

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB
RUGI-RUGI SAMBUNGAN TIDAK PERMANEN (KONEKTOR)
PADA JARINGAN SERAT OPTIK**



METAFASITA PUTERI LIDYA GEMALA

5215116401

Skripsi Ini Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pendidikan

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2015

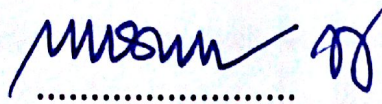
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama Dosen

Tanda Tangan

Tanggal

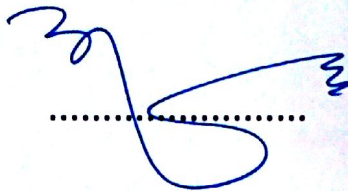
Drs. Wisnu Djatmiko, MT



4 Agustus 2015

(Dosen Pembimbing I)

Efri Sandi, S.Pd, MT



4 Agustus 2015

(Dosen Pembimbing II)


PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

Nama Dosen

Tanda Tangan

Tanggal

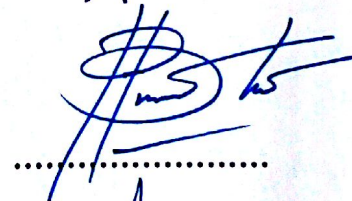
Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT



4 Agustus 2015

(Ketua Sidang)

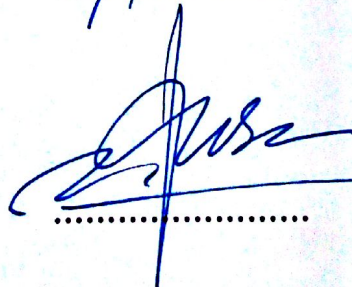
Drs. Jusuf Bintoro, MT



3 Agustus 2015

(Dosen Penguji)

M. Yusro, S.Pd, MT



5 Agustus 2015

(Dosen Ahli)

Tanggal Lulus : 30 Juli 2015

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 30 Juli 2015

Yang Membuat Pernyataan



Metafasita Puteri Lidya Gemala

5215116401

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Faktor-faktor Penyebab Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Jaringan Serat Optik PT Telkom Akses Pasar Rebo”, yang merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektronika pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Saya pun mengucapkan terimakasih kepada setiap pihak yang telah membantu selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, kepada:

- 1) Mama dan papa untuk segala dukungan, semangat dan doa yang selalu menyertai tiada henti. Kedua adik saya (Anjeli dan Bryant) yang selalu menjadi penyemangat. Dan keluarga besar untuk segala doa dan nasihat.
- 2) Drs. Wisnu Djatmiko, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan juga selaku dosen pembimbing I atas segala ilmu, bimbingan dan kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini
- 3) Efri Sandi, S.Pd, MT, selaku dosen pembimbing II atas segala ilmu, bimbingan dan kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini
- 4) Pitoyo Yuliatmojo, MT selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
- 5) Dr. Moch Sukardjo, M.Pd, selaku penasehat akademik selama menempuh pendidikan di Universitas Negeri Jakarta

- 6) Bapak Gatot Sumarko dan Bapak Suharsono selaku Manager Operasional Wilayah Jakarta Timur yang telah memberikan izin kepada saya untuk melaksanakan penelitian di PT Telkom Akses
- 7) Bapak Sumardi selaku Spv. Admin/Logistic Area Jakarta Timur dan Bapak Sholeh selaku Spv. FTTH yang telah memberikan banyak arahan dan masukan selama proses penelitian
- 8) Seluruh keluarga besar PT Telkom Akses yang telah banyak memberikan bantuan kepada saya selama proses penelitian
- 9) Ketiga sahabat dekat Hanna Savira Maharani, Louis Servina dan Deshinta Juniati Iswari atas segala waktu, tenaga, semangat dan doa yang menyemangati. Serta Haekal Aufar Amriel dan teman-teman Kurcaci (Elka NR 2011) yang telah menjadi teman baik dari awal perkuliahan.
- 10) Dan untuk semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, terimakasih atas kesabaran, kesediaan dan pengalamannya dalam penyusunan skripsi ini,

Akhir kata, semoga Tuhan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini dengan balasan yang lebih baik. Semoga skripsi ini membawa manfaat yang besar bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Jakarta, Juli 2015

Penulis

ABSTRAK

Metafasita Puteri Lidya Gemala, Analisis Faktor-Faktor Penyebab Rugi-Rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Jaringan Serat Optik. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2015.

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian pada pembuatan skripsi ini adalah penulis mampu menganalisis faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) pada jaringan serat optik dengan membandingkan hasil pengukuran rugi-rugi menggunakan OPM (*Optical Power Meter*) dan perhitungan rumus dari tiga faktor. Penelitian dilaksanakan di PT Telkom Akses cabang Pasar Rebo dan studi pustaka di Gedung Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada bulan Maret 2015 – Juni 2015.

Berdasarkan hasil perhitungan, dari tiga faktor yang dianalisis didapatkan bahwa nilai rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) masih di bawah standar yang ditetapkan yaitu 0.5dB. Namun di antara ketiga faktor yang telah dianalisis, faktor ketidaksesuaian ukuran inti dan ketidaksesuaian Apertur Numerik memberikan pengaruh yang lebih besar untuk nilai rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor).

Kata kunci : konektor, serat optik, OPM, Apertur Numerik, *patchcord*

ABSTRACT

Metafasita Puteri Lidya Gemala, Analysis of Contributing Factors to Connector Losses on the Fiber Optic Network. Thesis. Jakarta, Study Program Electrical Engineering Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, in 2015.

The purpose of this thesis is the author is able to analyze the factors that cause connectors loss on the fiber optic network by comparing the measurement results using OPM (Optical Power Meter) and the calculation formula of three factors. Research conducted at PT Telkom Akses Pasar Rebo and literature review at the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, during the month of March 2015 - June 2015.

Based on the calculation of the three factors analyzed, showed that the value of the connector losses are still below the established standards that 0.5dB. But among the three factors, core size mismatch and Numerical Aperture give greater influence for the calculation of the value of connector losses.

Keywords : losses, connector, fiber optic, OPM, Numerical Aperture, patchcord

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KERANGKA TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR	
2.1. Kerangka Teoritik	6
2.1.1. Definisi Analisis	6
2.1.2. Sistem Komunikasi Serat Optik	7
2.1.2.1 Struktur Serat Optik	10
2.1.2.2 Jenis Serat Optik	11
2.1.2.3 Struktur Jaringan Komunikasi Serat Optik	14
2.1.2.4 Propagasi Cahaya pada Jaringan Komunikasi Serat Optik	16
2.1.2.5 Rugi-rugi Jaringan Komunikasi Serat Optik	26
2.1.3 Sambungan Serat Optik	30
2.1.3.1 Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Kabel Serat Optik	31
2.1.3.2 Jenis-jenis Konektor pada Kabel Serat Optik	33
2.1.3.3 Parameter Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Kabel Serat Optik	37
2.1.3.4 Faktor Penyebab Rugi-Rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Kabel Serat Optik	40
2.1.4 Analisis Faktor-faktor Penyebab Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Jaringan Serat Optik	43
2.2 Kerangka Berpikir	46

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	48
3.1.1 Tempat Penelitian	48
3.1.2 Waktu Penelitian	48
3.2. Metode Penelitian	48
3.2.1 Rancangan Penelitian	49
3.2.1.1 Menetapkan Karakteristik Konektor yang Digunakan	50
3.2.1.2 Menetapkan Ketidaksesuaian Nilai Rugi-Rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor)	51
3.2.1.3 Menentukan Posisi atau Titik Sambungan Tidak Permanen (Konektor)	52
3.2.2 Instrumen Penelitian	53
3.2.2.1 OPM (<i>Optical Power Meter</i>)	53
3.2.2.2 Tabel Pengukuran	55
3.2.3 Pengumpulan Data	58
3.2.4 Analisis Data	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	59
4.1.1 Hasil Pengukuran dengan OPM (<i>Optical Power Meter</i>)	59
4.1.2 Hasil Perhitungan	62
4.2 Pembahasan	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Tiga Mode Serat Optik	13
Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Menggunakan OPM (Optical Power Meter)	55
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Loss Konektor dari Data Pengukuran OPM (Optical Power Meter)	56
Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (I)	56
Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (II)	56
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (I) ..	57
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (II) .	57
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Refleksi Fresnel	57
Tabel 3.8 Perbandingan Hasil Pengujian Tiga Faktor Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor)	58
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Menggunakan OPM (Optical Power Meter)	59
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Loss Konektor dari Data Pengukuran OPM (Optical Power Meter)	61
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (I)	63
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (II)	64
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (I) ..	65
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (II) .	67
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Refleksi Fresnel	68
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian Tiga Faktor Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor)	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Serat Optik	10
Gambar 2.2 Warna Coating pada Kabel Serat Optik	11
Gambar 2.3 Pemantulan Cahaya <i>Multimode Step-index</i> (atas) dan <i>Multimode Graded-index</i> (bawah)	12
Gambar 2.4 Pemantulan Cahaya <i>Single-mode</i>	12
Gambar 2.5 Prinsip Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik	14
Gambar 2.6 <i>Numerical Aperture</i>	22
Gambar 2.7 Pembiasan Cahaya	23
Gambar 2.8 Pembiasan Prisma	23
Gambar 2.9 Medan Elektrik pada Gelombang	26
Gambar 2.10 Penyusutan pada Gelombang Berjalan	29
Gambar 2.11 Konektor dan Adaptor Optik	35
Gambar 2.12 Kabel <i>Pigtail</i> Optik	35
Gambar 2.13 Kabel <i>Patchcord</i> Optik	36
Gambar 2.14 Berbagai Jenis Konektor Optik	37
Gambar 2.15 Konektor ST	38
Gambar 2.16 Konektor SC	38
Gambar 2.17 Konektor LC	39
Gambar 2.18 Konektor MT-RJ	39
Gambar 2.19 Konektor FC-PC	40
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 3.2 Kabel <i>Patchcord</i>	51
Gambar 3.3 Jaringan Serat Optik PT Telkom Akses	53
Gambar 3.4 Posisi atau Titik Sambungan Tidak Permanen	53
Gambar 3.5 OPM (<i>Optical Power Meter</i>)	54
Gambar 3.6 OLS (<i>Optical Light Source</i>)	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Komunikasi telah menjadi kebutuhan pokok dalam dunia modern. Kebutuhan untuk saling berhubungan dan bertukar informasi antara satu dengan yang lain tanpa mempedulikan jarak hingga ribuan kilometer. Komunikasi dapat diartikan sebagai transfer informasi dari satu titik ke titik lain. Bila informasi harus dikirimkan melewati jarak tertentu maka diperlukan sistem komunikasi. Dengan sistem komunikasi, transfer informasi sering dilakukan dengan menumpangkan atau memodulasikan informasi pada gelombang elektromagnetik yang bertindak sebagai pembawa sinyal informasi.¹

Beberapa teknik telah dikembangkan untuk proses transmisi informasi. Seiring penggunaan kabel koaksial, kabel serat optik pun semakin dikembangkan. Kedua jenis kabel ini merupakan kabel non multipair. Bila kabel koaksial terbuat dari bahan logam (metal), kabel serat optik terbuat dari bahan gelas atau kaca (optik). Penggunaan bahan optik pada teknologi komunikasi saat ini dianggap memiliki beberapa keuntungan baik secara teknis maupun ekonomis, dibandingkan dengan jaringan kabel tembaga yang digunakan sebelumnya.

Meski begitu, kabel serat optik juga memiliki beberapa masalah. Degradasi sinyal atau penurunan daya merupakan salah satu masalah yang sering ditemukan pada sistem jaringan komunikasi berbasis kabel serat optik. Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya degradasi sinyal, antara lain karena pengaruh bahan optik itu sendiri yang tidak dapat merambatkan cahaya secara optimal. Dan juga

¹ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), 1

karena adanya tambahan penggunaan perangkat pada jaringan kabel serat optik, misalnya menggunakan konektor.

Konektor merupakan sendi-sendi dalam sebuah sistem transmisi serat optik. Konektor memungkinkan data dikirim ke tujuan yang berbeda dan memungkinkan pula disambungkannya perangkat tambahan baru ke sistem yang telah ada.² Namun pemasangan konektor bukanlah hal yang mudah, dibutuhkan ketelitian selama proses penyambungan agar kemungkinan penurunan daya dapat ditekan sekecil mungkin

Menyesuaikan penyambungan dua buah serat optik merupakan permasalahan yang rumit. Apalagi jika penyambungan dilakukan secara berulang kali dipasang dan dilepas, sementara tetap harus mempertahankan kinerja konektor yang optimal. Akan ada rugi-rugi yang ditimbulkan pada setiap pemasangan konektor. Dan rugi-rugi penurunan daya ini jelas mempengaruhi proses transmisi pada jaringan kabel serat optik. Maka dari itu, ada standar nilai rugi-rugi konektor yang perlu diperhatikan sebagai acuan dalam sistem komunikasi serat optik, yaitu sebesar 0.2dB – 0.5 dB per pasang konektor.³

Namun, dalam beberapa kasus penggunaan konektor pada jaringan komunikasi serat optik, ada hasil pengukuran rugi-rugi yang tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Untuk menghasilkan layanan akses yang maksimal ke setiap pengguna jaringan, penelitian ini melakukan analisis pada faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian nilai rugi-rugi pada konektor. Sehingga pada waktu mendatang, ketidaksesuaian hasil pengukuran dapat dikurangi atau pun dicegah.

² John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), 134

³ *Ibid*, 136

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dapat diidentifikasi masalah yang ada sebagai berikut:

1. Mengetahui parameter yang mempengaruhi pengukuran propagasi sinyal pada sistem komunikasi serat optik.
2. Mengetahui penggunaan sambungan tidak permanen (konektor) pada kabel serat optik
3. Mengetahui parameter pada sambungan tidak permanen (konektor) pada kabel serat optik.
4. Mengetahui rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) dan standarisasi nilai rugi-rugi yang diizinkan pada kabel serat optik.
5. Mengetahui faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) pada kabel serat optik.
6. Menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan ketidaksesuaian rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) dengan nilai standar pada kabel serat optik, ditinjau dari parameter yang terkait.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka permasalahan perlu dibatasi agar tidak meluas dan tetap terarah sesuai dengan judul yang telah dibuat. Berikut adalah batasan masalahnya:

1. Dalam jaringan komunikasi serat optik terdapat dua jenis sambungan serat optik, yaitu sambungan permanen (*splicer*) dan sambungan tidak permanen (konektor), penelitian ini hanya menganalisis pada sambungan tidak permanen.

2. Pada daerah cakupan jaringan komunikasi serat optik terdapat banyak titik sambungan yang terpasang, penelitian ini hanya akan menganalisis di beberapa titik sambungan jaringan serat optik yang sudah terpasang.
3. Dalam menganalisis faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (menggunakan konektor) difokuskan pada dua hal, yaitu berdasarkan struktur serat optik dan kualitas penyambungannya.
4. Pengukuran rugi-rugi sambungan tidak permanen (menggunakan konektor) dilakukan berdasarkan standar sistem komunikasi serat optik pada umumnya.
5. Penelitian tidak membahas hal-hal yang berkaitan dengan sambungan permanen (menggunakan *splicer*) pada kabel serat optik.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang sudah dikemukakan sebelumnya, maka muncul pertanyaan yang mengacu pada perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah hasil analisis faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (menggunakan konektor) pada jaringan serat optik?

1.5 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan masalah yang telah dirumuskan dan diidentifikasi, penelitian dan penulisan skripsi ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (menggunakan konektor) pada jaringan serat optik.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan mengenai penggunaan sambungan tidak permanen (konektor) pada kabel serat optik.
2. Memberikan pengetahuan mengenai parameter-parameter pada penggunaan sambungan tidak permanen (konektor) pada kabel serat optik
3. Memberikan pengetahuan mengenai adanya rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) dan standarisasi nilai rugi-rugi yang diizinkan pada kabel serat optik.
4. Memberikan pengetahuan mengenai faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) pada kabel serat optik.
5. Memberikan pengetahuan analisis faktor-faktor penyebab ketidak sesuaian nilai rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) dengan standarisasi pada kabel serat optik.

BAB II

KERANGKA TEORITIK, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1 Kerangka Teoritik

2.1.1 Definisi Analisis

Analisa atau analisis atau *analysis* adalah suatu usaha untuk mengamati secara detail suatu hal atau benda dengan cara menguraikan komponen-komponen pembentuknya atau penyusunnya untuk dikaji lebih lanjut. Analisa berasal dari kata Yunani kuno, *analusis*, yang artinya melepaskan. *Analusis* terbentuk dari dua suku kata, yaitu *ana* yang berarti kembali, dan *luein* yang berarti melepas. Sehingga jika digabungkan maka artinya adalah melepas kembali atau menguraikan. Kata *analusis* ini diserap ke dalam bahasa Inggris menjadi *analysis*, yang kemudian diserap juga ke dalam bahasa Indonesia menjadi analisis.¹

Analisis menurut Kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa (1996:779) merupakan penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, atau perbuatan) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab musabab, duduk perkaranya). Sedangkan berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, analisis adalah penguaraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan.²

Dari penjelasan mengenai analisis di atas, penulis menarik kesimpulan bahwa analisis merupakan tindakan penguraian mengenai suatu peristiwa agar

¹ Iis Lestari, *Kamus Q, Pengertian dan Definisi*, diakses dari : <http://www.kamusq.com/>, pada tanggal 13 April 2015 pukul 16:16

² Ebta Setiawan, *Analisis*, KBBI daring (online), diakses dari : <http://kbbi.web.id/analisis>, pada tanggal 13 April 2015 pukul 15:58

dapat mengetahui keadaan yang sebenarnya berdasarkan komponen-komponen yang ada untuk dapat dikaji lebih lanjut dengan tujuan menghasilkan suatu pengetahuan baru yang berarti. Dan berkaitan dengan judul penulisan skripsi ini, hal yang akan dianalisis adalah faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen pada sistem komunikasi serat optik. Maka dari itu penulis juga akan membahas mengenai pengertian dari sistem komunikasi itu sendiri, hingga apa yang dimaksud dengan analisis sistem.

2.1.2 Sistem Komunikasi Serat Optik

Istilah sistem berasal dari istilah Yunani “*systems*” yang mengandung arti keseluruhan (*a whole*) yang tersusun dari sekian banyak bagian; berarti pula hubungan yang berlangsung di antara satuan-satuan atau komponen secara teratur.³ Istilah sistem digunakan untuk menunjukkan banyak hal. Di antaranya untuk menunjuk suatu himpunan bagian yang saling berkaitan; sehimpunan ide, prinsip dan sebagainya; hipotesis atau teori; metode atau tata cara (prosedur); skema atau metode pengaturan susunan sesuatu.

Berdasarkan pengertian-pengertian sederhana mengenai sistem, Murdrick dan Ross (1982:4) merumuskan bahwa sistem adalah sehimpunan unsur yang melakukan suatu kegiatan atau menyusun skema atau tata cara melakukan sesuatu kegiatan pemrosesan untuk mencapai tujuan, dan dilakukan dengan cara mengolah data dan/atau benda di jangka waktu tertentu guna menghasilkan informasi dan/atau benda.⁴

Pengertian sistem yang begitu luas juga dipergunakan dalam bidang komunikasi dengan mempersempit definisi dari sistem komunikasi itu sendiri.

³ Tatang M. Amirin, *Pokok-Pokok Teori Sistem*, (Jakarta : PT RajaGrafindo Persada, 2003), hlm 15

⁴ Ibid, hlm 11

Menurut Bodnar dan Hopwood (1993), sistem komunikasi adalah kumpulan perangkat keras dan lunak yang dirancang untuk mentransformasikan data ke dalam bentuk informasi yang berguna.⁵ Pengertian ini dilengkapi oleh Sutarman pada bukunya yang berjudul Pengantar Teknologi Informasi, yang menyebutkan bahwa sistem telekomunikasi terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak yang memancarkan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Sistem ini dapat memancarkan teks, data, grafik, suara, dokumen, atau video.⁶

Jadi, berdasarkan beberapa pengertian mengenai sistem dan penerapan sistem dalam bidang komunikasi, dapat disimpulkan bahwa sistem komunikasi merupakan kumpulan perangkat lunak dan keras yang bekerja secara terkoordinir untuk mengolah data guna menghasilkan informasi melalui jaringan telekomunikasi. Dimana untuk mengolah data tersebut diperlukan media yang menghubungkan antara pengirim dan penerima, disebut media transmisi.

Ada beberapa jenis media transmisi yang digunakan pada sistem komunikasi saat ini. Media secara fisik yang menggunakan kabel dan juga media tak berkabel, misalnya *microwave*, gelombang radio, satelit, *infrared*. Sedangkan media yang menghubungkan pengirim dan penerima secara fisik menggunakan kabel memiliki beberapa jenis, antara lain kabel pasangan terpilin (*twisted pair*), kabel koaksial (*coaxial cable*) dan juga kabel serat optik.⁷ Pada penulisan dan penelitian skripsi ini, lebih difokuskan membahas sistem komunikasi dengan kabel serat optik sebagai media transmisinya.

⁵ Abdul Kadir, *Pengenalan Sistem Informasi*, (Yogyakarta : Penerbit ANDI, 2003), hlm 11

⁶ Sutarman, *Pengantar Teknologi Informasi*, (Jakarta : Bumi Aksara, 2009), hlm 173

⁷ Abdul Kadir, *Pengenalan Sistem Informasi*, (Yogyakarta : Penerbit ANDI, 2003), hlm 332

Dalam sistem komunikasi, serat-serat optik makin banyak digunakan untuk menggantikan saluran transmisi kawat. Saluran serat optik semacam ini memberikan beberapa keuntungan penting dibanding dengan saluran kawat. Kabel serat optik membawa isyarat daya dalam bentuk berkas cahaya, dimana cahaya secara efektif sama seperti radiasi frekuensi radio, tapi pada frekuensi yang sangat jauh lebih tinggi (kira-kira 300 THz, atau 3×10^8 GHz), maka dalam teori kapasitas pembawaan informasi dari suatu fiber jauh lebih besar daripada sistem radio gelombang mikro.⁸

Kabel serat optik tersusun atas serat-serat gelas atau serat-serat yang menghantarkan cahaya. Ukuran serat sebesar rambut. Menurut pengujian Bell Laboratories (Gelber, 1997), kabel ini dapat melewati isyarat lebih dari 300 mil tanpa perlu repeater (piranti untuk memulihkan isyarat).⁹ Dengan kapasitas informasinya yang tinggi, rute saluran majemuk dapat diringkas menjadi kabel-kabel yang jauh lebih kecil, sehingga dapat mengurangi kemacetan pada terowongan kabel yang sudah padat.

Berdasarkan pengertian analisis sistem menurut Mulyanto (2009:125) yang mengatakan “analisa sistem adalah teori umum sebuah landasan konseptual yang mempunyai tujuan untuk memperbaiki berbagai fungsi di dalam sistem yang sedang berjalan agar menjadi lebih efisien, mengubah sasaran sistem yang sedang berjalan, merancang/mengganti *output* yang sedang digunakan, untuk mencapai tujuan yang sama dengan seperangkat *input* yang lain”.

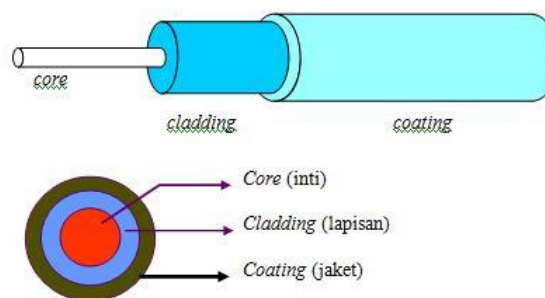
⁸ Dennis Roddy, Kamal Idris dan John Coolen, *Komunikasi Elektronika Edisi Ketiga Jilid 2*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 1984), hlm 733

⁹ Abdul Kadir, *Pengenalan Sistem Informasi*, (Yogyakarta : Penerbit ANDI, 2003), hlm 335

Maka sesuai dengan latar belakang masalah penulisan skripsi ini, dapat disimpulkan bahwa tujuan analisis faktor penyebab rugi-rugi pada sambungan tidak permanen di sistem komunikasi serat optik adalah untuk mendapatkan pengukuran yang sesuai dengan standar dan teori yang berkaitan. Tentunya dengan mempertimbangkan semua faktor yang ada.

2.1.2.1 Struktur Serat Optik

Kabel serat optik adalah media transmisi yang terbuat dari serat kaca yang dilapisi dengan isolator pelindung yang berfungsi menyalurkan informasi dalam bentuk gelombang cahaya.¹⁰ Bagian tengah kabel atau inti (*core*) berupa kaca yang digunakan untuk melewatkan cahaya. Inti (*core*) mempunyai diameter yang bervariasi, antara $5\mu\text{m}$ – $50\mu\text{m}$, tergantung jenis serat optiknya. Inti tersebut diselubungi oleh lapisan kaca yang biasa disebut *cladding*. Selain sebagai pembungkus dan pelindung *core*, *cladding* juga berfungsi memantulkan atau membiaskan cahaya yang datang dari *core*.



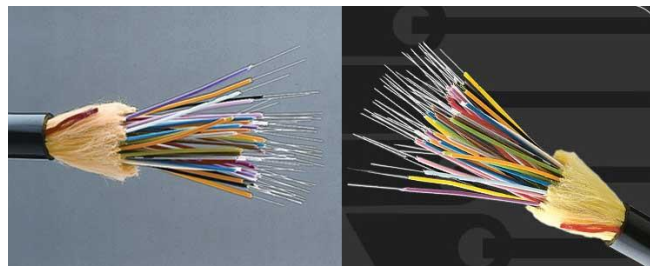
Gambar 2.1 Struktur Serat Optik

Hal ini karena indeks reaktif (atau perbandingan kecepatan cahaya di dalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya di dalam material) *cladding* lebih rendah daripada inti. Sebagai akibatnya, cahaya yang memantul ke *cladding* akan

¹⁰ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 7

dipantulkan kembali ke inti (*core*).¹¹ Secara sederhana dapat dikatakan terpantulnya atau terbiaskannya cahaya dipengaruhi oleh sudut datang cahaya. Apabila sudut datang sama besar dengan sudut kirim, maka cahaya akan dipantulkan oleh *cladding*. Tetapi bila besar sudut datang lebih kecil daripada sudut terima, maka cahaya akan dibiaskan oleh *cladding*.

Kemudian bagian *cladding* dilapisi oleh jaket pelindung (*coating*). *Coating* terbuat dari bahan plastik elastis. Pada kabel serat optik, coating memiliki warna yang mengacu pada BOHCAPMHKUPT (biru, hijau, coklat, abu-abu, putih, merah, hitam, ungu, pink, tosca) dan berfungsi sebagai warna kode urutan untuk memudahkan pada proses penyambungan *core* serat optik.

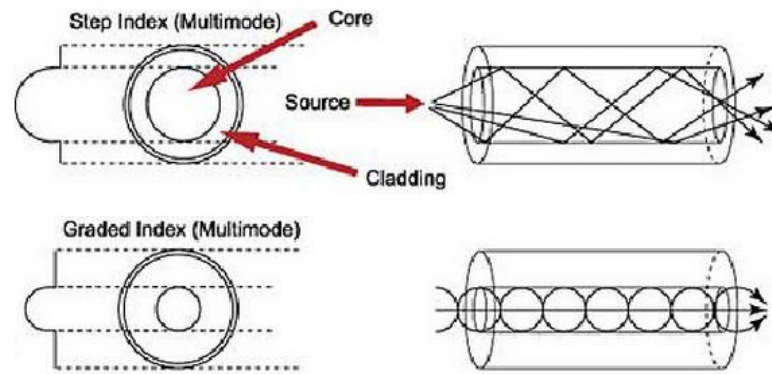


Gambar 2.2 Warna *Coating* pada Kabel Serat Optik

2.1.2.2 Jenis Serat Optik

Saat ini terdapat tiga teknologi serat optik ditinjau dari profil indeks bias dan mode gelombang yang terjadi pada perambatan cahaya, antara lain *multimode step-index*; *multimode graded-index* dan *single-mode*. Pada serat optik yang multimode, cahaya yang dipantulkan dengan sudut yang berbeda-beda. Selubung serat *multimode step-index* memiliki indeks bias yang lebih rendah daripada indeks bias inti, akibatnya semua sinar yang memiliki sudut datang lebih besar dari sudut kritis akan dipantulkan oleh lapisan kulit (*cladding*).

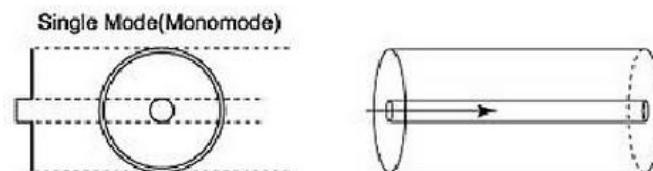
¹¹ Abdul Kadir, *Pengenalan Sistem Informasi*, (Yogyakarta : Penerbit ANDI, 2003), hlm 336



Gambar 2.3 Pemantulan Cahaya *Multimode Step-index* (atas) dan *Multimode Graded-index* (bawah)

Sedangkan pada *multimode graded-index*, disebut demikian karena terdapat perubahan dalam indeks bias, dimana besarnya indeks bias inti mengecil ke arah perbatasan inti dengan selubungnya. Hal ini menyebabkan pembiasan pada inti, sehingga perambatan berkas cahaya akan melengkung dan kecepatan propagasi antara berkas cahaya datang dengan sudut datang yang lebih besar akan lebih cepat dibanding dengan sudut datang yang lebih kecil.¹²

Transmisi *multimode step-index* merupakan teknologi yang lebih dahulu muncul. Karena keterbatasan panjang kabel, kabel berteknologi *multimode step-index* biasa dipakai dalam gedung. Kabel berteknologi *multimode graded-index* lebih fleksibel dalam hal panjang, sehingga cocok digunakan pada lingkungan yang terdiri atas beberapa bangunan.¹³



Gambar 2.4 Pemantulan Cahaya *Single-mode*

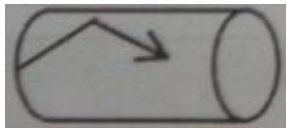

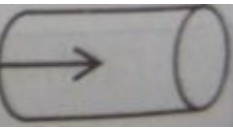
¹² Tim Elektron HME-ITB, *Sistem Komunikasi Serat Optik*, diakses dari :

<http://www.elektroindonesia.com/>, pada tanggal 16 April 2015 pukul 17:00

¹³ Abdul Kadir, *Pengenalan Sistem Informasi*, (Yogyakarta : Penerbit ANDI, 2003), hlm 338

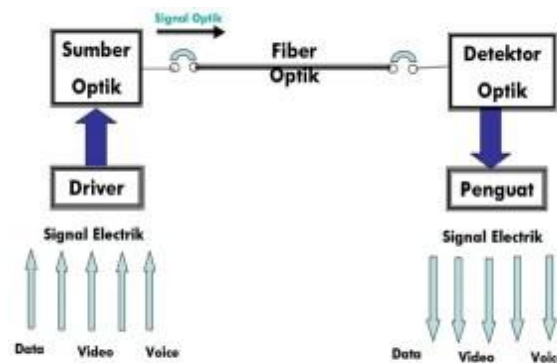
Dan pada *single-mode* hanya terjadi satu jenis mode perambatan berkas cahaya saja, sehingga tidak akan terjadi pelebaran pulsa (dispersi) di tingkat keluarannya. Ukuran *core* sangat kecil, diameternya mendekati panjang gelombang sehingga cahaya yang masuk ke dalamnya tidak dipantul-pantulkan ke dinding *cladding*. Mode serat optik single-mode dapat digunakan untuk transmisi jarak jauh (>120km) dengan bandwidth besar dan berkecepatan tinggi tetapi penyusutan transmisinya kecil.

Tabel 2.1 Perbedaan Tiga Mode Serat Optik

Sifat	Step-index	Graded-index	Single-mode
Sumber cahaya	LED/Laser	LED/Laser	Laser
Lebar-jalur	Lebar (sampai 200 MHz)	Sangat lebar (200 MHz – 3 GHz)	Sangat lebar (3 GHz – 50 GHz)
Aplikasi yang umum	Jalur data komputer	Jalur telepon, cukup jauh	Jalur telekomunikasi jarak jauh
Biaya	Paling murah	Agak mahal	Sangat mahal
Diameter	50 – 125 μm	50 – 125 μm	2 – 8 μm
Diameter <i>Cladding</i>	125 – 440 μm	125 – 440 μm	15 – 60 μm
Arah cahaya			

2.1.2.3 Struktur Jaringan Komunikasi Serat Optik

Sebagai sarana transmisi dalam jaringan digital, serat optik berperan sebagai pemandu gelombang cahaya. Dalam sistem komunikasi serat optik, informasi diubah menjadi sinyal optik (cahaya) dengan menggunakan LED (*Light Emitting Diode*) atau diode laser. Kemudian dengan dasar hukum pemantulan sempurna, sinyal optik yang berisi informasi dilewatkan sepanjang serat sampai pada penerima. Selanjutnya detektor optik akan mengubah sinyal optik tersebut menjadi sinyal listrik kembali.



Gambar 2.5 Prinsip Dasar Sistem Komunikasi Serat Optik

a. *Driver*

Driver bisa dikatakan sebagai pemancar kabel serat optik, yang berfungsi mengendalikan sumber optik berdasarkan sinyal elektrik yang diterima dan mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal optik.

b. Sumber Optik (Cahaya)

Dapat menggunakan LED (*Light Emitting Diode*) atau laser injeksi (*Injection Laser Diode*). LED adalah suatu semikonduktor sambungan p-n yang

memancarkan cahaya apabila diberi tegangan forward dengan arah menyebar.¹⁴ Pada umumnya digunakan untuk serat optik *multimode-step index*.

Laser dapat memancarkan cahaya dengan daya 10-100 kali lebih besar dibandingkan LED. Pada umumnya digunakan untuk serat optik *single-mode step index*, karena keberhasilan penyinaran ke dalam serat single mode membutuhkan tingkat presisi yang sangat tinggi dan hal ini dicapai dengan mengoptimalkan posisi pigtail yang selanjutnya dikoneksikan ke serat utama.¹⁵ Untuk transmisi jarak jauh, penggunaan laser sebagai sumber cahaya lebih menguntungkan dibandingkan menggunakan LED.

c. Detektor Optik

Detektor optik atau detektor cahaya berfungsi untuk mengubah kembali sinyal optik menjadi sinyal elektrik. Detektor optik dapat menghasilkan gelombang sesuai aslinya, dengan meminimalisasi losses yang timbul selama perambatan, sehingga dapat juga menghasilkan sinyal elektrik yang maksimum dengan daya optik yang kecil.¹⁶ Detektor optik yang sering digunakan ada dua, yaitu: fotodioda PIN (*Positive Intrinsic Negative*) dan fotodioda guguran atau APD (*Avalanche Photodiode*).

Dioda PIN menggunakan material semikonduktor murni disebut semikonduktor intrinsik (I), bisa germanium atau silikon. Bahan semikonduktor ini dikonversi menjadi dua, yaitu tipe-P dan tipe-N. Dan keduanya disusun di

¹⁴ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 66

¹⁵ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 175

¹⁶ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 81

setiap sisi material I, maka dari itu disebut dioda P-I-N.¹⁷ Sedangkan dioda APD adalah detektor sambungan semikonduktor yang memiliki *internal gain*. Dengan adanya *internal gain* ini maka dioda APD memiliki *responsivity* yang lebih baik dari dioda PIN.¹⁸

d. Rangkaian Penguat

Berfungsi untuk menguatkan sinyal elektrik sesuai dengan sinyal elektrik yang ditransmisikan. Karena selama perambatannya dalam serat optik, gelombang cahaya akan mengalami redaman di sepanjang serta dan titik persambungan serat optik. Misalnya saja, apabila detektor optik menggunakan dioda APD (*Avalanche Photodiode*) sinyal listrik yang dihasilkan sangat lemah dan membutuhkan penguatan.¹⁹

2.1.2.4 Propagasi Cahaya pada Jaringan Komunikasi Serat Optik

Sistem komunikasi serat optik pada prinsipnya sangat sederhana, yaitu sebuah sinyal digunakan untuk menimbulkan perubahan-perubahan pada (atau memodulasi) cahaya yang dibangkitkan oleh suatu sumber cahaya, berupa sebuah laser atau sebuah LED (*light emitting diode*). Kilatan-kilatan cahaya yang berubah-ubah ini merambat di dalam serat optik, dan di ujung penerima dikonversikan kembali menjadi sinyal listrik yang merupakan replika sinyal

¹⁷ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 181

¹⁸ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 88

¹⁹ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 192

aslinya dengan menggunakan sel foto-elektris. Dengan cara ini sinyal informasi yang dikirimkan dapat diperoleh kembali di ujung penerima.²⁰

Pandu gelombang menahan gelombang cahaya untuk dipropagasikan dalam satu dimensi, sehingga dalam kondisi ideal gelombang tidak akan kehilangan energinya selama dipropagasikan. Gelombang cahaya dalam pandu gelombang tertahan karena total refleksi dari dinding gelombang, sehingga propagasi dalam pandu gelombang kira-kira dapat digambarkan seperti “zig-zag” di antara dinding-dinding pandu gelombang.

Propagasi cahaya dalam pandu gelombang serat optik terjadi dalam struktur fiber optik, yaitu inti (*core*), *cladding* dan *coating*. Hal ini disebabkan oleh adanya suatu refleksi (pantulan), sedangkan refleksi terjadi akibat adanya perbedaan indeks bias antara *core* dengan *cladding*. Bila berkas cahaya datang dari suatu media yang lebih padat (n_1) ke media yang kurang padat (n_2) dimana $n_1 > n_2$ maka pada bidang batas antara kedua media terjadi pemantulan. Bila sudut datang melebihi sudut kritis maka diperoleh pantulan total, dan bila sudut datang lebih kecil dari sudut kritis akan terjadi pembiasan dan pemantulan sebagian.

Berdasarkan fakta tersebut, ada beberapa hal yang dijadikan sebagai parameter serat optik dalam propagasi cahayanya, antara lain:

a. Kecepatan Propagasi

Energi elektromagnetik seperti cahaya berjalan dengan kecepatan $3 \cdot 10^8$ pada ruang bebas. Begitu halnya kecepatan propagasi sama pada semua frekuensi cahaya. Material yang kepadatannya lebih dibanding dengan ruang bebas, maka kecepatannya akan dikurangi. Jika kecepatan gelombang elektromagnetik

²⁰ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 9

berkurang ketika melewati dari satu medium ke medium lainnya yang lebih padat, sinar cahaya akan dibengkokkan atau dibiaskan terhadap garis normal.

Kecepatan perambatan cahaya pada medium memiliki kecepatan yang lebih kecil dari kecepatan rambat cahaya pada ruang hampa, kecepatan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:²¹

$$v = \frac{c}{n} \quad \text{Pers. 2.1}$$

Keterangan:

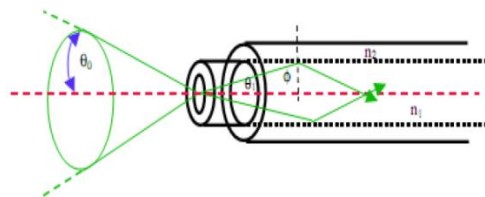
v = kecepatan rambat cahaya pada media

c = kecepatan rambat cahaya pada ruang hampa

n = indeks bias media yang dilalui berkas cahaya

b. *Numerical Aperture* (NA)

Numerical Aperture atau Apertur Numerik dari sebuah serat optik adalah parameter yang mengukur kemampuan serat optik untuk mengumpulkan atau memerangkap sinar cahaya.²² *Numerical aperture* juga dipakai untuk mendefinisikan *acceptance cone* dari sebuah serat optik. Jika medium dimana tempat cahaya memasuki serat umumnya adalah udara maka $n = 1$ sehingga $NA = \sin \theta_a$.



Gambar 2.6 *Numerical Aperture*

²¹ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 8

²² John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 36

Banyaknya cahaya yang dapat diterima masuk ke dalam serat optik juga dipengaruhi oleh indikasi dari sudut penerimaan. Jadi terdapat suatu hubungan yang jelas dan mudah di antara apertur numerik dan sudut penerimaan, karena kedua besaran ini mengukur dua hal yang pada dasarnya sama.

Perumusan NA diturunkan berdasarkan indeks bias inti (*core*) dan indeks bias mantel atau pembungkus (*cladding*), sebagai berikut²³

$$NA = \sqrt{n_{inti}^2 - n_{mantel}^2} \quad (\text{tanpa satuan}) \quad \text{Pers. 2.2}$$

dengan sudut penerimaan $\theta = \arcsin(NA)$.

c. Penghamburan Rayleigh

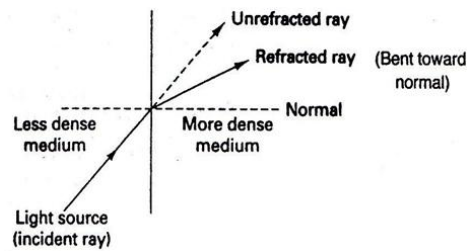
Penghamburan Rayleigh (*Rayleigh Scatter*) adalah efek terpencarnya cahaya akibat terjadinya perubahan kecil yang bersifat lokal pada indeks bias bahan inti (*core*) dan bahan mantel atau pembungkus (*cladding*). Dikatakan bersifat ‘lokal’ karena perubahan itu hanya terjadi di lokasi-lokasi tertentu di dalam bahan, dan ukuran daerah yang terkena pengaruh perubahan ini sangat kecil, yaitu kurang dari satu panjang gelombang cahaya.²⁴

Ada dua hal yang menyebabkan terjadinya fenomena ini, dan keduanya timbul di dalam proses manufaktur. Sebab pertama adalah terdapatnya ketidakmerataan di dalam bahan-bahan pembuat serat optik. Ketidakmerataan dalam jumlah yang sangat kecil dan bersifat acak ini mustahil untuk sepenuhnya dihilangkan. Penyebab kedua adalah pergeseran-pergeseran kecil pada kerapatan bahan yang biasanya terjadi saat kaca silika mulai membeku dan menjadi padat.

²³ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 36

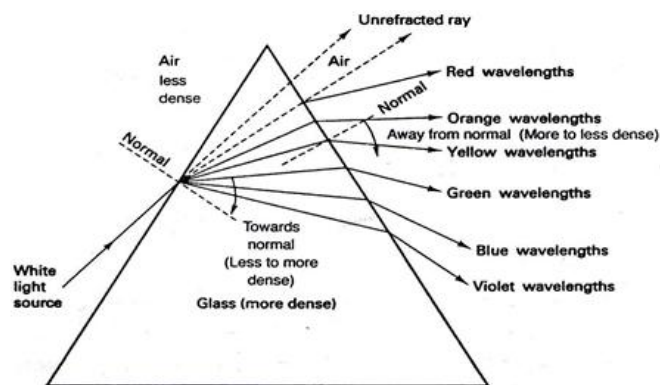
²⁴ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 59

d. Pemantulan dan Pembiasan



Gambar 2.7 Pembiasan Cahaya

Gambar 2.10 menunjukkan bagaimana sinar cahaya dibiaskan dari material yang padat ke material yang kurang padat. Sedangkan gambar 2.11 di bawah ini menunjukkan bagaimana sinar matahari yang melewati dari yang kepadatan lebih menuju ke ruang hampa. Pembiasan terjadi pada *interface* udara dan kaca.



Gambar 2.8 Pembiasan Prisma

Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan yang jernih, kecepatannya akan turun sebesar suatu faktor yang ditentukan oleh karakteristik bahan yang dinamakan indeks bias.²⁵ Nilai pembelokkan atau bias yang terjadi pada *interface* dua material dengan kepadatan yang berbeda dapat ditentukan dan tergantung pada indeks bias dari material tersebut.

²⁵ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 13

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. Dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$n = \frac{c}{v} \qquad \text{Pers. 2.3}$$

Keterangan:

c = kecepatan cahaya di ruang hampa

v = kecepatan cahaya di dalam bahan

Dengan indeks bias berperan sebagai faktor pembagi dalam menentukan kecepatan cahaya di dalam suatu bahan, berarti dapat disimpulkan apabila nilai indeks bias semakin rendah maka semakin tinggi kecepatan cahaya di dalam bahan terkait.

Besarnya pembelokan yang terjadi pada sinar cahaya maka dari itu arah rambatnya yang baru ditentukan oleh rasio indeks bias relatif antara kedua bahan dan oleh sudut datang sinar menuju bidang perbatasan. Sudut atau 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 sudut datang dan sudut bias sinar cahaya.²⁶

²⁶ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 15

Willebrord Snellius, seorang astronom Belanda yang hidup pada abad 17, menemukan bahwa terdapat suatu hubungan matematis antara indeks bias kedua bahan dengan nilai sinus dari sudut-sudut sinar. Hukum Snellius menyatakan bahwa:²⁷

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{Pers. 2.4}$$

Keterangan:

n_1 = indeks bias material 1 (tidak bersatuan)

n_2 = indeks bias material 2 (tidak bersatuan)

θ_1 = sudut datang (derajat)

θ_2 = sudut bias (derajat)

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 pembatasan di dalam bahan kedua. Sudut datang yang menyebabkan terjadinya hal ini disebut sudut kritis. Nilai sudut kritis dapat dihitung dengan mengambil nilai sudut bias sebesar 90° dan memasukkannya ke dalam persamaan Snellius sebagai berikut:²⁸

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 ; (\text{dengan } \theta_2 = 90^\circ) \rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin 90^\circ (\sin 90^\circ = 1)$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 (1) \rightarrow \sin \theta_1 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

maka:

$$\sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) = \theta_1 \text{ atau } \theta_{\text{kritis}} = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad \text{Pers. 2.5}$$

²⁷ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 16

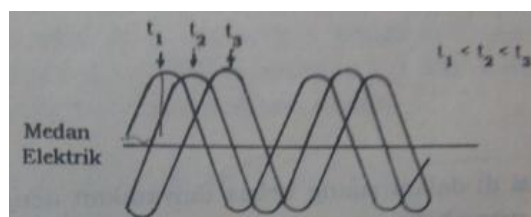
²⁸ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 17

e. Pemantulan Fresnel (*Fresnel Reflection*)

Sederhananya, pemantulan Fresnel terjadi karena ada celah udara sehingga cahaya harus melewati dua *interface* yang memantulkan sebagian karena perubahan indeks bias dari inti (*core*) ke udara ke inti (*core*) lagi. Sebagian yang sangat kecil dari cahaya itu akan terpantul balik ke bidang perbatasan. Efek seperti ini dapat menimbulkan masalah bagi cahaya yang meninggalkan ujung output serat optik. Seberapa besar proporsi cahaya yang menembus bidang perbatasan dan seberapa besar yang terpantul balik ditentukan oleh besarnya perubahan indeks bias di bidang perbatasan, dan dapat ditentukan menggunakan rumus berikut:²⁹

$$\text{daya terpantul} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad \text{Pers. 2.6}$$

Selain beberapa parameter tersebut, diketahui bahwa cahaya terdiri atas medan elektrik dan medan magnetik yang berosilasi pada frekuensi kira-kira 10^{14} Hertz.³⁰ Gelombang elektromagnetik yang berjalan sepanjang arah z terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.9 Medan Elektrik pada Gelombang

Berdasarkan gambar 2.12 dapat dilihat bahwa medan elektrik untuk gelombang yang berjalan dalam arah z terjadi pada tiga waktu yang berbeda.

²⁹ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 61

³⁰ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 7

Medan elektrik untuk gelombang seperti yang ditunjukkan seperti itu dapat ditulis sebagai berikut:³¹

$$E = E_0 \sin(\omega t - kz) \quad \text{Pers. 2.7}$$

Keterangan:

E_0 = amplitudo

$\omega = 2\pi f$ (radian/detik)

f = frekuensi (Hz)

k = faktor propagasi

Maka faktor propagasi diberikan oleh³²

$$k = \frac{\omega}{v} \quad \text{Pers. 2.8}$$

Keterangan:

v = kecepatan fase gelombang

dimana faktor $\omega t - kz$ adalah pergeseran fase akibat perjalanan sepanjang z .

Gelombang bidang adalah gelombang yang fasenya sama pada permukaan planar.

Dalam contoh ini, fasenya sama pada setiap bidang yang mempunyai nilai z tetap, sehingga persamaan (2.1) menyatakan gelombang bidang.

Dinyatakan dalam indeks bias n , kecepatan adalah

$$v = \frac{c}{n}$$

Bila dimasukkan ke dalam persamaan (2.1)

$$v = \frac{c}{n} = \frac{\omega}{k}$$

³¹ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 7

³² Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 8

$$\frac{\omega}{k} = \frac{c}{n} \rightarrow k c = \omega n$$

sehingga:³³

$$k = \frac{\omega n}{c} \quad \text{Pers. 2.9}$$

Tetapan propagasi di dalam ruang bebas dinyatakan dengan k_0 . Karena di dalam ruang bebas $n = 1$, maka³⁴

$$k_0 = \frac{\omega}{c} \quad \text{Pers. 2.10}$$

Dengan menggabung persamaan (2.3) dan (2.4), maka tetapan propagasi di dalam setiap media dapat dinyatakan dalam tetapan propagasi ruang bebas.³⁵

$$k = k_0 n \quad \text{Pers. 2.11}$$

dengan mengingat bahwa $\lambda = v/f$, dan dengan substitusi ke dalam persamaan (2.2)

$$k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{Pers. 2.12}$$

Persamaan ini merelasikan tetapan propagasi di dalam media dengan panjang gelombang di dalam media tersebut. Panjang gelombang di dalam ruang bebas adalah $\lambda_0 = c/f$ dan panjang gelombang di dalam suatu media adalah $\lambda = v/f$, maka:³⁶

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{c}{v} = n \quad \text{Pers. 2.13}$$

Panjang gelombang di dalam media lebih pendek daripada di dalam ruang bebas karena $n > 1$.

³³ Ibid, hlm 8

³⁴ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 8

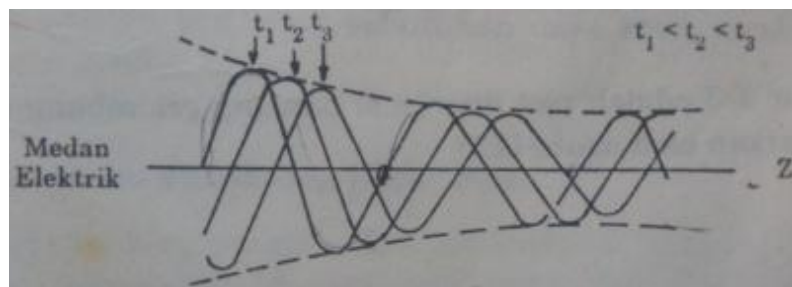
³⁵ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 8

³⁶ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 9

Daya di dalam berkas optik (didefinisikan sebagai E^2) sebanding dengan intensitas cahaya. Intensitas cahaya sebanding dengan irradians, yakni rapat daya (watt/m^2). Bila gelombang kehilangan tenaga pada saat berpropagasi maka persamaan (2.1) dan Gambar 2.12 harus dimodifikasi menjadi:³⁷

$$E = E_0 \sin(\omega t - kz) \quad \text{Pers. 2.14}$$

dengan α adalah koefisien penyusutan.



Gambar 2.10 Penyusutan pada Gelombang Berjalan

2.1.2.5 Rugi-rugi Jaringan Komunikasi Serat Optik

Pada serat optik sinyal cahaya yang merambat akan mengalami penurunan *power*. Hilangnya energi cahaya di dalam serat optik pada akhirnya membatasi jarak transmisi yang dapat ditempuh oleh cahaya tersebut. Terdapat beberapa elemen yang menjadi bahan pertimbangan dalam membuat suatu jaringan, antara lain rugi-rugi transmisi serat optik (*attenuation*) atau redaman dan pelebaran pulsa (dispersi) yang dapat menyebabkan penurunan daya cahaya dan penurunan bandwidth dari sistem. Berdampak pada transmisi informasi yang dibawa, efisiensi dan kapasitas sistem secara menyeluruh.

³⁷ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 9

a. Rugi transmisi atau redaman (*Attenuation*)

Dalam sistem komunikasi serat optik, redaman mempunyai peranan yang sangat penting. Redaman menentukan jarak transmisi maksimum antara *transmitter* dan *receiver*, juga menentukan banyaknya *repeater* dan *margin* daya yang dibutuhkan dalam sebuah link. Redaman sinyal atau rugi-rugi serat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya *output* optik (P_{out}) terhadap daya *input* optik (P_{in}) sepanjang serat optik (L). Redaman dalam serat optik untuk berbagai panjang gelombang tidak selalu sama, karena redaman ini merupakan fungsi panjang gelombang.³⁸

b. Pelebaran pulsa (Dispersi)

Indeks bias bahan serat optik berubah terhadap perubahan panjang gelombang, dimana kecepatan gelombang juga berubah terhadap perubahan panjang gelombang. Sifat perubahan kecepatan yang disebabkan oleh sifat bahan disebut dispersi bahan. Untuk beberapa serat dan pemandu gelombang, dispersi juga dapat disebabkan oleh strukturnya. Dispersi ini disebut dengan dispersi pemandu gelombang.

Misalkan suatu sumber riil (lebar bidang *non zero*) memancarkan pulsa cahaya ke dalam serat kaca dispertif, pulsa tadi berisi sejumlah pulsa identik dengan panjang gelombang berbeda. Beberapa pulsa yang berjalan dengan kecepatan yang berbeda akan mencapai ujung serat pada waktu yang berbeda.

³⁸ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 161

Bila pulsa-pulsa tersebut dijumlahkan, maka akan menghasilkan pulsa yang melebar.³⁹

Secara sederhana dispersi dapat diartikan sebagai efek pemuaian pulsa cahaya. Proses dispersi akan menyebabkan pulsa-pulsa cahaya memuai dan menjadi lebih lebar, sehingga pada akhirnya mengakibatkan pulsa-pulsa tersebut saling tumpang tindih dengan satu sama lain. Dalam kasus ini, informasi yang dibawa oleh pulsa-pulsa cahaya ini menjadi rusak.⁴⁰

Dasar penyebab hilangnya energi cahaya di dalam serat optik ada dua, yakni bahan inti serat optik tidak cukup jernih atau kotor (absorpsi), serta cahaya dibelokkan (dipantulkan atau dibiaskan) ke arah yang salah. Absorpsi disebabkan oleh zat kotoran (*impurity*) apa pun yang masih tersisa di dalam bahan inti akan menyerap sebagian dari energi cahaya yang merambat di dalam serat optik. Kontaminan yang menimbulkan efek paling serius adalah ion-ion hidroksi dan zat-zat logam.⁴¹

Dan faktor penyebab kedua, lekukan pada kabel serat optik. Lekukan tajam pada sebuah kabel serat optik dapat menyebabkan timbulnya rugi daya yang cukup serius, bahkan dapat menyebabkan kemungkinan kerusakan mekanis (pecahnya serat optik). Rugi-rugi lekukan kabel disebut *bending*, dan terdapat dua jenis *bending*, yakni:

³⁹ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 12

⁴⁰ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 71

⁴¹ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 58

a. *Macrobend* (lekukan skala makro)

Merupakan pembengkokan serat optik dengan radius yang panjang bila dibandingkan dengan radius serat optik. Dimana garis normal yang selalu mengarah tegak lurus terhadap permukaan inti bila dibengkokkan maka garis normal akan berubah arahnya mengikuti permukaan inti. Akibatnya sinar yang tadinya merambat dengan sudut ‘aman’, kini tidak lagi demikian. Sudut datangnya menjadi kurang dari sudut kritis dan mengakibatkan sinar dapat menembus inti dan keluar dari serat optik.⁴² Semakin tajam (dan semakin kecil jari-jari) lekungan, maka semakin besar rugi-rugi daya yang timbul.

b. *Microbend* (lekukan skala mikro)

Permasalahan ini pada prinsipnya menimbulkan efek yang sama dengan *macrobend*, hanya saja ukuran lekukan dan penyebabnya terjadi berbeda. Jari-jari lekukan yang timbul dalam kasus ini adalah sama dengan atau kurang dari garis tengah sebuah serat optik telanjang, memang sangat kecil.⁴³ Permasalahan lekukan mikro pada umumnya timbul dalam proses manufaktur. Penyebab yang biasa dijumpai adalah perbedaan laju pemuaian (dan penyusutan) antara serat optik dan lapisan pelindung luarnya (jaket).

Selain itu, terjadinya rugi-rugi serat optik juga disebabkan oleh pemasangan elemen-elemen pendukung yang dibutuhkan dalam suatu jaringan. Misalnya seperti pemasangan konektor dan *splicer* ataupun elemen lain yang disambungkan pada saluran transmisi. Berdasarkan berbagai penjelasan mengenai rugi-rugi pada jaringan komunikasi serat optik yang sudah disebutkan, bisa disimpulkan bahwa

⁴² John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 63

⁴³ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 67

untuk mendapatkan hasil optimal dari sistem transmisi serat optik diperlukan ketelitian dan kecermatan selama prosesnya, sehingga masalah teknis seperti itu dapat mengurangi bahkan mencegahnya.

2.1.3 Sambungan Serat Optik

Pada jaringan komunikasi serat optik, setiap serat pada salah satu ujungnya harus selalu berakhir pada pemancar, sedangkan ujung yang lainnya pada penerima. Jika jangkauan serat optik pada sistem cukup panjang melebihi panjang maksimum serat yang tersedia, maka serat harus disambung beberapa kali di sepanjang rutenya. Dan tetap memenuhi dua kriteria rancangan sambungan serat optik, yaitu sambungan harus dapat dibuat dengan mudah, juga dalam keadaan lingkungan yang terburuk, dan sambungan harus memberikan rugi yang seminimal mungkin.⁴⁴

Bila selama masa kerjanya sebuah hubungan (*link*) serat optik mengalami patah dan harus diperbaiki, maka dapat diatasi dengan membuat sambungan-sambungan permanen (*splice*). *Splice* fusi adalah metode penyambungan serat optik yang memberikan hasil paling permanen dan menimbulkan rugi daya paling rendah. Pada prinsipnya penyambungan dilakukan dengan menyolder ujung-ujung kedua serat optik yang telah disesuaikan posisinya. Persambungan yang dihasilkan hanya menimbulkan rugi daya sebesar 0.05 dB, atau sekitar 1% dari daya total.⁴⁵

Ada juga *splice* mekanik yang menjalankan fungsi serupa dengan *splice* fusi, hanya saja dengan *splice* mekanik, ujung ujung serat optik disatukan dengan

⁴⁴ Dennis Roddy, Kamal Idris dan John Coolen, *Komunikasi Elektronika Edisi Ketiga Jilid 2*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 1984), hlm 782

⁴⁵ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 114

cara-cara mekanis. Penggunaan *splice* mekanik dapat digunakan tanpa membutuhkan adanya catu daya atau pasokan listrik, sehingga dianggap lebih efisien dibanding *splice* fusi. Tapi dengan rugi-rugi daya yang dihasilkan lebih besar, sekitar 0.1-0.3 dB per sambungan *splice* mekanik.⁴⁶

Namun ada kalanya serat harus dilepaskan lagi setelah disambung, maka dari itu dibutuhkan proses penyambungan serat optik yang tidak permanen. Pada kondisi inilah digunakan konektor sebagai alat untuk menyambung. Biasanya dipergunakan pada titik-titik berakhirnya serat pada pemancar atau penerima, baik pada ujung saluran maupun pada pengulang perantara (*intermediate repeater*). Penggunaan konektor yang dapat dilepas pasang seperti ini juga memudahkan pada proses perawatan jaringan serat optik.

2.1.3.1 Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Kabel Serat Optik

Konektor dan adaptor optik adalah sendi-sendi di dalam sebuah sistem transmisi serat optik. Komponen-komponen ini memungkinkan data dikirimkan ke tujuan yang berbeda dan memungkinkan pula disambungkannya perangkat-perangkat baru ke sistem yang telah ada. Konektor optik lebih sulit untuk dirancang dan dibuat dibandingkan dengan sambungan-sambungan *splice* mekanik. Hal ini dikarenakan konektor harus dapat dipasang dan dilepas, atau diganti secara berulang-ulang dan tetap mempertahankan kinerja yang optimal.

Apabila dua buah serat optik hendak disambungkan, masing-masing serat akan memiliki konektor di salah satu ujungnya, dan kedua konektor ini akan ditancapkan ke sebuah adaptor yang sama. Adaptor pada dasarnya adalah sebuah

⁴⁶ Ibid. Hlm 128

tabung yang berfungsi sebagai penyangga kedudukan sambungan, yang menjamin posisi sambungan selalu bersesuaian (*aligned*).⁴⁷



Gambar 2.11 Konektor dan Adaptor Optik

Desain konektor optik merupakan modifikasi dari desain konektor untuk kabel tembaga koaksial yang disesuaikan untuk komunikasi berbasis cahaya. Sebuah potongan serat optik sepanjang beberapa meter disambungkan secara permanen ke konektor membentuk ‘ekor’ bagi konektor tersebut. Bagian ekor ini kemudian akan disambungkan ke sistem utama dengan menggunakan *splice*. ‘Ekor’ ini biasa disebut dengan *pigtail*, merupakan kabel serat optik berisi satu core yang mempunyai pelindung serat sendiri dan dilengkapi hanya dengan satu buah konektor pada salah satu ujungnya.

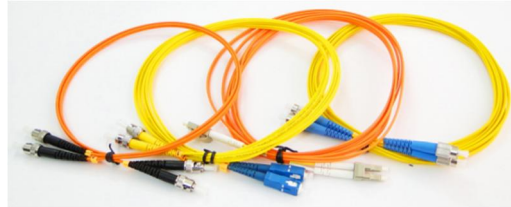


Gambar 2.12 Kabel *Pigtail* Optik

Selain pigtail, sistem transmisi serat optik juga menggunakan kabel *patchcord*, yakni sepotong kabel serat optik berukuran pendek (biasanya

⁴⁷ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 135

sepanjang satu hingga lima meter) yang digunakan untuk menghubungkan terminal atau perangkat aktif lainnya ke sistem utama, biasanya dengan ditancapkan ke sebuah panel kabel *patch*.⁴⁸



Gambar 2.13 Kabel Patchcord Optik

Kabel *patchcord* dapat terdiri dari hanya sebuah serat optik tunggal, disebut simpleks (satu arah) atau sepasang serat optik, disebut dupleks (dua arah). Jika kabel ini bertipe dupleks, maka konversi yang umum digunakan adalah menghubungkan silang (*crossover*) konektor-konektor di kedua ujung yang berlawanan. Sehingga input A akan keluar di B, dan sebaliknya.

Kabel *patchcord* harus berisi serat optik yang persis sama, tipe maupun ukurannya, dengan yang digunakan pada sistem transmisi utama. Konektor-konektor yang digunakan di ujung-ujung kabel tidak perlu sama, yang terpenting yaitu masing-masingnya harus sesuai dengan konektor yang digunakan pada terminal atau perangkat aktif yang akan disambungkan.

2.1.3.2 Jenis-jenis Konektor pada Kabel Serat Optik

Konektor-konektor terpenting dan yang paling umum dijumpai dalam instalasi sistem serat optik modus jamak adalah konektor jenis ST (*Straight Tip*), SC (*Subscriber Connector*), LC dan MT (*Mass Termination*) – RJ. Perangkat-

⁴⁸ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 148

perangkat modus tunggal biasanya menggunakan konektor tipe FC-PC (*Fiber Connector – Physical Contact*).



Gambar 2.14 Berbagai Jenis Konektor Optik

Berikut penjelasan singkat beberapa jenis konektor yang sering digunakan:⁴⁹

a. Konektor ST (*Straight Tip*)

Konektor ST dibuat untuk mengatasi masalah pada konektor model pendahulu. Permasalahan konsistensi sambungan (*repeatability*) pada konektor awal dapat diatasi oleh konektor ST dengan cara menambahkan sebuah kunci kedudukan pada hidung konektor dan pada adaptor pasangannya. Dengan demikian hidung konektor hanya dapat berada dalam satu posisi kedudukan ketika ditancapkan ke dalam adaptor, sehingga sambungan tidak lagi menjadi longgar ketika terkena getaran yang cukup keras dan sering.

⁴⁹ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 142



Gambar 2.15 Konektor ST

b. Konektor SC (*Subscriber Connector*)

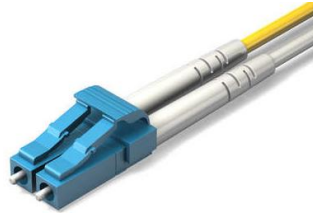


Gambar 2.16 Konektor SC

Konektor SC dirancang untuk digunakan pada sistem telekomunikasi yang menuntut kinerja tinggi dan jaringan televisi kabel, namun juga diandalkan oleh jaringan komunikasi data. Rugi-rugi daya yang ditimbulkan relatif rendah. Badan konektor terbuat dari bahan plastik, ukurannya kecil dan bentuknya yang persegi empat menjadikan konektor ini dapat dimuat dalam jumlah banyak pada kotak panel yang sempit.

c. Konektor LC (*Lucent Connector*)

Konektor LC adalah salah satu dari model konektor optik generasi baru yang berupaya menggabungkan dua buah kabel serat optik (dupleks) di dalam sebuah konektor tunggal berukuran lebih kurang sama dengan konektor tembaga RJ45. Konektor-konektor semacam ini mempunyai tipe generik SFF (*Small Form Factor*). Bentuk konektor LC mirip dengan konektor SC dupleks, namun ukurannya hanya sekitar 50%-nya.



Gambar 2.17 Konektor LC

d. Konektor MT-RJ (*Mechanical Transfer – Registered Jack*)

Desain konektor MT-RJ berbasis pada hidung konektor NTT MT (*mass termination*) yang biasanya digunakan secara spesifik untuk kabel-kabel pita. Meski konektor MT-RJ hanya dapat mengakomodir sepasang serat optik, hidung konektor yang digunakan sebenarnya mampu menampung 4, 8, 12 atau bahkan 16 helai serat optik.



Gambar 2.18 Konektor MT-RJ

Dua buah jarum dan dua buah lubang pin pada ujung hidung konektor menjadikan konektor ini dapat digunakan dalam versi jantan (*male*) atau betina (*female*), tergantung pada apakah yang terpakai pasangan jarum pinnya (versi jantan) atau pasangan lubang pinnya (versi betina).

e. Konektor FC-PC (*Fiber Connector – Physical Contact*)

Konektor FC-PC adalah model konektor berkualitas tinggi yang dirancang untuk sistem-sistem transmisi jarak jauh dengan serat modus tunggal, dan karenanya dapat menghasilkan rugi daya yang sangat rendah. Konektor jenis ini dapat pula digunakan pada sistem-sistem modus jamak yang menuntut kualitas tinggi, jika diperlukan, dan sering kali juga dijumpai pada perangkat-perangkat pengujian.



Gambar 2.19 Konektor FC-PC

Dari bentuk luarnya konektor modus jamak dan modus tunggal ini nampak identik, namun konektor modus tunggal dibuat dengan tingkat toleransi yang jauh lebih ketat demi mengakomodir ukuran diameter serat modus tunggal yang sangat kecil dan juga kebutuhan akan tingkat presisi yang sangat tinggi. Serat optik modus jamak dapat bekerja tanpa masalah dengan konektor modus tunggal, namun sebaliknya bila menggunakan konektor modus jamak untuk serat optik modus tunggal akan mengakibatkan timbulnya rugi-rugi yang sangat besar.

2.1.3.3 Parameter-parameter Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Kabel Serat Optik

Ada beberapa parameter utama yang biasa disebutkan di dalam lembaran spesifikasi teknis untuk konektor, yaitu:⁵⁰

a. Rugi Insersi (*Insertion Loss*)

Rugi insersi timbul pada titik persambungan akibat digunakannya konektor-konektor. Rugi insersi konektor hanya akan terjadi jika sepasang konektor saling disambungkan, serta menggunakan sepasang konektor dengan tipe yang sama. Nilai tipikal untuk rugi insersi adalah 0.2dB – 0.5dB per pasang konektor, namun standar internasional mengizinkan rugi insersi hingga maksimum 0.74 dB

⁵⁰ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 135

b. Rugi Jalur-Balik

Parameter ini mengukur besarnya pantulan Fresnel (*Fresnel Reflection*) yang terjadi pada persambungan konektor-konektor. Energi cahaya akan dipantulkan balik sebagiannya ketika mencapai konektor, dan merambat balik menuju sumber cahaya. Untuk sumber cahaya berupa laser atau LED yang bekerja pada modus jamak, cahaya yang terpantul balik tidak memberikan dampak yang signifikan pada kinerjanya, sehingga dapat diabaikan.

Namun pada serat optik modus tunggal, energi balik ini akan memberikan pengaruh yang cukup besar pada kinerja laser, sehingga akan menghasilkan *output* yang mengandung derau tinggi. Pabrikan laser biasanya selalu memberikan nilai rugi jalur-balik yang dapat ditoleransi oleh produknya. Nilai tipikal: -40 dB.

c. Ketahanan Sambungan

Disebut juga laju kenaikan rugi insersi. Parameter ini mengukur seberapa besarnya rugi insersi akan bertambah dengan semakin seringnya konektor digunakan – dipasang dan dilepaskan secara berulang-kali. Nilai tipikal: 0,2 dB per 1000 kali penggunaan.

d. Suhu Kerja

Parameter ini jelas menginformasikan suhu kerja yang ideal untuk produk konektor yang bersangkutan, dan pastinya sesuai dengan spesifikasi kabel serat optik. Nilai tipikal: -25°C hingga +80°C.

e. Retensi Kabel

Disebut juga kekuatan tensil atau beban tarikan maksimum. Parameter ini mengukur beban tarikan terbesar yang dapat diterima oleh konektor sebelum

terlepas dari kabel. Besaran ini memiliki nilai yang mendekati beban tarikan instalasi untuk sebuah kabel ringan. Nilai tipikal: 200 N.

f. Kosistensi Sambungan (*Repeatability*)

Parameter ini mengukur seberapa jauh konsistensi nilai dari besaran rugi insersi jika konektor dilepaskan dan kemudian disambungkan kembali. Merupakan indikator yang menyatakan seberapa identiknya jalur cahaya yang terbentuk di titik persambungan setiap kali konektor disambungkan.

Namun parameter ini tidak selalu disebutkan dalam lembaran spesifik teknis karena sulit menemukan suatu metode yang seragam untuk mengukurnya. Nilai rugi insersi yang disebutkan seharusnya merupakan nilai rata-rata sepanjang waktu untuk sebuah pasangan konektor, sehingga faktor konsistensinya jelas harus diperhitungkan juga.

Parameter-parameter tersebut dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui apakah konektor yang digunakan masih layak dilihat dari segi kinerja dan kualitas konektor itu sendiri. Karena penggunaannya yang secara lepas pasang berulang kali seperti itu, sangat penting untuk memperhatikan syarat-syarat agar konektor dapat dikatakan bekerja dengan optimal, di antaranya:⁵¹

- a. Rugi-rugi daya rendah (0.1 dB sampai 1 dB per konektor)
- b. Efisiensi kopling tidak berubah, artinya tidak ada penurunan efisiensi dalam waktu yang lama
- c. Dapat diprediksi, artinya konektor memiliki efisiensi yang sama jika beberapa konektor sejenis dikombinasikan

⁵¹ Anonim, *PL 1.3 – Dasar Sistem Komunikasi Optik; OPTICAL ACCESS NETWORK*, (Bandung : PT Telkom, TELKOMRISTI R&D Center, 2004), hlm 40

- d. Bahan konektor kuat terhadap tekanan dan kompatibel dengan lingkungan. Penyambungan dapat dilakukan pada variasi temperatur, tekanan tinggi, getaran, kelembaban dan kotoran.

2.1.3.4 Faktor-faktor Penyebab Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Kabel Serat Optik

Terdapat tiga hal utama yang harus diperhatikan di dalam proses menyambung dua serat optik, yaitu tipe kedua serat harus saling kompatibel; ujung kedua serat harus diletakkan sedekat-dekatnya antara satu sama lain hingga menyisakan sekecil mungkin celah di antara keduanya; dan posisi kedua serat harus dibuat saling bersesuaian seakurat mungkin.⁵² Ketiga hal ini harus diperhatikan dengan seksama agar proses penyambungan serat optik menghasilkan rugi-rugi sekecil mungkin.

Namun ada beberapa faktor yang mempengaruhi kesesuaian dalam proses penyambungan, sehingga menghasilkan rugi-rugi yang lebih besar dari standar. Berikut adalah faktor-faktor yang menyebabkan rugi-rugi pada sambungan tidak permanen (konektor) pada jaringan komunikasi serat optik:

- a. Diameter *core* tidak sama

Ukuran yang sangat kecil pada *core* serat optik menimbulkan permasalahan tersendiri, karena proses penyambungannya akan membutuhkan presisi yang tinggi. Pengaturan diameter inti yang tidak teliti dalam pembuatan serat dapat mengakibatkan sebagian cahaya di dalam inti akan hilang, hal ini disebabkan oleh

⁵² John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 101

inti keluaran lebih kecil daripada inti masukan sehingga akan memperbesar rugi-rugi total dari serat.⁵³

b. *Core* tidak berada tepat di tengah

Ketika menyambungkan dua buah serat optik, orang biasanya mengambil acuan bagian yang terlihat saja (mantel) dalam mencocokkan posisi, karena inti serat optik berada di dalam serat dan sulit dilihat langsung. Apabila ternyata posisi inti salah satu serat yang akan disambungkan tidak tepat berada di tengah (pusat) di dalam serat optik, maka kedua inti akan berselisih posisi, disebut selisih posisi karena cacat inti.

c. Permukaan serat tidak rata

Sepasang serat dikatakan sempurna dan sesuai untuk penyambungan apabila kedua serat dipotong dengan rapi dan tegak lurus pada bagian sumbu dan mempunyai permukaan pasangan yang rata dan halus. Namun apabila serat yang dipotong membentuk permukaan yang tidak teratur, maka cahaya yang sedang dipantulkan akan hilang karena pantulan, atau bisa juga terjadi penyebaran cahaya yang jatuh pada bagian yang tidak terartu tersebut.

d. Sumbu serat tidak sejajar

Kasus ini sedikit banyak mirip dengan kasus rugi daya karena perbedaan ukuran inti. Jika sumbu kedua serat yang disambungkan berselisih posisi atau tidak saling berhimpit, maka daerah inti kedua serat tidak akan sepenuhnya bersambungan. Akibatnya sebagian cahaya yang keluar dari inti serat yang satu tidak dapat masuk ke inti serat yang lainnya, dan hilang menjadi rugi daya. Selisih

⁵³ Thomas Sri Widodo, *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*, (Yogyakarta : Penerbit Andi Offset, 1995), hlm 92

sumbu sejauh seperempat garis tengah inti saja akan mengakibatkan rugi daya sebesar 1.5dB.⁵⁴

e. Penyimpangan sudut

Bila kedua inti salah menjajarkan sedemikian rupa sehingga keduanya bertemu dengan suatu sudut kecil γ , maka sebagian cahaya akan keluar melalui celah yang terbuka pada satu sisi dari sambungan tersebut. Semakin besar selisih posisi angular (sudut), maka semakin banyak sinar yang tidak dapat mengenai inti serat di depannya. Selisih posisi angular sebesar tiga hingga empat derajat dapat menyebabkan timbulnya rugi daya sebesar kurang dari 1 dB.⁵⁵

f. Kotoran

Setiap kotoran atau benda asing yang masuk ke dalam konektor atau sambungan selama atau setelah proses pemasangan dapat memperbesar rugi-rugi bahkan dapat menutup sama sekali sambungan. Untuk mencegahnya masuknya kotoran makan instalasi harus dilakukan dengan sangat hati-hati.

Dari beberapa faktor-faktor yang sudah disebutkan di atas, dapat dilihat kalau rugi-rugi pada sambungan tidak permanen (konektor) menjadi semakin besar apabila terjadi ketidaksesuaian dari serat optik itu sendiri. Serta dipengaruhi juga oleh hal-hal yang berkaitan selama proses penyambungan. Maka dari itu untuk memastikan diperolehnya rugi-rugi yang kecil (sesuai dengan standar), konektor harus menghilangkan atau setidaknya meminimalisasi ketidaksesuaian serat optik. Juga harus menjaga bahwa kedua ujung serat akan saling mencakup dengan sempurna.

⁵⁴ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 105

⁵⁵ Ibid, hlm 107

2.1.4 Analisis Faktor-faktor Penyebab Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor) pada Jaringan Serat Optik

Dari faktor-faktor yang sudah disebutkan sebelumnya, ada tiga faktor utama yang mempengaruhi penambahan rugi daya pada pengukuran sambungan tidak permanen (konektor), antara lain perbedaan diameter inti atau *cladding* pada sambungan kabel serat optik di dalam konektor; penyimpangan sudut yang terbentuk akibat pemotongan kabel serat optik yang tidak rata pada sambungan di dalam konektor; pemantulan cahaya yang dihasilkan apakah ada kebocoran yang menyebabkan cahaya terpantul keluar dari jalur

Ketiga faktor ini dapat dianalisis dengan menggunakan perhitungan secara teoritis, dan kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran lapangan dengan menggunakan OPM (*Optical Power Meter*). Yang mana penelitian skripsi ini menggunakan metode penelitian deskriptif, bermaksud untuk memberikan gambaran fenomena berupa perbedaan nilai rugi-rugi pada konektor yang menerangkan hubungan atau korelasi antara hasil pengukuran dengan hal-hal yang terkait selama proses penyambungan menggunakan konektor. Penelitian ini terkonsentrasi pada perilaku serat optik itu sendiri.

Proses penyambungan serat optik harus dilakukan dengan teliti demi memastikan diperolehnya rugi-rugi yang kecil. Hal ini sudah dijelaskan pada penjelasan mengenai parameter serat optik maupun parameter pada konektor. Namun dalam proses penyambungan serat optik, tetap ada beberapa hal yang tidak sesuai dengan parameter tersebut. Ketidaksesuaian yang terjadi selama proses penyambungan secara teoritis dapat dianalisis dengan perumusan seperti berikut:

- a. Rugi-Rugi akibat ketidaksesuaian ukuran inti atau *cladding*
- b. Rugi-Rugi akibat ketidaksesuaian Apertur Numerik
- c. Refleksi Fresnel (*Fresnel Reflection*)
- d. Rugi-Rugi Inseri (*Insertion Loss*)

Ukuran inti dan *cladding* yang berbeda pada sebuah sambungan serat optik menyebabkan hilangnya sebagian daya dari sinyal yang ditransmisikan. Ketika ukuran inti serat optik yang mentransmisikan (d_t) lebih besar dari diameter inti yang menerima (d_r), maka terjadi rugi-rugi yang dapat dirumuskan sebagai berikut.⁵⁶

$$Loss = -10 \log_{10} \left(\frac{d_r}{d_t} \right)^2 \quad \text{Pers. 2.15}$$

Namun rugi-rugi ini hanya berlaku jika garis-tengah inti yang ditinggalkan (d_t) lebih besar dari garis-tengah inti yang dimasuki (d_r). Jika yang terjadi adalah sebaliknya, maka tidak ada rugi-rugi daya yang timbul.

Efek yang serupa akan terjadi jika di titik persambungan terjadi perubahan nilai apertur numerik dari serat yang satu ke serat yang lainnya. Apabila serat yang dimasuki memiliki apertur numerik yang sama dengan atau lebih besar dari apertur numerik serat yang ditinggalkan, maka rugi-rugi daya tidak terjadi. Namun jika apertur numerik dari serat optik yang mentransmisikan sinyal lebih besar dari apertur numerik serat optik yang menerimanya ($Na_t > Na_r$)² maka terjadilah pelemahan sinyal.

⁵⁶ Palais, Joseph C. *Fiber Optic Communication*, fifth edition, (Pearson : Prentice Hall, 2005)

Secara matematis rugi-rugi akibat ketidaksinkronan apertur numerik (NA) ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:⁵⁷

$$Loss_{NA} = -10 \log_{10} \left(\frac{NA_r}{NA_t} \right)^2 \quad \text{Pers. 2.16}$$

Penggunaan konektor pada jaringan serat optik juga menimbulkan rugi-rugi yang dikenal dengan pemantulan Fresnel (*Fresnel reflection*). Pada umumnya, saat instalasi, dua kabel yang dihubungkan oleh konektor tidak dihubungkan secara langsung, namun diberi sedikit jarak. Jarak antara dua serat optik ini memberikan rongga udara diantara kedua sambungan. Hal ini menyebabkan meskipun kedua serat optik memiliki indeks bias yang sama, tetap akan ada daya yang dipantulkan kembali ke arah kabel pengirim karena ada beda indeks antara inti dari serat optik dengan udara. Dari perbedaan indeks tersebut didapat suatu nilai faktor yang disebut faktor *Fresnel reflection* (R).

Perumusannya dapat menggunakan persamaan berikut:⁵⁸

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad \text{Pers. 2.17}$$

Dengan n_1 adalah indeks bias dari serat optik pengiriman dan n_2 adalah indeks bias serat optik penerima atau medium perantara. Nilai faktor ini menunjukkan banyaknya persen daya yang hilang karena dipantulkan kembali ke dalam inti. Besarnya daya yang hilang akibat Fresnel reflection dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:⁵⁹

$$Loss (dB) = -10 \log(1 - R) \quad \text{Pers. 2.18}$$

⁵⁷ John Crisp & Barry Elliot, *Introduction to Fiber Optics*. 3rd edition, (England : Elsevier Ltd. The Boulevard. Langford Lane Kidlington, OX5 16b, 2005), hlm 89

⁵⁸ Gerd Keiser, *Optical Fiber Communication*. Edisi kedua, (USA : Mc Graw-Hill Inc, 1991), hlm 201

⁵⁹ *Ibid*, hlm 202

Selain karena jarak antara dua serat optik yang akhirnya memberikan rongga udara diantara keduanya, jarak juga menimbulkan peluang serat optik mudah terkena kotoran. Terjadinya kontaminasi pada permukaan kaca akan menjadikan indeks bias bahan di sekitar kaca berubah. Sebelumnya bahan yang ada di sekitar kaca seluruhnya adalah udara yang berindeks bias 1, dan setelah terjadi kontaminasi oleh kulit tangan kita, sebagian permukaan kaca ditutupi oleh bahan lemak yang berindeks bias lebih dari 1.⁶⁰

Terlepas dari rugi-rugi yang muncul karena pengaruh faktor-faktor selama proses penyambungan, penggunaan konektor pada jaringan serat optik memiliki perumusan rugi tersendiri yaitu rugi penyisipan atau rugi insersi (*Insertion loss*). Dalam menggunakan konektor, parameter rugi insersi merupakan ukuran terpenting bagi kinerja konektor itu sendiri. Dimana nilai tipikal untuk rugi insersi adalah 0.2dB – 0.5dB per pasang konektor. Untuk mengetahui kesesuaian rugi-rugi konektor dapat dilakukan perbandingan antara hasil pengukuran daya keluaran dengan konektor (P_{out}) berbanding daya keluaran tanpa konektor (P_{in}).

Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut (dalam desibel, dB):⁶¹

$$\mathbf{Insertion\ loss\ (I_L) = -10\log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)} \quad \mathbf{Pers.\ 2.19}$$

2.2 Kerangka Berpikir

Kegiatan penelitian skripsi ini didasarkan pada kenyataan terkait dengan kegiatan pemasangan jaringan komunikasi serat optik ke pelanggan, yang pastinya terdapat beberapa kegiatan penyambungan di titik-titik tertentu. Penyambungan adalah hal yang tidak dapat dihindari apabila jarak pemasangan jaringan lebih

⁶⁰ John Crisp dan Barry Elliott, *Serat Optik: Sebuah Pengantar*, (Jakarta : Penerbit Erlangga, 2006), hlm 28

⁶¹ Gerd Keiser, *Optical Fiber Communication*. Edisi kedua, (USA : Mc Graw-Hill Inc, 1991), hlm 53

panjang dari ketersediaan media (serat optik) yang ada. Setiap penyambungan yang dilakukan akan menghasilkan redaman, baik penyambungan secara permanen menggunakan metode *fusion splicer*, maupun dengan penyambungan tidak permanen menggunakan konektor dan adaptor optik.

Penyambungan tidak permanen memiliki beberapa parameter yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui apakah redaman yang dihasilkan sesuai dengan standart. Untuk mengetahui tepatnya nilai redaman pada tiap konektor di jaringan komunikasi serat optik, dilakukan proses survey dan pengukuran langsung menggunakan media kabel *patchcord* yang biasa digunakan pada jaringan serat optik PT Telkom Akses cabang Pasar Rebo.

Kemudian berdasarkan data pengukuran redaman tersebut, apabila terjadi perbedaan nilai redaman antara hasil pengukuran langsung dengan standart yang ada, dilakukan analisis untuk mengetahui penyebabnya. Secara teoritis maupun praktis, ada beberapa faktor yang menyebabkan redaman konektor tidak sesuai dengan standar. Faktor-faktor tersebut dianalisis untuk menentukan faktor mana yang memberikan pengaruh paling besar sehingga membuat nilai redaman konektor tidak sesuai dengan standart.

Karena penelitian ini dilakukan di PT Telkom Akses cabang Pasar Rebo, hasil analisis tersebut bisa dijadikan sebagai acuan para teknisi di bagian *maintenance* maupun bagian konstruksi jika melakukan penyambungan kabel serat optik. Sehingga dapat menghindari atau mengurangi nilai rugi-rugi pada setiap konektor di jaringan sampai ke pelanggan, dan membuat kinerja jaringannya menjadi lebih optimal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat yang akan dijadikan tempat penelitian adalah anak perusahaan dari PT. Telkom Indonesia, Tbk yakni PT. Telkom Akses yang bergerak di bagian pembangunan jaringan. Lokasi penelitian tepatnya di wilayah cakupan PT. Telkom Akses cabang Pasar Rebo. Selain melakukan penelitian di PT. Telkom Akses cabang Pasar Rebo, peneliti juga melakukan studi pustaka di Gedung Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan dari bulan Maret 2015 hingga Juni 2015.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi yang dilakukan untuk mengamati hal-hal yang berkaitan dalam pengumpulan data yang diperlukan sebagai bahan penelitian. Kemudian juga menggunakan metode studi pustaka untuk mengumpulkan data teoritis mengenai paramater sambungan tidak permanen (konektor) dan rumus-rumus yang berkaitan dengan rugi-rugi pada sambungan tidak permanen (konektor). Dan juga metode eksperimen laboratorium, dimana penelitian ini melakukan proses pengukuran dengan media-media yang terkait seperti alat sambungan tidak permanen (konektor), alat ukur dan sumber cahaya.

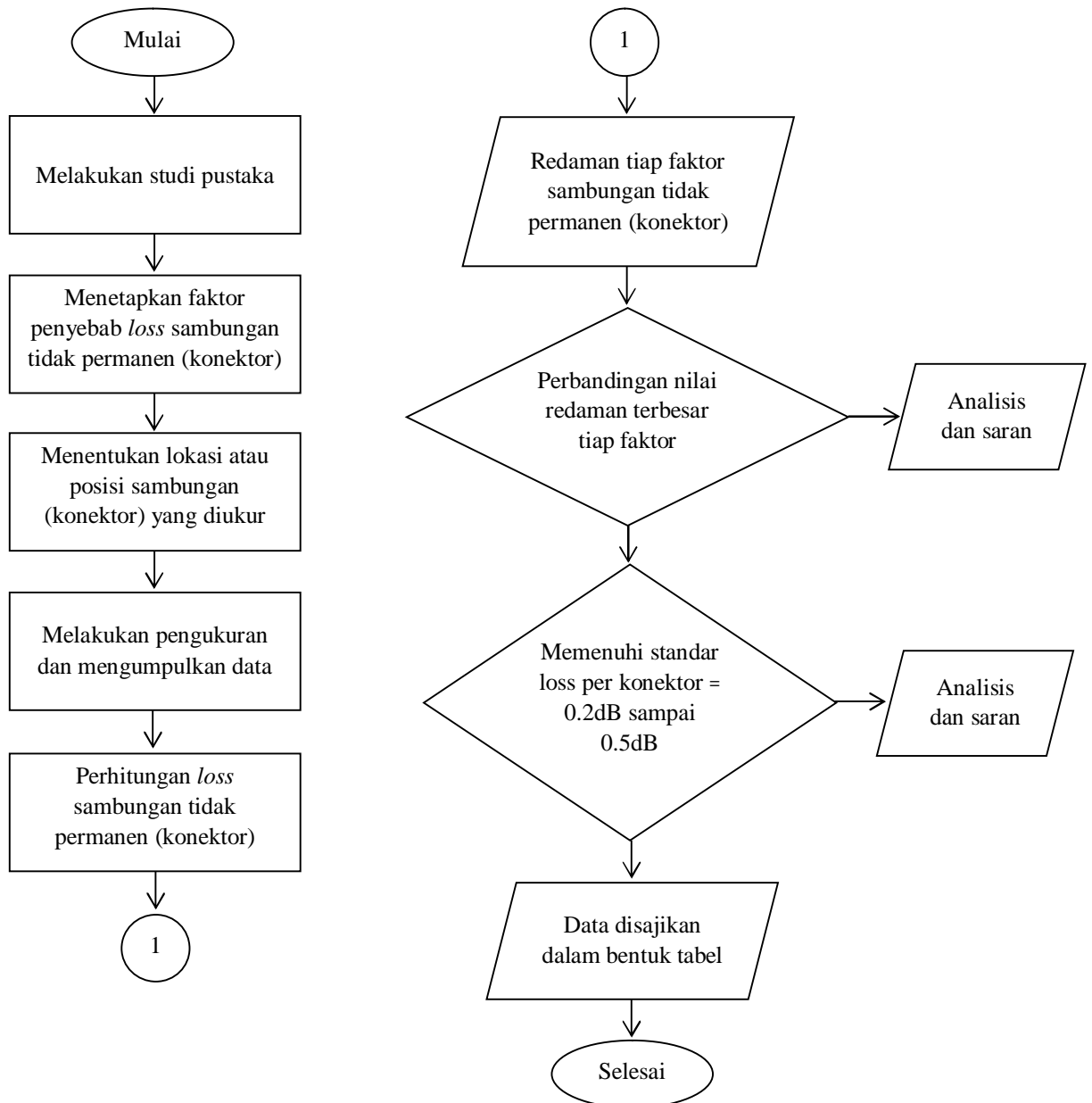
Hal-hal yang terkait dengan metode penelitian akan dijelaskan dengan rancangan penelitian sebagai berikut.

3.2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian mengenai analisis faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) pada jaringan serat optik akan menghasilkan suatu jawaban yang menjelaskan hubungan antara faktor-faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian hasil pengukuran pada konektor berdasarkan parameter-parameter yang ada.

Untuk mendapatkan hasil akhir penelitian sesuai dengan tujuan awalnya, penelitian ini harus mengikuti dan menjalankan langkah-langkah atau metode penelitian dengan teliti. Keterkaitan antara satu langkah dengan langkah lainnya sangat penting untuk diperhatikan. Seperti yang sudah dijabarkan pada kerangka berpikir di dalam BAB II, penelitian ini mengumpulkan data pengukuran di lapangan yang kemudian data tersebut dianalisis dan diolah beserta data hasil perhitungan menggunakan rumus pada tiap parameter yang juga sudah dijabarkan di dalam BAB II.

Untuk lebih jelasnya, rancangan penelitian mengenai analisis faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) pada jaringan serat optik akan digambarkan pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2.1.1 Menetapkan Karakteristik Konektor yang Digunakan

Konektor yang digunakan untuk penelitian ini adalah konektor yang biasa digunakan pada jaringan serat optik PT Telkom Akses, Pasar Rebo. Konektor ini terdapat pada aksesoris jaringan berupa *patchcord* maupun *pigtail*. *Patchcord* atau biasa disebut juga *optic jumper* merupakan kabel dengan konektor di kedua ujungnya, biasa digunakan untuk menghubungkan *device* (perangkat). Sementara

pigtail merupakan kabel dengan konektor di salah satu ujungnya, yang dalam penggunaannya akan disambungkan dengan kabel fiber yang belum memiliki konektor, dilakukan dengan teknik penyambungan permanen atau *splicer*.



Gambar 3.2 Kabel Patchcord

Pada pengukuran rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) ini digunakan kabel *patchcord* yang memiliki konektor tipe SC (*subscriber connector*), dimana SC/APC untuk salah satu ujungnya dan SC/PC untuk ujung yang lainnya. Seperti yang tertulis pada label pembungkus, *patchcord* yang digunakan merupakan model PSASC0S-ST3P505-HW, dengan *coresingle mode fiber* dan tipe kabel simplex, serta panjang kabel lima meter (berdasarkan keterangan yang ada pada pembungkus *patchcord*).

3.2.1.2 Menetapkan Ketidaksesuaian Rugi-rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor)

Ketidaksesuaian nilai rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) sudah sudah dijabarkan pada BAB II, yakni antara lain rugi-rugi akibat ketidaksesuaian ukuran inti atau *cladding*, rugi-rugi akibat ketidaksesuaian nilai apertur numerik (NA) dan juga rugi-rugi akibat pemantulan atau refleksi Fresnel. Ketiga ketidaksesuaian rugi-rugi tersebut mempengaruhi pengukuran redaman pada konektor.

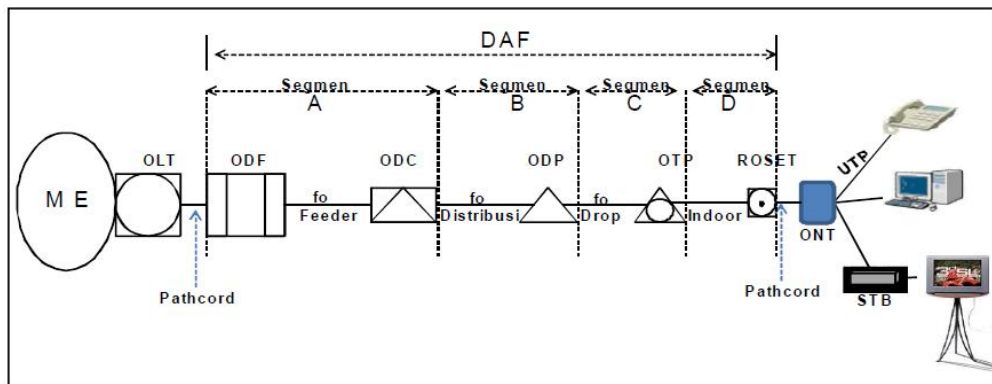
Untuk mengetahui faktor manakah yang lebih berpengaruh, penulis melakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus yang sesuai dengan penerapan kondisi yang sama pada konektor yang diukur. Peneliti mengukur rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) menggunakan alat OLS (*Optical Light Source*) sebagai sumber dan OPM (*Optical Power Meter*) untuk mengukur *output*. *Output* yang dihasilkan berupa redaman yang dihasilkan konektor dalam satuan dBm. *Output* tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus rugi-rugi insersi, sehingga didapatlah nilai rugi-rugi konektor tersebut.

Peneliti membandingkan nilai rugi-rugi yang didapat dari hasil perhitungan menggunakan rumus dari faktor-faktor yang sudah ditetapkan dengan nilai rugi-rugi yang didapat dari hasil pengukuran menggunakan OPM. Peneliti perlu mengetahui apakah hasil perhitungan sama dengan hasil pengukuran. Namun bila terjadi perbedaan, peneliti menganalisisnya dengan memberikan penerapan tambahan yang sama untuk masing-masing faktor. Sehingga dapat ditentukan faktor manakah yang paling mempengaruhi nilai rugi-rugi (*loss*) sambungan tidak permanen (konektor).

3.2.1.3 Menentukan Posisi atau Titik Sambungan Tidak Permanen (Konektor)

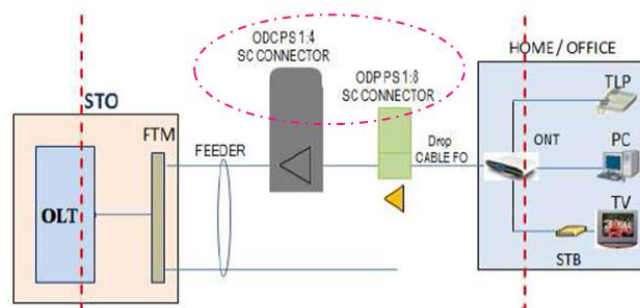
Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian ini, peneliti melakukan pengukuran dengan menggunakan jaringan serat optik PT Telkom Akses. Jaringan PT Telkom Akses mencakup area yang cukup luas, yakni dari titik pusat atau yang dikenal dengan Metro (ME) yang kemudian didistribusikan ke beberapa ODC (*Optical Distribution Center*) dengan sebuah kabel feeder berkapasitas besar. Dari ODC didistribusikan lagi ke sejumlah ODP (*Optical*

Distribution Point), lalu dari ODP dihubungkan ke rumah pelanggan dengan sepasang kabel drop (*drop core*).



Gambar 3.3 Jaringan Serat Optik PT Telkom Akses

Pada jaringan serat optik secara keseluruhan terdapat beberapa titik yang menggunakan konektor dengan tujuan untuk menyambung jaringan dan juga membagikan jaringan sampai ke pelanggan. Misalnya saja di ODC (*Optical Distribution Center*) dan di ODP (*Optical Distribution Point*). Namun karena konektor tersebut berada pada titik-titik sambungan jaringan yang aktif dari pusat sampai ke pelanggan, maka sulit untuk melakukan pengukuran langsung di ODC maupun di ODP. Karena melakukan pengukuran berarti harus melepas konektor yang ada, sementara jika konektor dilepas berarti jaringan ke pelanggan menjadi terganggu.



Gambar 3.4 Posisi atau Titik Sambungan Tidak Permanen (Konektor)

Maka dari itu, peneliti melakukan pengukuran rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) menggunakan media *patchcord* dengan konektor di kedua ujungnya dan OLS (*Optical Light Source*) sebagai sumbernya. Hal ini pun untuk menghindari hasil pengukuran dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti *bending* atau tekukan maupun karena ada tambahan rugi-rugi dari perangkat lain. Jadi dengan demikian hasil rugi-rugi yang terukur oleh OPM (*Optical Power Meter*) murni rugi-rugi yang dihasilkan dari konektor pada *patchcord*.

3.2.2 Instrumen Penelitian

3.2.2.1 OPM (*Optical Power Meter*)



Gambar 3.5 OPM (*Optical Power Meter*)

OPM atau *Optical Power Meter* merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur total redaman dalam sebuah jaringan serat optik, baik pada saat instalasi maupun pemeliharaan.¹ Biasanya *output* OPM dinyatakan dalam dBm atau dB μ . Pada penelitian ini, OPM yang digunakan adalah mini *Optical Power Meter* BD-503 B&D *Technology*, OPM jenis ini merupakan OPM yang biasa digunakan oleh PT Telkom Akses, Pasar Rebo.

¹Anonim, *Dasar Alat Ukur Penyambungan, Optical Access Network*, (Bandung:PT Telkom Indonesia, TbkTELKOMRIS TI (R&D Center), 2004, hlm 12



Gambar 3.6 OLS (*Optical Light Source*)

OPM juga biasanya dipasangkan dengan sumber cahaya atau OLS (*Optical Light Source*). Keuntungan penggunaan sumber cahaya dan power meter yaitu karena keduanya mampu mengukur daya aktual yang hilang pada sistem serat optik.² Dengan mengetahui daya input (P_{in}) dan daya output (P_{out}) pada jaringan serat optik, maka dapat pula dihitung total rugi-rugi jaringannya dengan persamaan:

$$L \text{ (dB)} = P_{out} \text{ (dBm)} - P_{in} \text{ (dBm)} \quad \text{Pers. 3.1}$$

3.2.2.2 Tabel Pengukuran

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Menggunakan OPM (*Optical Power Meter*)

No.	<i>Patchcord</i>	<i>Input</i> (dBm)	<i>Output</i> (dBm)	<i>Loss</i> (dB)
1	A			
2	B			
3	C			
4	D			
5	E			

²Crisp, Jhon. & Elliot, Barry, *Introduction to Fiber Optics*. 3rd Edition, (England: Elsevier Ltd. The Boulevard. Langford Lane Kidlington, OX5 16b, 2005), hlm 156

**Tabel 3.2 Hasil Perhitungan *Loss* Konektor dari Data Pengukuran OPM
(*Optical Power Meter*)**

No.	<i>Patchcord</i>	<i>Loss Patchcord</i> (dB)	<i>Loss Kabel</i> (dB)	<i>Loss Konektor</i> (dB)
1	A			
2	B			
3	C			
4	D			
5	E			

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (I)

No.	Pengujian	d_r (μm)	d_t (μm)	<i>Loss</i> (dB)
1	1%	8		
2	2%	8		
3	3%	8		
4	4%	8		
5	5%	8		

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (II)

No.	Pengujian	d_r (μm)	d_t (μm)	<i>Loss</i> (dB)
1	1%		8	
2	2%		8	
3	3%		8	
4	4%		8	
5	5%		8	

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (I)

No.	Pengujian	n_1	n_2	NA_t	NA_r	<i>Loss</i> (dB)
1	1%	1.5	1.4965			
2	2%	1.5	1.4965			
3	3%	1.5	1.4965			
4	4%	1.5	1.4965			
5	5%	1.5	1.4965			

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (II)

No.	Pengujian	n_1	n_2	NA_t	NA_r	<i>Loss</i> (dB)
1	1%	1.5	1.4965			
2	2%	1.5	1.4965			
3	3%	1.5	1.4965			
4	4%	1.5	1.4965			
5	5%	1.5	1.4965			

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Refleksi Fresnel

No.	Pengujian	n_1	n_2	R	<i>Loss</i> (dB)
1	1%	1.5	1.4965		
2	2%	1.5	1.4965		
3	3%	1.5	1.4965		
4	4%	1.5	1.4965		
5	5%	1.5	1.4965		

Tabel 3.8 Perbandingan Hasil Pengujian Tiga Faktor Rugi-Rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor)

No.	Pengujian	Parameter				
		Loss Ukuran Inti (I)	Loss Ukuran Inti (II)	Loss Apertur Numerik (I)	Loss Apertur Numerik (II)	Loss Refleksi Fresnel
1	1%					
2	2%					
3	3%					
4	4%					
5	5%					

3.2.3 Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data yang diperlukan pada penelitian ini, digunakan metode observasi. Dimana proses pengumpulan data meliputi pencarian sumber pustaka yang dijadikan sebagai acuan untuk menetapkan faktor-faktor penyebab rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) berdasarkan parameter yang berkaitan, serta rumus-rumus yang digunakan untuk keperluan analisis data.

Selain sumber pustaka, data juga dikumpulkan melalui pengukuran langsung rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) di titik sambungan yang sudah ditentukan pada jaringan komunikasi serat optik yang ada. Kemudian data hasil pengukuran ini akan digunakan sebagai perbandingan dengan hasil

perhitungan guna menentukan faktor apa yang paling mempengaruhi ketidaksesuaian nilai rugi-rugi (*loss*) pada sambungan tidak permanen (konektor).

3.2.4 Analisis Data

Analisis merupakan tindakan penguraian mengenai suatu peristiwa agar dapat mengetahui keadaan yang sebenarnya berdasarkan komponen-komponen yang ada untuk dapat dikaji lebih lanjut dengan tujuan menghasilkan suatu pengetahuan baru yang berkaitan. Dalam penelitian ini, yang dianalisis adalah faktor-faktor yang menyebabkan rugi-rugi pada sambungan tidak permanen (konektor). Lalu dari faktor-faktor tersebut akan diketahui faktor mana yang paling mempengaruhi nilai rugi-rugi yang diukur.

Data yang digunakan pada penelitian berupa hasil pengukuran langsung di posisi sambungan (konektor) yang sudah ditentukan menggunakan OPM (*Optical Power Meter*). Kemudian semua data hasil pengukuran diolah menggunakan rumus-rumus yang berkaitan dengan faktor-faktor yang sudah dijabarkan sebelumnya. Hal tersebut menjadi acuan dasar untuk menentukan faktor mana yang paling berpengaruh pada nilai rugi-rugi (*loss*) sambungan tidak permanen. Peneliti akan menguji tiap faktor dengan menggunakan rumus-rumus dan pendekatan ilmiah seperti yang telah dibahas di BAB II.

Dari hasil redaman tiap faktor, akan dibandingkan dengan hasil redaman faktor lain pada kondisi dan waktu pengukuran yang sama. Hasil analisis berupa kesimpulan faktor manakah yang paling mempengaruhi nilai rugi-rugi (*loss*) pada sambungan tidak permanen (konektor). Hasil analisis data penelitian akan dibahas pada BAB IV.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Bab ini akan memaparkan data hasil pengukuran rugi-rugi konektor menggunakan OPM (*Optical Power Meter*) dan hasil perhitungan rugi-rugi menggunakan rumus-rumus yang terkait dengan faktor-faktor yang telah dibahas sebelumnya. Kemudian membandingkan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan serta membahas faktor manakah yang paling mempengaruhi ketidaksesuaian nilai rugi-rugi (*loss*) pada sambungan tidak permanen (konektor).

4.1.1. Hasil Pengukuran dengan OPM (*Optical Power Meter*)

Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan, pengukuran menggunakan media kabel patchcord dengan spesifikasi yang sudah disebutkan pada BAB III. Peneliti menggunakan lima kabel patchcord dengan tipe yang sama, guna menghindari perbedaan hasil pengukuran karena faktor perbedaan merk dan kualitas pabrik yang berbeda. Pengukuran menggunakan OLS (*Optical Light Source*) sebagai sumber, karena tidak memungkinkan apabila langsung mengukur di ODC (*Optical Distribution Center*) maupun di ODP (*Optical Distribution Point*).

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Menggunakan OPM (*Optical Power Meter*)

No.	<i>Patchcord</i>	<i>Input</i> (dBm)	<i>Output</i> (dBm)	<i>Loss</i> (dB)
1	A	0	-03.73	3.73
2	B	0	-03.88	3.88
3	C	0	-03.88	3.88

4	D	0	-03.92	3.92
5	E	0	-03.76	3.76

1. Besar daya input pada pengukuran kelima patchcord sama, yakni 0 dBm, karena menggunakan OLS (*Optical Light Source*) sebagai sumbernya.
2. Rugi-rugi (*loss*) yang dihasilkan berdasarkan pengukuran OPM (*Optical Power Meter*) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$L \text{ (dB)} = P_{out} \text{ (dBm)} - P_{in} \text{ (dBm)} \quad \text{Pers. 4.1}$$

sehingga rugi-rugi (*loss*) masing-masing *patchcord* apabila dihitung adalah sebagai berikut:

- a. *Patchcord A*

$$L = -(-03.73 - 0) = 3.73 \text{ dB}$$

- b. *Patchcord B*

$$L = -(-03.88 - 0) = 3.88 \text{ dB}$$

- c. *Patchcord C*

$$L = -(-03.88 - 0) = 3.88 \text{ dB}$$

- d. *Patchcord D*

$$L = -(-03.92 - 0) = 3.92 \text{ dB}$$

- e. *Patchcord E*

$$L = -(-03.76 - 0) = 3.76 \text{ dB}$$

**Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Loss* Konektor dari Data Pengukuran OPM
(*Optical Power Meter*)**

No.	<i>Patchcord</i>	<i>Loss Patchcord</i> (dB)	<i>Loss Kabel</i> (dB)	<i>Loss Konektor</i> (dB)
1	A	3.73	1.75×10^{-3}	1.8641
2	B	3.88	1.75×10^{-3}	1.9391
3	C	3.88	1.75×10^{-3}	1.9391
4	D	3.92	1.75×10^{-3}	1.9591
5	E	3.76	1.75×10^{-3}	1.8791

1. Untuk mengetahui rugi-rugi (*loss*) masing-masing konektor pada kabel *patchcord*, maka diperlukan data rugi-rugi (*loss*) kabel per kilometer, yakni sebesar dB. Kemudian *loss* per kilometer tersebut dikali dengan panjang kabel yang digunakan. Karena tipe kabel yang digunakan sama, maka panjang kelima kabel tersebut sama, yakni 5 meter = 5×10^{-3} km. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\Sigma \text{Loss Kabel} = \text{Loss kabel} \times \text{panjang kabel}$$

$$\Sigma \text{Loss Kabel} = 0.35 \times 5 \times 10^{-3} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ dB/km}$$

2. Rugi-rugi (*loss*) pada tiap konektor didapatkan dengan mengurangi nilai *loss patchcord* dengan *loss* kabel, kemudian dibagi dua, karena satu kabel *patchcord* memiliki satu konektor pada kedua ujungnya. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Loss konektor} = \frac{\text{Loss patchcord} - \text{loss kabel}}{2}$$

a. *Loss* konektor *patchcord* A

$$\text{Loss konektor} = \frac{3.73 - 0.00175}{2} = 1.8641$$

b. *Loss* konektor *patchcord* B

$$\text{Loss konektor} = \frac{3.88 - 0.00175}{2} = 1.9391$$

c. *Loss* konektor *patchcord* C

$$\text{Loss konektor} = \frac{3.88 - 0.00175}{2} = 1.9391$$

d. *Loss* konektor *patchcord* D

$$\text{Loss konektor} = \frac{3.92 - 0.00175}{2} = 1.9591$$

e. *Loss* konektor *patchcord* E

$$\text{Loss konektor} = \frac{3.76 - 0.00175}{2} = 1.8791$$

4.1.2. Hasil Perhitungan

Berikut merupakan data hasil perhitungan nilai rugi-rugi (*loss*) menggunakan rumus-rumus sesuai dengan faktor-faktor yang sudah ditetapkan oleh peneliti. Yang kemudian dari faktor-faktor di bawah ini akan dianalisis faktor manakah yang paling mempengaruhi. Dari masing-masing faktor dihitung dengan menggunakan ukuran yang berbeda dari ukuran idealnya sebanyak lima kali, sehingga diperoleh hasil yang berbeda-beda.

Untuk menguji rugi-rugi yang disebabkan oleh faktor ketidaksesuaian ukuran inti, dilakukan dua pengujian, yakni apabila d_r (diameter penerima) dibuat tetap sesuai standar diameter *core* maka d_t (diameter pengirim) diubah sebesar 1%-5% dari nilai d_r . Dan pengujian kedua dilakukan dengan membalik perlakuan antara d_r dengan d_t . Berikut adalah tabel hasil perhitungan pengujian tersebut.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (I)

No.	Pengujian	$d_r(\mu\text{m})$	$d_t(\mu\text{m})$	$Loss$ (dB)
1	1%	8	8.08	0.0864
2	2%	8	8.16	0.1720
3	3%	8	8.24	0.2567
4	4%	8	8.32	0.3403
5	5%	8	8.40	0.423

Tabel 4.3 merupakan hasil perhitungan pengujian dengan d_r (diameter penerima) sebagai parameter bernilai tetap sesuai dengan diameter inti (*core*) pada *single-mode fiber*, yakni $8 \mu\text{m}$. Sedangkan d_t (diameter pengirim) dijadikan sebagai nilai penguji dengan selisih 1% sampai 5% dari ukuran d_r (diameter penerima). Kemudian sesuai dengan rumus rugi-rugi ketidaksesuaian ukuran inti,

$$Loss = -10 \log_{10} \left(\frac{d_r}{d_t} \right)^2 \quad \text{Pers. 4.2}$$

sehingga rugi-rugi (*loss*) masing-masing pengujian apabila dihitung adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 (1% dari $8\mu\text{m} = 0.08$; maka $d_t = 8.08\mu\text{m}$)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{8}{8.08} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9901)^2 = 0.0864$$

b. Pengujian 2 (2% dari $8\mu\text{m} = 0.16$; maka $d_t = 8.16\mu\text{m}$)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{8}{8.16} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9803)^2 = 0.1720$$

c. Pengujian 3 (3% dari $8\mu\text{m} = 0.24$; maka $d_t = 8.24\mu\text{m}$)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{8}{8.24} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9708)^2 = 0.2567$$

d. Pengujian 4 (4% dari $8\mu\text{m} = 0.32$; maka $d_t = 8.32\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8}{8.32}\right)^2 = -10\log_{10}(0.9615)^2 = 0.3404$$

e. Pengujian 5 (5% dari $8\mu\text{m} = 0.40$; maka $d_t = 8.40\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8}{8.40}\right)^2 = -10\log_{10}(0.9524)^2 = 0.423$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Ukuran Inti (II)

No.	Pengujian	d_r (μm)	d_t (μm)	Loss (dB)
1	1%	8.08	8	-0.0864
2	2%	8.16	8	-0.1720
3	3%	8.24	8	-0.2567
4	4%	8.32	8	-0.3406
5	5%	8.40	8	-0.423

Tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan pengujian dengan d_t (diameter pengirim) sebagai parameter bernilai tetap sesuai dengan diameter inti (*core*) pada *single-mode fiber*, yakni $8\mu\text{m}$. Sedangkan d_r (diameter penerima) dijadikan sebagai nilai penguji dengan selisih 1% sampai 5% dari ukuran d_t (diameter pengirim). Kemudian sesuai dengan rumus rugi-rugi ketidaksesuaian ukuran inti, lihat persamaan 4.2, sehingga rugi-rugi (*loss*) masing-masing pengujian apabila dihitung adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 (1% dari $8\mu\text{m} = 0.08$; maka $d_r = 8.08\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8.08}{8}\right)^2 = -10\log_{10}(1.01)^2 = -0.0864$$

b. Pengujian 2 (2% dari $8\mu\text{m} = 0.16$; maka $d_r 8.16\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8.16}{8}\right)^2 = -10\log_{10}(1.02)^2 = -0.1720$$

c. Pengujian 3 (3% dari $8\mu\text{m} = 0.24$; maka $d_r 8.24\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8.24}{8}\right)^2 = -10\log_{10}(1.03)^2 = -0.2567$$

d. Pengujian 4 (4% dari $8\mu\text{m} = 0.32$; maka $d_r 8.32\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8.32}{8}\right)^2 = -10\log_{10}(1.04)^2 = -0.3406$$

e. Pengujian 5 (5% dari $8\mu\text{m} = 0.40$; maka $d_r 8.40\mu\text{m}$)

$$\text{loss} = -10\log_{10}\left(\frac{8.40}{8}\right)^2 = -10\log_{10}(1.05)^2 = -0.423$$

Untuk menguji rugi-rugi yang disebabkan oleh faktor ketidaksesuaian nilai Apertur Numerik (NA) dilakukan dua pengujian, yakni apabila NA_r (NA penerima) dibuat tetap sesuai perhitungan nilai Apertur Numerik menggunakan rumus yang sudah ditulis pada BAB II dengan parameter n_1 (indeks bias *core*) senilai 1.5 dan n_2 (indeks bias *cladding*) senilai 1.4965, maka NA_t (NA pengirim) diubah sebesar 1%-5% dari nilai NA_r . Dan pengujian kedua dilakukan dengan membalik perlakuan antara NA_r dengan NA_t . Berikut adalah tabel hasil perhitungan pengujian tersebut.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (I)

No.	Pengujian	n_1	n_2	NA_t	NA_r	Loss (dB)
1	1%	1.5	1.4965	0.1035	0.102469	0.0872
2	2%	1.5	1.4965	0.1045	0.102469	0.1701
3	3%	1.5	1.4965	0.1055	0.102469	0.2530

No.	Pengujian	n_1	n_2	NA_t	NA_r	Loss (dB)
4	4%	1.5	1.4965	0.1066	0.102469	0.3438
5	5%	1.5	1.4965	0.1076	0.102469	0.4244

Tabel 4.5 merupakan hasil perhitungan pengujian dengan NA_r (NA penerima) sebagai parameter bernilai tetap sesuai dengan perhitungan rumus sebagai berikut

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Pers. 4.3}$$

maka bila dimasukkan $n_1 = 1.5$ dan $n_2 = 1.4965$ ke dalam rumus maka diperoleh perhitungan

$$NA = \sqrt{(1.5)^2 - (1.4965)^2} = \sqrt{(2.25) - 2.2395} = 0.102469$$

jadi untuk pengujian pertama nilai NA_r (NA penerima) adalah 0.102469. Sedangkan NA_t (NA pengirim) dijadikan sebagai nilai penguji dengan selisih 1% sampai 5% dari ukuran NA_r (NA penerima). Kemudian sesuai dengan rumus rugi-rugi ketidaksesuaian nilai Apertur Numerik (NA),

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{NA_r}{NA_t} \right)^2 \quad \text{Pers.4.4}$$

sehingga rugi-rugi ($loss$) masing-masing pengujian apabila dihitung adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 (1% dari 0.102469 = 0.00102469; maka NA_t 0.1035)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.102469}{0.1035} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9900)^2 = 0.0872$$

b. Pengujian 2 (2% dari 0.102469 = 0.00204938; maka NA_t 0.1045)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.102469}{0.1045} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9806)^2 = 0.1701$$

c. Pengujian 3 (3% dari 0.102469 = 0.00307407; maka NA_t 0.1055)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.102469}{0.1055} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9713)^2 = 0.2530$$

d. Pengujian 4 (4% dari 0.102469 = 0.00409876; maka NA_t 0.1066)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.102469}{0.1066} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9612)^2 = 0.3438$$

e. Pengujian 5 (5% dari 0.102469 = 0.00512345; maka NA_t 0.1076)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.102469}{0.1076} \right)^2 = -10 \log_{10} (0.9523)^2 = 0.4244$$

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Apertur Numerik (II)

No.	Pengujian	n_1	n_2	NA_t	NA_r	Loss (dB)
1	1%	1.5	1.4965	0.102469	0.1035	-0.0873
2	2%	1.5	1.4965	0.102469	0.1045	-0.1699
3	3%	1.5	1.4965	0.102469	0.1055	-0.2535
4	4%	1.5	1.4965	0.102469	0.1066	-0.3431
5	5%	1.5	1.4965	0.102469	0.1076	-0.4246

Tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan pengujian dengan NA_t (NA pengirim) sebagai parameter bernilai tetap sesuai dengan perhitungan menggunakan persamaan 4.3 maka bila dimasukkan $n_1 = 1.5$ dan $n_2 = 1.4965$ ke dalam rumus, diperoleh NA_t (NA pengirim) adalah 0.102469 sebagai parameter untuk pengujian kedua. Sedangkan NA_r (NA penerima) dijadikan sebagai nilai pengujian dengan selisih 1% sampai 5% dari ukuran NA_t (NA pengirim). Kemudian sesuai dengan rumus rugi-rugi ketidaksesuaian nilai Apertur Numerik (NA) pada persamaan 4.4, rugi-rugi (*loss*) masing-masing pengujian apabila dihitung adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian 1 (1% dari 0.102469 = 0.00102469; maka NA_r 0.1035)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.1035}{0.102469} \right)^2 = -10 \log_{10} (1.0101)^2 = -0.0873$$

- b. Pengujian 2 (2% dari 0.102469 = 0.00204938; maka NA_r 0.1045)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.1045}{0.102469} \right)^2 = -10 \log_{10} (1.0198)^2 = -0.1699$$

- c. Pengujian 3 (3% dari 0.102469 = 0.00307407; maka NA_r 0.1055)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.1055}{0.102469} \right)^2 = -10 \log_{10} (1.0296)^2 = -0.2535$$

- d. Pengujian 4 (4% dari 0.102469 = 0.00409876; maka NA_r 0.1066)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.1066}{0.102469} \right)^2 = -10 \log_{10} (1.0403)^2 = -0.3431$$

- e. Pengujian 5 (5% dari 0.102469 = 0.00512345; maka NA_r 0.1076)

$$loss = -10 \log_{10} \left(\frac{0.1076}{0.102469} \right)^2 = -10 \log_{10} (1.0501)^2 = -0.4246$$

Untuk menguji rugi-rugi yang disebabkan oleh faktor ketidaksesuaian nilai refleksi Fresnel (R) dilakukan pengujian dengan memberikan selisih perbedaan nilai 1% sampai 5 % dari nilai R yang didapat melalui perumusan

$$loss = -10 \log_{10} (1 - R) \quad \text{Pers. 4.5}$$

dimana untuk mendapat nilai R, harus dihitung dahulu dengan perumusan

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2; \text{ dimana } n_1 = 1.5 \text{ dan } n_2 = 1.4965$$

$$R = \left(\frac{1.5 - 1.4965}{1.5 + 1.4965} \right)^2 = \left(\frac{0.0035}{2.9965} \right)^2 = 1.44 \times 10^{-6}$$

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Pengujian Faktor Rugi-rugi Refleksi Fresnel

No.	Pengujian	n_1	n_2	R	Loss (dB)
1	1%	1.5	1.4965	1.44×10^{-6}	0.6254×10^{-7}

No.	Pengujian	n_1	n_2	R	Loss (dB)
2	2%	1.5	1.4965	1.44×10^{-6}	0.1251×10^{-6}
3	3%	1.5	1.4965	1.44×10^{-6}	0.1876×10^{-6}
4	4%	1.5	1.4965	1.44×10^{-6}	0.2501×10^{-6}
5	5%	1.5	1.4965	1.44×10^{-6}	0.3127×10^{-6}

Berikut penjabaran perhitungan hasil rugi-rugi (loss) akibat ketidaksesuaian nilai refleksi Fresnel

- a. Pengujian 1 (1% dari $1.44 \times 10^{-6} = 0.0144 \times 10^{-6}$; maka $R = 0.0144 \times 10^{-6}$)

$$loss = -10 \log_{10}(1 - R)$$

$$loss = -10 \log_{10}(1 - 0.0144 \times 10^{-6})$$

$$loss = 0.6254 \times 10^{-7}$$

- b. Pengujian 2 (2% dari $1.44 \times 10^{-6} = 0.0288 \times 10^{-6}$; maka $R = 0.0288 \times 10^{-6}$)

$$loss = -10 \log_{10}(1 - R)$$

$$loss = -10 \log_{10}(1 - 0.0288 \times 10^{-6})$$

$$loss = 0.1251 \times 10^{-6}$$

- c. Pengujian 3 (3% dari $1.44 \times 10^{-6} = 0.0432 \times 10^{-6}$; maka $R = 0.0432 \times 10^{-6}$)

$$loss = -10 \log_{10}(1 - R)$$

$$loss = -10 \log_{10}(1 - 0.0432 \times 10^{-6})$$

$$loss = 0.1876 \times 10^{-6}$$

- d. Pengujian 4 (4% dari $1.44 \times 10^{-6} = 0.0576 \times 10^{-6}$; maka $R = 0.0576 \times 10^{-6}$)

$$loss = -10 \log_{10}(1 - R)$$

$$loss = -10 \log_{10}(1 - 0.0576 \times 10^{-6})$$

$$loss = 0.2501 \times 10^{-6}$$

e. Pengujian 5 (5% dari $1.44 \times 10^{-6} = 0.072 \times 10^{-6}$; maka $R = 0.072 \times 10^{-6}$)

$$loss = -10 \log_{10}(1 - R)$$

$$loss = -10 \log_{10}(1 - 0.072 \times 10^{-6})$$

$$loss = 0.3127 \times 10^{-6}$$

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian Tiga Faktor Rugi-Rugi Sambungan Tidak Permanen (Konektor)

No.	Pengujian	Parameter				
		<i>Loss</i> Ukuran Inti (I)	<i>Loss</i> Ukuran Inti (II)	<i>Loss</i> Apertur Numerik (I)	<i>Loss</i> Apertur Numerik (II)	<i>Loss</i> Refleksi Fresnel
1	1%	0.0864	-0.0864	0.0872	-0.0873	0.6254×10^{-8}
2	2%	0.1720	-0.1720	0.1701	-0.1699	0.1251×10^{-7}
3	3%	0.2567	-0.2567	0.2530	-0.2535	0.1876×10^{-7}
4	4%	0.3403	-0.3406	0.3438	-0.3431	0.2501×10^{-7}
5	5%	0.423	-0.423	0.4244	-0.4246	0.3127×10^{-7}

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran rugi-rugi (*loss*) sambungan tidak permanen (konektor) menggunakan OPM (*Optical Power Meter*) yang disajikan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa *loss* yang dihasilkan dari lima kali pengukuran *patchcord* yang berbeda menghasilkan rugi-rugi (*loss*) yang besar, yakni dari rentang 1.86dB sampai 1.95dB. Jelas hasil pengukuran ini menunjukkan nilai yang cukup berbeda dari standar nilai rugi-rugi (*loss*) yang

dapat dimaklumkan, yakni sebesar 0.2dB – 0.5dB per konektor yang dipasang. Ketidaksesuaian nilai rugi-rugi (*loss*) yang besar tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor sudah dianalisis.

Hasil perhitungan beberapa faktor yang telah dianalisis seperti yang disajikan pada Tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai rugi-rugi (*loss*) dari data yang dihitung masih di bawah standar yang ditetapkan untuk tiap konektornya. Hasil analisis perhitungan nilai rugi-rugi (*loss*) yang dihasilkan tidak jauh berbeda antara faktor ketidaksesuaian ukuran inti dengan faktor ketidaksesuaian Apertur Numerik (NA). Sedangkan hasil perhitungan faktor ketidaksesuaian refleksi Fresnel menunjukkan nilai rugi-rugi (*loss*) yang begitu kecil.

Hasil analisis dari ketiga faktor menunjukkan nilai rugi-rugi (*loss*) yang tidak signifikan berpengaruh. Sementara apabila dilihat dari hasil pengukuran menggunakan OPM (*Optical Power Meter*) nilai rugi-rugi (*loss*) cukup besar. Hal ini dapat pula disebabkan faktor kualitas dari *patchcord* yang digunakan dalam pengukuran. Karena *patchcord* merupakan produk hasil pabrik, pastilah setiap itemnya memiliki kualitas yang berbeda sehingga menghasilkan nilai rugi-rugi yang berbeda pula. Namun apabila nilai rugi-rugi yang dihasilkan pada pengukuran *patchcord* begitu jauh dari standar, maka lebih baik untuk menggunakan *patchcord* lain. Karena apabila *patchcord* tersebut digunakan pada jaringan yang aktif, maka akan menghasilkan kinerja jaringan yang kurang optimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari beberapa faktor penyebab rugi-rugi (*loss*) sambungan tidak permanen (konektor) yang telah dijabarkan didapatkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan pada faktor ketidaksesuaian ukuran inti, ketidaksesuaian Apertur Numerik (NA) dan ketidaksesuaian refleksi Fresnel (R) menunjukkan hasil nilai rugi-rugi (*loss*) yang masih di bawah nilai standar yaitu 0.5dB.
2. Berdasarkan hasil pengujian dari ketiga faktor yang telah dianalisis, faktor yang menunjukkan nilai rugi-rugi (*loss*) lebih besar besar adalah faktor ketidaksesuaian ukuran inti dan juga faktor ketidaksesuaian Apertur Numerik (NA).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, ada beberapa hal yang disarankan antara lain:

1. Sedapat mungkin melakukan pengukuran menggunakan media OPM (*Optical Power Meter*) maupun OLS (*Optical Light Source*) dengan kualitas yang lebih baik lagi, sehingga didapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat. Serta pengukuran menggunakan konektor dengan kualitas yang lebih baik lagi.
2. Perlu memperbanyak referensi untuk mengkaji lebih lanjut faktor-faktor yang terkait dengan rugi-rugi sambungan tidak permanen (konektor) yang belum dibahas pada penelitian ini.

3. Untuk kedepannya, diharapkan dapat melakukan pengukuran dan perhitungan yang lebih spesifik lagi, agar lebih diketahui faktor manakah yang paling mempengaruhi nilai rugi-rugi (*loss*) pada sambungan tidak permanen (konektor). Sehingga faktor tersebut dapat lebih diminimalkan untuk mendapatkan kualitas jaringan serat optik yang semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akses, Telkom. 2013. *Survey Jaringan FTTH (Fiber to The Home)*. Jakarta :
Telkom Akses
- Anonim. 2004. *Dasar Alat Ukur Penyambungan, Optical Access Network*.
Bandung : PT Telkom Akses Indonesia, Tbk
- Crisp, John dan Barry Elliott. 2006. *Serat Optik: Sebuah Pengantar*. Jakarta :
Penerbit Erlangga
- Kadir, Abdul. 2003. *Pengenalan Sistem Informasi*. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- M. Amirin, Tatang. 2003. *Pokok-Pokok Teori Sistem*. Jakarta : PT RajaGrafindo
Persada
- PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. Divisi Akses. 2012. *Panduan Desain FTTH*.
Jakarta : PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. Divisi Akses
- Roddy, Dennis, Kamal Idris dan John Coolen. 1984. *Komunikasi Elektronika*
Edisi Ketiga Jilid 2. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Simarmata, Janner. 2006. *Pengenalan Teknologi Komputer dan Informasi*.
Yogyakarta : Penerbit Andi
- Sutarman. 2009. *Pengantar Teknologi Informasi*. Jakarta : Bumi Aksara
- Tim Elektron HME-ITB, *Sistem Komunikasi Serat Optik*, diakses dari :
<http://www.elektroindonesia.com/>,
- Widodo, Thomas Sri. 1995. *Optoelektronika Komunikasi Serat Optik*. Yogyakarta
: Penerbit Andi
- http://china.tradeford.com/cn394505/simplex-fiber-optic-pigtail-sc-apc-sm-g-657a2-bend-insensitive-telecom_p486633.html

Fiber-optic Fan-out Patch-cord Assembly MPO-12*LC/SC – Flat Cable

www.dcc-cables.com

DCC Code: AF-009

Applications

- Space saving in central offices, POPs and data centers
- 40GBASE-SR4 and 100GBASE-SR10 per IEEE 802.3ba
- Other data center applications

Features

- Constructed from NTT-certified MPO 12-fiber connector
- Fan-out options include high quality LC, duplex LC or SC connectors
- Numbered fanned-out connectors. Straight polarity.
- Constructed of high tensile strength 12-fiber and simplex cables, HFFR jacket



Technical Parameters

Patch-cord

Insertion Loss	≤ 0.75 dB (typical 0.5 dB)
Cable bending radius	10 x cable dimension
Nom. MPO cable dimensions	2.5x5.2 mm
Nom. Fan-out cable diameter	2 mm
Fiber types	<ul style="list-style-type: none"> – SM per ITU-T G652 and IEC 60793-2-50 B1.3 – SM per ITU-T G657A2/B2 and IEC 60793-2-50 B1.6A@B – OM3 per ISO/IEC 11801 and IEC 60793-2-10 A1a.2 – OM4 per ISO/IEC 11801 and IEC 60793-2-10 A1a.3
Cable jacket color	<ul style="list-style-type: none"> – Yellow for G652 and G657 single mode fibers – Orange for OM2 40/125 micron fibers – Aqua for OM3 or OM4 fibers.
Flammability rating	Meets IEC-60332-1, IEC-61034, IEC-60754-1 and 2
Length	Standard overall length - 5 m (other sizes upon request) Fan-out length – 60 cm, (other sizes upon request)
Operating temperature range	-20 to +60°C

DCC – Duchovni-Cucuy Cables - Advanced Cabling and Connectivity Solutions
 POB 25008, 17 Hamashbir St. Haifa 31250 Israel | Tel. +972-4-881-8405, Fax +972-4-881-8405
 Websites: www.dcc-cables.com, www.dcc.co.il | E-Mail: info@dcc.co.il

Fiber-optic Fan-out Patch-cord Assembly MPO-12*LC/SC – Flat Cable

www.dcc-cables.com

DCC Code: AF-009

Connectors

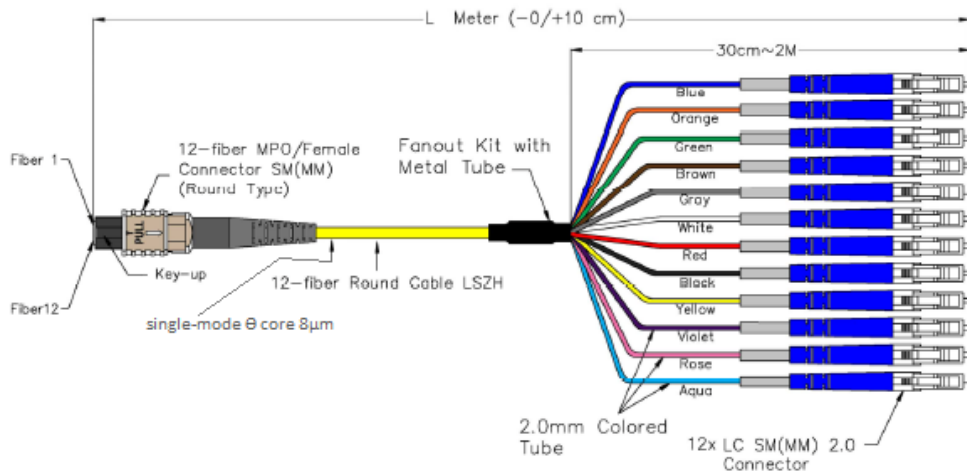
	MPO Connector	LC/SC Connectors
Return Loss – single mode	≥ 60 dB (APC)	≥ 55 dB (UPC)
Return Loss – multi mode	≥ 45 dB (PC)	≥ 25 dB (PC)
Number of matings (±0.2 dB)	500	500
Meets standard	IEC 61754-7	LC - IEC 61754-20 SC - IEC 61754-4

Ordering Information

Description	DCC PN
MPO Fan-out patch-cord – OS2 (G652D), MPO(APC)-12xLC(UPC) 2 m	AFE80008
MPO Fan-out patch-cord – OS2 (G652D), MPO(APC)-12xLC(UPC) 5 m	AFE80010
MPO Fan-out patch-cord – OS2 (G652D), MPO(APC)-6xDuplex LC(UPC) 5 m	AFE80020
MPO Fan-out patch-cord – OS2 (G652D), MPO(APC)-12xSC(UPC) 5 m	AFE80030
MPO Fan-out patch-cord – G657A2 SMF, MPO(APC)-12xLC(UPC) 5 m	AFE80040
MPO Fan-out patch-cord – G657A2 SMF, MPO(APC)-6xDuplex LC(UPC) 5 m	AFE80050
MPO Fan-out patch-cord – G657A2 SMF, MPO(APC)-12xSC(UPC) 5 m	AFE80060
MPO Fan-out patch-cord – OM3, MPO(PC)-12xLC(PC) 2 m	AFE80068
MPO Fan-out patch-cord – OM3, MPO(PC)-12xLC(PC) 5 m	AFE80070
MPO Fan-out patch-cord – OM3, MPO(PC)-6xDuplex LC(PC) 5 m	AFE80080
MPO Fan-out patch-cord – OM3, MPO(PC)-12xSC(PC) 5 m	AFE80090
MPO Fan-out patch-cord – OM4, MPO(PC)-12xLC(PC) 2 m	AFE80098
MPO Fan-out patch-cord – OM4, MPO(PC)-12xLC(PC) 5 m	AFE80100
MPO Fan-out patch-cord – OM4, MPO(PC)-6xDuplex LC(PC) 5 m	AFE80110
MPO Fan-out patch-cord – OM4, MPO(PC)-12xSC(PC) 5 m	AFE80120

DCC – Duchovni-Cucuy Cables - Advanced Cabling and Connectivity Solutions
 POB 25008, 17 Hamashbir St. Haifa 31250 Israel | Tel. +972-4-881-8405, Fax +972-4-881-8405
 Websites: www.dcc-cables.com, www.dcc.co.il | E-Mail: info@dcc.co.il

Fiber-optic Fan-out Patch-cord Assembly MPO-12*LC/SC – Flat Cable



DCC reserves the right to alter the products described in this data sheet without prior notice

DCC – Duchovni-Cucuy Cables - Advanced Cabling and Connectivity Solutions
 POB 25008, 17 Hamashbir St. Haifa 31250 Israel | Tel. +972-4-881-8405, Fax +972-4-881-8405
 Websites: www.dcc-cables.com, www.dcc.co.il | E-Mail: info@dcc.co.il

RIWAYAT HIDUP



Metafasita Puteri Lidya Gemala. Lahir di Jakarta, 13 Juni 1993. Anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak R.H.P Jularten Siagian dan Ibu Mesiana S.M. Harefa. Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh oleh peneliti, pendidikan usia dini di TKK Sang Timur Ciledug (Juli 1997 – Juli 1999), pendidikan dasar di SDK Sang Timur Ciledug (Juli 1999 – Juni 2005), pendidikan menengah pertama di SMPK Sang Timur Ciledug (Juli 2005 – Juni 2008), dan pendidikan menengah atas di SMAN 3 Tangerang (2008 – 2011). Dan melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Konsentrasi Peminatan Telekomunikasi.