suatu *link*. Atenuasi dari serat dalam suatu *link*, dan yang terakhir refleksi (*return loss*) dari suatu *event*.

Beberapa hal didalam komunikasi serat optik yang dapat diukur oleh OTDR menurut TELKOMRisTI (2004:5-6) adalah:

- a. Mengukur jarak pada suatu titik dalam serat.
- b. Besar *loss* rata-rata (dB/km) antara dua titik yang dipilih dalam satu serat.
- c. Mengetahui jenis sambungan.
- d. Mengetahui lokasi titik penyambungan dan berapa besar *loss*-nya.
- e. Bila serat ada gangguan dapat diketahui apakah patah atau redaman.

Hasil pengukuran dari OTDR ditampilkan dalam representatif bentuk grafik pada layar monitornya, dari pengukuran dengan OTDR didapatkan perwakilan ciri-ciri isyarat pemantulan balik bagi suatu serat optik melalui panjangnya dalam bentuk grafik. OTDR menggambarkan ciri-ciri ini dalam bentuk grafik pada layar (*screen*), dimana untuk jarak

ditunjukkan oleh sumbu-x dan sedangkan isyarat pemantulan balik (reflection) ditunjukkan pada sumbu-y dalam unit dB. Selanjutnya informasi seperti redaman kabel serat optik, redaman penyambungan, dan lokasi *crack* dapat ditentukan dari hasil tampilan ini. Bentuk grafik dan jenis redaman pada layar OTDR dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Bentuk Grafik Pada Monitor OTDR
(www.thefoa.org, 2004:7)

2. Optical Power Meter

Crisp and Elliot (2008:48) menyatakan bahwa "*Power meter* (alat ukur daya) jika dilihat sekilas nampak mirip dengan sumber cahaya (lihat gambar 16), keduanya sering dipasarkan sebagai pasangan kembar yang seolah-olah tidak menampilkan perbedaan antara sumber cahaya dan power meter yang digunakan bersama-sama, sehingga keduanya saling kompetibel".

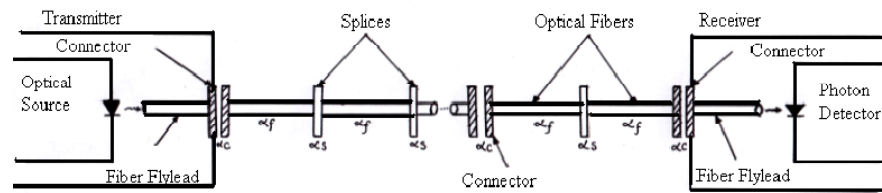
Baik itu sumber cahaya maupun *power meter* memiliki perbedaan pada fisiknya, meskipun cara kerja dari keduanya adalah sama yaitu untuk mengukur daya yang terjadi pada suatu *link* tertentu dan biasanya hanya dapat mengukur total redaman dari suatu sistem yang sedang beroperasi berdasarkan spesifikasi yang digunakan.

Seperti OTDR tampilan hasil pengukuran akan terlihat pada power meter, sebelum digunakan *power meter* harus dikalibrasi terlebih dahulu agar hasil pengukuran benar-benar akurat.



Gambar 16. Power Meter dan Sumber Cahaya
(www.AFLglobal.com, 2012:1)

Menurut Keiser (2000:325) Parameter yang dapat disetel antara lain jenis panjang gelombang yang digunakan apakah 1310 nm atau 1550 nm dan level daya yang digunakan apakah dalam satuan dB atau dBm. Keseluruhan parameter ini disetel sesuai keinginan dan kebutuhan. Pada Gambar 17 dapat dilihat contoh *link* secara umum dan bagian-bagian pengukuran menggunakan *optical power meter*.



Gambar 17. Contoh *Link* Secara Umum dan Bagian-Bagiannya
(Keiser, 2000:325)

E. Penelitian Yang Relevan

1. Fadhila Hani (2011) dengan judul: Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Kinerja SKSO Menggunakan Metode *Link Power Budget* (Medan-Tebing Tinggi).

Hasil penelitian menyimpulkan hasil dari perbandingan nilai redaman antara pengukuran di lapangan dengan perhitungan secara teoritis, maka didapatkan hasil untuk nilai redaman tertinggi terdapat pada *core* 1 untuk Jalur *East* 21.808 dB pada jarak 84.26705 km dan redaman per km 0.24885 dB. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor salah satunya refleksi yang diakibatkan adanya pertemuan antara 2 terminal OTB (*Optical Termination Box*). Dan untuk Jalur *West* nilai redaman tertinggi terdapat pada *core* 2 yaitu 25.957 dB pada jarak 88.04424 km dan redaman per km 0.28519 dB. Hal ini diakibatkan kurangnya ketelitian pada saat pemasangan konektor maupun sambungan. Dari hasil pengukuran dan perhitungan secara teoritis, nilai dari pengukuran jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil perhitungan, sehingga dapat disimpulkan bahwa analisis redaman pada jalur Medan-Tebing Tinggi dalam keadaan normal dan dapat digunakan untuk beroperasi.

Penelitian ini membandingkan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan secara teori. Namun pada penelitian ini hanya menghitung redaman berdasarkan hasil pengukuran. Hal ini berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan peneliti, karena pada penelitian yang dilakukan juga akan membandingkan antara hasil ukur menggunakan *Power Meter* sebagai hasil perhitungan, hasil ukur OTDR sebagai hasil pengukuran, kemudian dibandingkan dengan standar yang digunakan PT. Telkom namun tetap merujuk pada standar ITU-T..

2. Endy Kusuma Wadhana (2010) dengan judul : Analisa Redaman Serat Optik Terhadap Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik Menggunakan Metode Optical Link Power Budget.

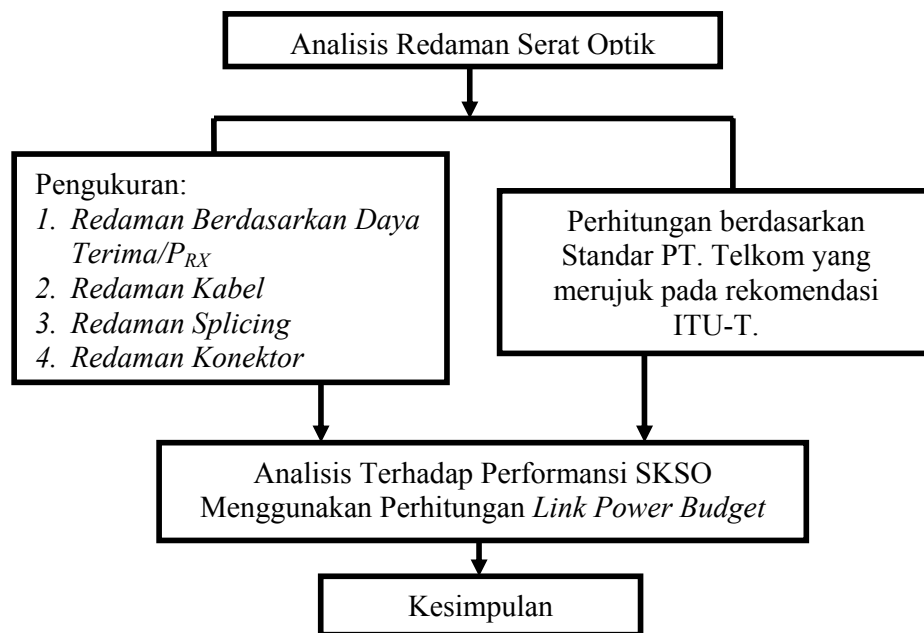
Hasil penelitian menyimpulkan bahwa dari hasil perbandingan nilai redaman yang dihasilkan dari pengukuran lapangan dengan perhitungan secara teoritis pada jalur Rungkut-Gempol, didapatkan hasil untuk nilai redaman tertinggi terdapat pada core no. 11 dengan nilai total redaman 10.911 dB pada jarak 32.050 Km, dan redaman per kilometer bernilai 0.39 dB, hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor salah satu diantaranya adalah perbedaan kabel yang digunakan pada saat penyambungan berlangsung. Sedangkan pada jalur Rungkut-Sukodono nilai redaman tertinggi terdapat pada core no. 14 dengan nilai total redaman 14.606 dB dan redaman perkilometer adalah 0.48 dB, redaman tertinggi terjadi karena sewaktu dilakukan pengecekan ulang, konektor yang digunakan untuk melakukan *true connect* ke Sukodono mengalami

kerusakan, sehingga pada saat pembacaan di alat ukur, pengukuran redaman jatuh pada daerah Sepanjang.

Pada hasil perbandingan pengukuran dilapangan serta perhitungan secara teoritis, didapatkan nilai dari pengukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil perhitungan, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa instalasi jaringan kabel Rungkut-Gempol dan jalur Rungkut-Sukodono, berdasarkan analisis redaman pada jalur tersebut dalam keadaan normal dan dapat digunakan untuk beroperasi. Dari hasil perhitungan untuk melakukan analisis kinerja dari sistem menggunakan core 37 hingga 18A pada jalur Rungkut-Malang ruas gempol, didapatkan bahwa nilai R_X dari hasil perhitungan lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai R_X *sensitivity* di perangkat, jika core tersebut digunakan untuk transmisi maka kinerja dari sistem komunikasi serat optik dalam keadaan normal, dikarenakan nilai margin masih dapat untuk mengkompensasi redaman yang terjadi.

F. Kerangka Pikir

Analisis redaman serat optik perlu dilakukan untuk mengevaluasi sistem komunikasi serat optik pada sebuah *link*. Penelitian ini membandingkan antara nilai hasil pengukuran berdasarkan OTDR dan *Power Meter* dengan nilai hasil perhitungan menggunakan teori, dimana hasil perhitungan menggunakan nilai redaman standar yang digunakan PT. Telkom dan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan performansi SKSO *link* Padang-Bukittinggi. Kerangka pikir pada penelitian ini digambarkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Kerangka Pikir Penelitian

G. Hipotesis Penelitian

Penelitian untuk analisis redaman ini dilakukan dengan mengukur redaman dan daya pada *link* Padang-Bukittinggi. Pengukuran akan dilakukan sebanyak 5 kali pada *core* yang sama dengan waktu yang sedikit berbeda.

Dari hasil pengukuran ini secara statistik akan dilakukan uji data menggunakan analisis regresi berganda dengan tiga variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan Y . Dimana X_1 adalah redaman kabel, X_2 adalah redaman *splicing*/penyambungan, X_3 adalah redaman konektor, dan Y adalah daya terima/ P_{RX} . Sugiyono (2011:280) menyatakan bahwa “Analisis regresi tiga prediktor dilakukan untuk mengetahui persamaan regresi hubungan kemampuan kerja, pemahaman terhadap tugas, motivasi kerja, serta bersama-sama terhadap produktivitas kerja di lembaga B”.

Jika Sugiyono (2011) memberikan contoh kemampuan kerja sebagai X_1 , pemahaman terhadap tugas sebagai X_2 , motivasi kerja sebagai X_3 , produktivitas kerja sebagai Y . Pada penelitian ini juga akan dilakukan analisis regresi berganda dengan tiga variabel bebas yaitu redaman kabel (α_f) sebagai X_1 , redaman *splicing*/penyambungan (α_{sp}) sebagai X_2 , redaman konektor (α_c) sebagai X_3 , dan akan lihat pengaruhnya terhadap daya terima (P_{RX}) sebagai Y .

Persamaan untuk analisis regresi berganda dengan tiga variabel adalah:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \quad (18)$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis redaman serat optik terhadap performansi sistem komunikasi serat optik menggunakan metode *link power budget*, maka dapat disimpulkan bahwa:

4. Terdapat empat nilai redaman total yang terjadi pada sistem komunikasi serat optik di PT. Telkom *link* Padang-Bukittinggi. Nilai tersebut adalah nilai redaman total/km berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Power Meter, menggunakan OTDR, hasil perhitungan secara teoritis, kemudian dibandingkan dengan nilai Standar ITU-T.
5. Perhitungan nilai *link power budget* digunakan untuk mengetahui kelayakan suatu jaringan dalam segi daya yang diterima, nilai perhitungan *link power budget* ini akan diuji dengan standar kelayakan sensitivitas penerima (Rx Sensitivity) sebesar -27 dBm. Dari uji kelayakan tersebut didapatkan bahwa nilai perhitungan *link power budget* masih berada di bawah nilai -27 dBm, itu artinya daya yang dipancarkan dari pengirim ke penerima dapat diterima oleh sistem penerima (Receiver).
6. Redaman total pada sistem komunikasi serat optik, baik itu redaman kabel, penyambungan, dan konektor akan mempengaruhi nilai daya yang diterima oleh *Receiver*, sehingga semakin tinggi nilai redaman maka nilai daya yang diterima akan semakin kecil. Besarnya pengaruh tersebut akan diuji secara statistik menggunakan regresi berganda, maka didapatkan hasil bahwa daya yang diterima (Y) diduga dipengaruhi 8.45 % oleh

faktor redaman kabel serat optik (X_1) dan redaman *splicing* (X_2) secara bersama – sama.

B. Saran

1. Jika ditemukan gangguan pada lokasi atau panjang kabel tertentu, hendaknya segera dilakukan penanganan dengan menganalisa jenis gangguan yang terjadi. Jika nilai redaman terlalu besar dan lebih dari batas standar, maka perlu dievaluasi kembali dengan cara melakukan pengukuran nilai redaman menggunakan OTDR agar diketahui jenis redaman yang terjadi. Karena OTDR dapat menampilkan nilai redaman, jenis redaman, dan pada jarak berapa gangguan terjadi. Setelah lokasi kerusakan diketahui, kemudian dilakukan perbaikan langsung ke lokasi yang mengalami gangguan tersebut.
2. PT.Telkom diharapkan melakukan pengukuran serat optik secara berkala sehingga dapat dilakukan perbandingan dengan data yang baru disamping itu juga dapat memberikan informasi tentang kinerja keadaan fisik serat optik, untuk mengetahui kinerja serat optik.

DAFTAR PUSTAKA

- AFL Global.(2012). *Fiber Optic Light Source and Power Meter Specification*.online.www.AFLglobal.com. diakses tanggal 1 Maret 2014.
- Auzaiy.(2011). Analisis Power Budget Jaringan Komunikasi Serat Optik PT. Telkom di STO Jatinegara. *Skripsi*. Fakultas Teknik Elektro UI.
- Crisp, J dan Elliot, B.(2008). “Serat Optik : Sebuah Pengantar”. Edisi Ketiga. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Endy Kusuma Wardhana.(2010). Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Kinerja SKSO Menggunakan Metode Optical Link Power Budget.*Jurnal*.Fisika-ITS.
- Fadhila Hani.(2011). Analisis Redaman Serat Optik Terhadap Kinerja SKSO Menggunakan Metode *Link Power Budget* (Medan-Tebing Tinggi).*Skripsi*. Fakultas Teknik USU.
- Fiber Optic Association.(2004). “*Power Budget and Loss Budget*”.
online.www.thefoa.org. diakses tanggal 15 Maret 2014
- Keiser, Gerd.(2000). “*Optical Fiber Communications*”. Edisi Ketiga. Singapore:McGraw Hill.
- Oktavianto Utomo Siswanto.(2005).Analisis perhitungan rugi-rugi pada serat optik.*Jurnal*.Universitas Diponegoro.
- Ookla.(2014). “*Download Speed In Indonesia*”. Online. www.netindex.com.
Diakses tanggal 11 Agustus 2014.
- PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. 2004. Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik. Bandung : PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk
- Senior, John M.(2009). “*Optical Fibers Communication :Principles and Practice*”. Edisi Ketiga.London:Prentice Hall.
- Siemon.(2014). “Fiber Transmissions and Applications”.*online*.www.siemon.com.
diakses tanggal 16 Maret 2014.
- Sri Waluyanti,dkk.(2008). Alat ukur dan Teknik Pengukuran. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Sugiyono.(2007). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung : CV Alfabeta.

- Suharsimi Arikunto (2010). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta
- Suryadi HS, D.(1993). Pengantar Komunikasi Data. Yogyakarta:Gunadarma.
- TelkomRIS TI.(2004). Dasar Alat Ukur Dan Penyambungan Serat Optik. Bandung: PT. Telekomunikasi Indonesia (R & D Centre).
- .(2014). Modul Pengukuran Kabel Serat Optik. Bandung : PT. Telekomunikasi Indonesia.
- UNP.(2010). Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir / Skripsi Universitas Negeri Padang. Padang :UNP Press.
- Vector Infotech.(2011).”*Calculation of Budget Loss in a fiber optic system design*”.online. www.vectorinfotech.com. Diakses tanggal 15 Maret 2014