

SKRIPSI

**STUDI PENGUKURAN RUGI-RUGI SERAT OPTIK PADA
EMPAT RUTE STO DI JAWA TENGAH DENGAN
MENGUNAKAN OTDR TEKTRONIX TYPE TEKRANGER
TFS3031**

**DIAN YUDI NUGROHO
M.0200026**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat Sarjana Sains pada jurusan
Fisika



Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret
Surakarta
2005

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PENGUKURAN RUGI-RUGI SERAT OPTIK PADA EMPAT RUTE STO DI JAWA TENGAH DENGAN MENGGUNAKAN OTDR TEKTRONIX TYPE TEKRANGER TFS3031

Dian Yudi Nugroho

M.0200026

Dinyatakan lulus ujian skripsi oleh tim penguji

Pada hari Senin tanggal 25 Juli 2005



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana
sains



LEMBAR KEASLIAN

STUDI PENGUKURAN RUGI-RUGI SERAT OPTIK PADA EMPAT RUTE STO DI JAWA TENGAH DENGAN MENGGUNAKAN OTDR TEKTRONIX TYPE TEKRANGER TFS3031

Oleh:

Dian Yudi Nugroho

M.0200026

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi ini adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih.

Surakarta, Juli 2005

Dian Yudi Nugroho

MOTTO

- ☞ “ Kami akan memperlihatkan kepada mereka tanda-tanda (kekuasaan) Kami di segenap ufuk dan pada diri mereka sendiri, sehingga jelaslah bagi mereka bahwa Al-Qur’an itu benar. Dan apakah Rabbmu tidak cukup (bagi kamu) bahwa sesungguhnya Dia menyaksikan segala sesuatu.” (Fushilat [41]: 53)
- ☞ “ Katakanlah: Al-Qur’an itu diturunkan (Allah) Yang mengetahui segala rahasia di langit dan bumi. Sesungguhnya Dia adalah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.” (Al-Furqon [25]: 6)

PERSEMBAHAN

Karya kecil ini kupersembahkan kepada

Ayah dan ibu tercinta

Adikku tercinta, Dian Martiana Dewi

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji hanya untuk Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Pengukuran Rugi-Rugi Serat Optik Pada Empat Rute STO di Jawa Tengah dengan menggunakan OTDR Tektronix *type* TekRanger TFS3031”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. H. Marsusi, M.S. selaku dekan FMIPA Universitas Sebelas Maret.
2. Bapak Drs. Harjana, M.Si., Ph.D. selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret.
3. Bapak Drs. Cari, M.A., Ph.D. selaku pembimbing pertama yang telah memberikan ide-ide brilian dan sumbangan pola pikir yang sangat berharga.
4. Bapak Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D. selaku pembimbing kedua yang telah sabar membantu dan memberi semangat serta arahan untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Viska Inda Variani, M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama kuliah.
6. Bapak dan Ibu pengajar di jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan bekal keilmuan.
7. Bapak, Ibu, dan adikku Dian Martiana Dewi yang telah memberikan kasih sayang serta dukungan untuk menyelesaikan karya tulis ini.

8. Bapak Sartono S.T. selaku *officer* 3, Bapak Sudarsono S.Kom. selaku *supervisor maintenance* Fiber Optik & WLL, Mas Tomy selaku *staff maintenance* Fiber Optik, Bapak Priyadi, Bapak Satpam serta pihak lainnya di PT. Telkom Indonesia Tbk di Jl. Mayor Kusnanto No 1 Solo yang telah membantu demi selesainya karya tulis ini.
9. Ustad Heri Susilo Utomo S.Si., Ustad Eko Budi Sunarwo S.Si., Ustad Supriyatin S.Si., Ustad Danu Pratomo S.Si., dan ustad-ustad lain yang telah memberikan pengetahuan ilmu agama Islam kepada penulis, sehingga bisa menambah cakrawala pengetahuan agama Islam yang kaffah.
10. Teman-teman satu perjuangan Fisika angkatan 2000 yang telah memberikan banyak pengalaman pahit dan manis.
11. Adik-adik angkatan 2001, 2002, 2003, dan 2004 semoga cepat nyusul.
12. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan karya tulis ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, baik dalam isi maupun cara penyajian materi. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan guna perbaikan di masa datang.

Akhir kata semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta adik-adik kelas yang masih menyelesaikan kuliahnya.

Amien.

Surakarta, Juli 2005

Dian Yudi Nugroho

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR KEASLIAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Batasan Masalah.....	2
I.4. Tujuan Penelitian.....	3
I.5. Manfaat Penelitian.....	3
I.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
II.1. Komponen Komunikasi Serat Optik.....	5
II.2. Struktur Umum Serat Optik.....	7
II.3. Jenis Serat Optik.....	8
II.3.1. Struktur Serat Optik <i>Multi Mode Step Index</i>	10
II.3.2. Struktur Serat Optik <i>Multi Mode Graded Index</i>	11
II.3.3. Struktur Serat Optik <i>Single Mode Step Index</i>	12
II.4. Perambatan Cahaya.....	14
II.5. Aperlatur Numerik dan Pemantulan.....	16
II.6. Rugi-Rugi yang terjadi pada Serat Optik.....	17
II.6.1. Karakteristik Bahan.....	17
II.6.2. Rugi-Rugi Transmisi.....	20
II.7. Menghitung Rugi-Rugi.....	29
BAB III METODOLOGI.....	30
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
III.2. Alat dan Bahan.....	30
III.3. Metode Penelitian.....	32
III.3.1. Mengkalibrasi Alat.....	34
III.3.2. Mengukur Rugi-Rugi dan Panjang Serat Optik.....	34
III.3.3. Analisa	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
IV.1. Pengukuran Serat Optik Rute Mojosongo-Toroh.....	43
IV.2. Pengukuran Serat Optik Rute Wirosari-Randublatung.....	48
IV.3. Pengukuran Serat Optik Rute Kartosuro-Delanggu.....	54
IV.4. Pengukuran Serat Optik Rute Pecangaan-Kudus.....	60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
V.1. Kesimpulan.....	69
V.2. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
Lampiran 1 : Data Tabel Hasil Pengukuran OTDR Mojosongo-Toroh.....	72
Lampiran 2 : Data Tabel Hasil Pengukuran OTDR Wirosari-Randublatung.	73
Lampiran 3 : Data Tabel Hasil Pengukuran OTDR Kartosuro-Delanggu.....	74
Lampiran 4 : Data Tabel Hasil Pengukuran OTDR Pecangaan-Kudus.....	75
Lampiran 5 : Jaringan FO Divisi Regional IV Jawa Tengah dan DIY.....	76
Lampiran 6 : Perhitungan Rugi-Rugi secara Teori	77
Lampiran 7 : Surat Keterangan.....	79
Lampiran 8 : Ukuran Diameter <i>Core</i> dan <i>Cladding</i>	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Komponen Dasar Komunikasi Serat Optik.....	5
2.2. Struktur Umum Serat Optik	7
2.3. Perbandingan <i>Single Mode Step Index</i> , <i>Multi Mode Step Index</i> , dan <i>Multi Mode Graded Index</i> Serat Optik.....	9
2.4. Struktur <i>Multi Mode Step Index</i>	10
2.5. Struktur <i>Multi Mode Graded Index</i>	12
2.6. Struktur <i>Single Mode Step Index</i>	13
2.7. Proses Pemantulan dan Pembiasan Cahaya.....	15
2.8. Mekanisme Perambatan Cahaya pada <i>Step Index</i>	16
2.9. Hasil Sambung yang baik menurut Pengamatan Visual.....	21
2.10. Hasil Sambung yang tidak baik menurut Pengamatan Visual.....	21
2.11. Rugi-Rugi karena Lengkungan.....	22
2.12. Penghamburan karena <i>Microbending</i>	23
2.13. Refleksi Fresnel	24
2.14. Eksentrisitas <i>Core</i> terhadap <i>Cladding</i>	26
2.15. Elipsitasitas <i>Core</i>	28
2.16. Variasi Diameter <i>Core</i>	28
3.1. OTDR Tektronix <i>type</i> TekRanger TFS3031.....	31
3.2. Serat Optik <i>Single Mode</i>	31
3.3. Gambaran Umum Langkah Penelitian.....	33
3.4. Tampilan Grafik secara Umum.....	37

3.5. Bentuk Kelainan pada Grafik.....	40
4.1. Ciri Khas Hamburan pada Layar OTDR.....	42
4.2. Grafik nomor <i>core</i> 9 Mojosongo-Toroh.....	43
4.3. Grafik nomor <i>core</i> 11 Mojosongo-Toroh.....	46
4.4. Grafik nomor <i>core</i> 12 Mojosongo-Toroh.....	47
4.5. Grafik nomor <i>core</i> 16 Wirosari-Randublatung.....	49
4.6. Grafik nomor <i>core</i> 16 Randublatung-Wirosari.....	51
4.7. Grafik nomor <i>core</i> 24 Wirosari-Randublatung.....	53
4.8. Grafik nomor <i>core</i> 3 Kartosuro-Delanggu.....	55
4.9. Grafik nomor <i>core</i> 8 Kartosuro-Delanggu.....	57
4.10. Grafik nomor <i>core</i> 10 Kartosuro-Delanggu.....	59
4.11. Grafik nomor <i>core</i> 5 Pecangaan-Kudus.....	61
4.12. Grafik nomor <i>core</i> 6 Pecangaan-Kudus.....	64
4.13. Grafik nomor <i>core</i> 8 Pecangaan-Kudus.....	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1. Perbandingan ILD dengan LED.....	6
2.2. Karakteristik dari Serat Optik yang digunakan.....	29
3.1. Penomoran Serat dan <i>Tube</i> berdasarkan Warna.....	32
4.1. Karakteristik Kabel Serat Optik, Transmitter dan Detektor.....	41

INTISARI

STUDI PENGUKURAN RUGI-RUGI SERAT OPTIK PADA EMPAT RUTE STO DI JAWA TENGAH DENGAN MENGGUNAKAN OTDR TEKTRONIX TYPE TEKRANGER TFS3031

Oleh
Dian Yudi Nugroho
M0200026

Telah dilakukan studi pengukuran rugi-rugi serat optik pada empat rute STO (Sentral Telepon Otomat) di Jawa Tengah dengan menggunakan OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) Tektronix type TekRanger TFS3031. Penelitian dilakukan dengan mengukur besarnya *loss* sepanjang serat optik dengan cara mengambil secara acak dari 3 sampel *core* serat optik *single mode* untuk setiap rutenya. Transmitter yang digunakan jenis ILD (*Injection Laser Diode*) dengan panjang gelombang 1550 nm dan detektor jenis APD (*Avalanche Photo Diode*). Studi ini menunjukkan bahwa serat optik yang layak dioperasikan adalah pada nomer *core* 9 dan 12 pada rute Mojosongo-Toroh, 8 dan 10 pada rute Kartosuro-Delanggu serta semua nomor *core* 16 dan 24 Wirosari-Randublatung dan semua nomor *core* 5, 6, dan 8 Pecangaan-Kudus. Serat optik yang tidak layak dioperasikan adalah pada nomer *core* 3 pada rute Kartosuro-Delanggu, sedangkan serat optik yang tidak bisa diketahui nilai kelayakannya yaitu pada nomor *core* 11 rute Mojosongo-Toroh yaitu dengan mengacu pada hasil pengukuran di lapangan (rugi-rugi kumulatif pada OTDR) dengan rugi-rugi secara teoritis.

Kata kunci : rugi-rugi, serat optik, STO, *core*, OTDR, *loss*, *single mode*, transmitter, ILD, detektor, dan APD.

ABSTRACT

STUDY OF FIBRE OPTIC ATTENUATION MEASUREMENT AT FOUR ROUTE STO IN CENTRAL JAVA BY USING OTDR TEKTRONIX TYPE TEKRANGER TFS3031

By
Dian Yudi Nugroho
M0200026

Measurement of fibre optic attenuation at four STO (Sentral Telepon Otomat) route in Central Java by using OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) Tektronix Tekranger TFS3031 type has been studied. Research was conducted with measuring the level of loss as long as fibre optic by taking at random from 3 single mode fibre optic core sampel to each every its route. Used by ILD (Injection Laser Diode) transmitter type with wavelength 1550 nm and APD (Avalance Photo Diode) detector type . This study indicate that competent fibre optic is core number 9 and 12 at Mojosoongo-Toroh route, core number 8 and 10 at Kartosuro-Delanggu route and also all core number 16 and 24 Wirosari-Randublatung route and all core number 5, 6, and 8 Pecangaan-Kudus route. Fibre optic which improper is core nomer 3 at Kartosuro-Delanggu route, while optic fibre which cannot be known by value that is at core number 11 Mojosoongo-Toroh route that is by relate at result of measurement in field (comulative loss at OTDR) with theoretically loss.

Keyword : attenuation, fibre optic, STO, core, OTDR, loss, single mode, transmitter, ILD, detector, and APD.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan dan penerapan teknologi telekomunikasi dunia yang berkembang dengan cepat, secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi perkembangan sistem telekomunikasi Indonesia. Beroperasinya satelit telekomunikasi Palapa dan kemudian pemakaian SKSO (Sistem Komunikasi Serat Optik) di Indonesia merupakan bukti bahwa Indonesia juga mengikuti dan mempergunakan teknologi ini di bidang telekomunikasi.

Komunikasi telah menjadi kebutuhan pokok dalam dunia modern. Kebutuhan untuk saling berhubungan dan bertukar informasi satu dengan yang lain tanpa mempedulikan jarak, apakah hanya beberapa meter saja yaitu interkom, ribuan kilometer yaitu interlokal, ataupun jutaan kilometer yaitu diangkasa luar. Upaya manusia untuk menyelenggarakan telekomunikasi telah lama tercatat dalam sejarah peradabannya. Namun perkembangan yang nyata baru terjadi dalam abad terakhir ini, sebagai hasil perkembangan teknologi elektronika (Thomas Sriwidodo, 1995).

Komunikasi dapat diartikan sebagai transfer informasi dari satu titik ke titik lain. Bila informasi harus dikirim melewati suatu jarak 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 (Thomas Sriwidodo, 1995).

Serat optik merupakan salah satu media transmisi komunikasi optik yang cukup handal. Dipilihnya alternatif ini karena serat optik mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh media transmisi yang lain. Sesudah tahun 1970, ketika mulai terdapat serat optik dengan susutan lebih kecil dari 20 dB/km, perkembangannya semakin dipacu. Dengan bahan-bahan dasar yang makin murni dan teknik pembuatan yang makin teliti, koefisien susutan dapat mencapai kurang dari 5 dB/km (Thomas Sriwidodo, 1995).

I.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas maka permasalahan yang akan di bahas pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana mengetahui besarnya rugi-rugi serat optik sepanjang lintasan yang dilaluinya dalam bentuk grafik.
2. Bagaimana mengetahui lokasi terjadinya redaman atau rugi-rugi sepanjang lintasan dengan melihat grafik yang direkam didalam OTDR.

I.3. Batasan Masalah

Dalam melakukan pengukuran kali ini permasalahan dibatasi pada seberapa besar rugi-rugi yang terjadi sepanjang lintasan yang dilalui serat optik dan membandingkan besarnya rugi-rugi yang terjadi sepanjang rute yang dilalui serat optik secara teoritis dan pengukuran di lapangan.

Pada penelitian ini dibatasi pada 4 lokasi yaitu rute STO Mojosongo-Toroh, rute STO Wirosari-Randublatung, rute STO Kartosuro-Delanggu, dan rute

STO Pecangaan-Kudus yang terdapat di Jawa Tengah yaitu pada Divisi Regional IV . Dalam setiap rute penulis hanya mengambil secara random sebanyak 3 *core* untuk setiap rute.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari dan membandingkan besarnya rugi-rugi transmisi secara teoritis dengan hasil pengukuran untuk lokasi Sentral Telepon Otomat (STO) Mojosongo-Toroh, STO Wirosari-Randublatung, STO Kartosuro-Delanggu, dan STO Pecangaan-Kudus.
2. Mengetahui hal-hal yang menyebabkan terjadinya rugi-rugi, lokasi terjadinya rugi-rugi, dan panjang suatu *core* serat optik, dengan melihat pada grafik dan tabel hasil pengukuran yang telah direkam pada OTDR.
3. Mengetahui kelayakan pakai suatu serat optik

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi besarnya rugi-rugi transmisi, hal-hal yang menyebabkan terjadinya rugi-rugi, dan lokasi terjadinya rugi-rugi, dan panjang suatu serat optik.
2. Memberikan informasi kelayakan pakai serat optik.

I.6. Sistematika Penulisan

Untuk mengetahui uraian singkat yang memuat gambaran singkat secara keseluruhan isi masing-masing bab, maka dibuat sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

BAB II : DASAR TEORI

BAB II : METODOLOGI PENELITIAN

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab I menjelaskan permasalahan yang akan dibahas secara umum dengan memperhatikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II berisi tentang dasar teori yang berkaitan dengan judul penelitian. Materi yang di bahas yaitu komponen dan struktur umum serat optik, jenis serat optik, perambatan cahaya, rugi-rugi serat optik, dan yang lainnya.

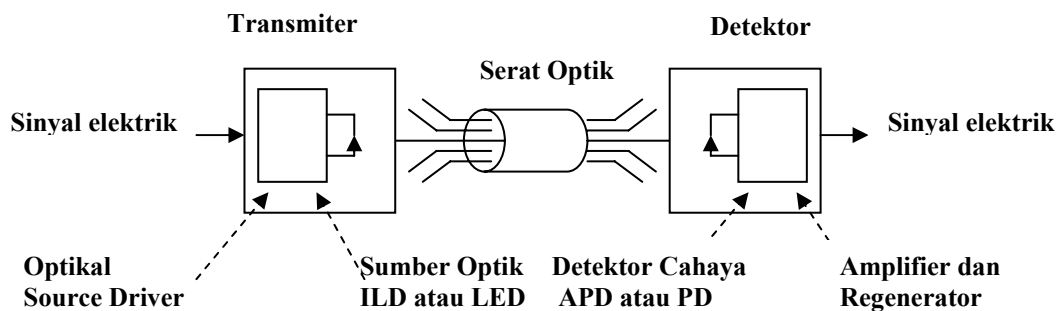
Bab III berisi tentang metodologi penelitian yang berisi tentang tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan serta cara kerja dalam penelitian. Bab IV menjelaskan tentang hasil penelitian yang menggunakan metodologi sesuai dengan bab III. Bab V berisi kesimpulan dari hasil analisa dan saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian dalam skripsi ini. Halaman akhir berisi beberapa lampiran data hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

II.1. Komponen Komunikasi Serat Optik

Komponen dasar yang membentuk komunikasi menggunakan media serat optik ada 3 yaitu sumber optik atau transmitter yang mengkonversi sinyal elektrik menjadi sinyal cahaya atau optik, kabel serat optik sebagai media transmisi sinyal optik, dan detektor cahaya yang mengkonversi sinyal optik yang diterima menjadi sinyal elektrik (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.1 Komponen Dasar Komunikasi Serat Optik (Made Yudistira, 2003)

Transmitter atau alat pemancar cahaya terdiri dari 2 bagian, yaitu (M. Syamsul Hadi, 2002) :

1. Rangkaian elektrik, berfungsi untuk mengkonversi sinyal *digital* menjadi sinyal *analog*, selanjutnya data tersebut ditumpangkan ke dalam sinyal gelombang optik yang telah termodulasi.
2. Sumber gelombang sinyal optik berupa sinar ILD atau LED yang pemakaiannya disesuaikan dengan sistem komunikasi yang digunakan.

Pemilihan menggunakan LED maupun ILD pada suatu sistem, tergantung dari biaya, level daya optik, kecepatan, panjang gelombang, sensitivitas, dan umur operasi. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel 2.1 (Made Yudistira, 2003).

Nama Komponen	<i>Injection Laser Diode (ILD)</i>	<i>Light Emitting Diode (LED)</i>
Karakteristik	Daya <i>output</i> besar Spektrum emisi yang sempit Harga Mahal	Daya <i>output</i> kecil Spektrum emisi yang lebar Relatif lebih murah
Aplikasi	Sistem jarak jauh Sistem jarak dekat Sistem ke pelanggan	Sistem ke pelanggan Sistem <i>private branch</i>

Tabel 2.1 Perbandingan ILD dengan LED (Made Yudistira, 2003)

Untuk transmisi optik, dipakai sumber cahaya dengan panjang gelombang 850 nm, 1310 nm, dan 1550 nm. Alasan pemakaian ketiga panjang gelombang ini karena karakteristik kinerja TFS3031 memiliki panjang gelombang minimum 850 nm dan panjang gelombang maksimum 1550 nm (www.navicpmart.com). Gelombang cahaya ini masuk dalam kategori gelombang *infra red* (tidak tampak). Agar cahaya yang dilewatkan serat dapat diterima dengan intensitas yang cukup, maka pemancaran dilakukan dengan daya yang kuat. (Made Yudistira, 2003).

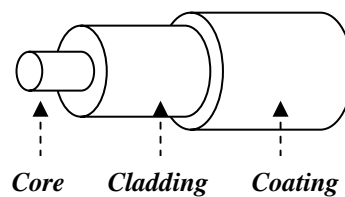
Detektor atau penerima cahaya terdiri dari dua bagian, yaitu detektor penerima itu sendiri dan rangkaian elektrik (M. Syamsul Hadi, 2002).

1. Detektor penerima, bisa berupa *Avalanche Photo Diode* (APD) dan *Positip Intrinsic Negatif Diode* (PIN Diode), yang berfungsi untuk menangkap sinyal optik.
2. Rangkaian Elektrik berfungsi untuk mengkonversi sinyal optik ke sinyal elektrik

Avalance Photo Diode (APD) dikembangkan agar diperoleh *output* yang lebih besar dari pada *photodiode* sehingga sekarang *photodiode Avalance* yang lebih banyak digunakan. *Photodiode Avalance* mampu memberikan *reverse bias* sehingga arus yang dihasilkan juga lebih besar (Made Yudistira, 2003).

II.2. Struktur Umum Serat Optik

Serat optik merupakan suatu media yang dipergunakan untuk menyalurkan informasi baik suara, data, serta informasi lainnya menggunakan gelombang cahaya sebagai gelombang pembawa (*carrier*) (Made Yudistira, 2003). Berikut ini adalah struktur umum serat optik :



Gambar 2.2 Struktur Umum Serat Optik (Made Yudistira, 2003)

Dari gambar 2.2 dapat dilihat struktur serat optik secara umum terdiri dari (Made Yudistira, 2003) :

1. *Core* (inti), berfungsi sebagai media pemandu cahaya (*guided medium*) atau tempat perambatan cahaya dari satu titik ke titik yang lainnya. Terbuat dari bahan kaca dengan kualitas sangat tinggi. Memiliki diameter 8-50 μm dimana ukuran *core* akan mempengaruhi karakteristik serat optik.
2. *Cladding* (pelapis), berfungsi sebagai bidang batas pemantul agar cahaya optik yang dirambatkan dapat dipantulkan total lagi ke dalam *core* sehingga cahaya

dapat dipandu sampai diujung lainnya. Terbuat dari bahan gelas dengan indeks bias lebih kecil dari *core* yang menyelubungi *core*. Hubungan indeks bias antara *core* dan *cladding* akan mempengaruhi perambatan cahaya pada *core* (mempengaruhi besarnya sudut kritis).

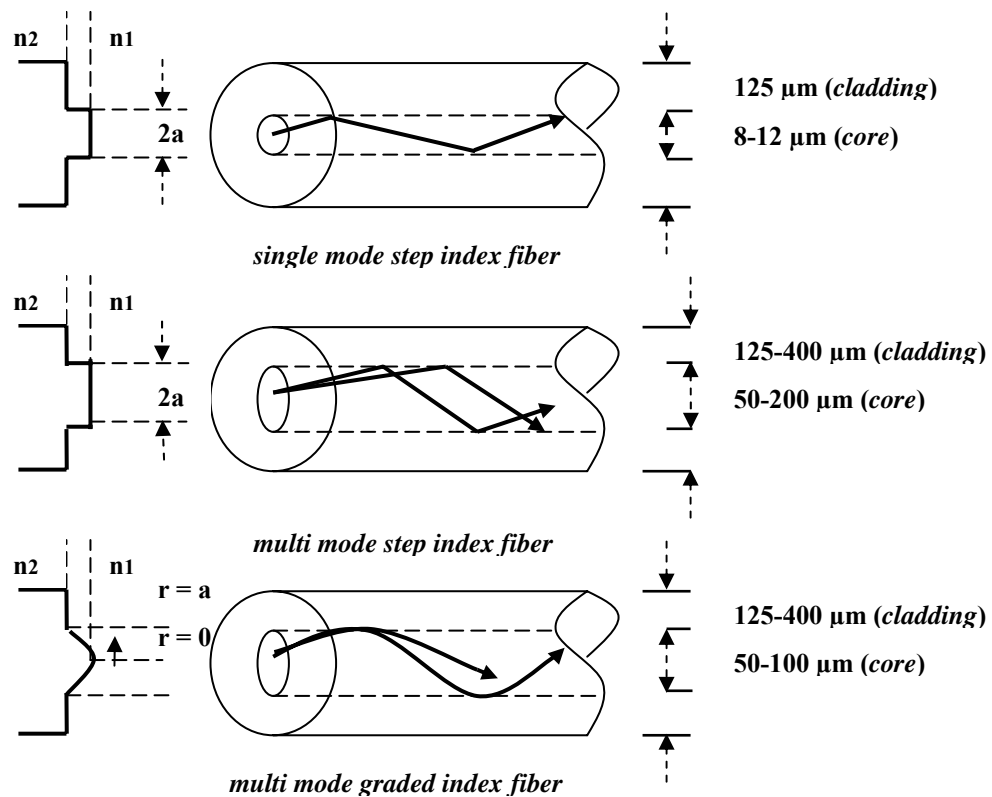
3. *Coating* (jaket), terbuat dari bahan plastik. Berfungsi sebagai pelindung mekanis serat optik sehingga serat optik lebih tahan terhadap gangguan eksternal. Juga untuk tempat kode warna dari tiap-tiap *tube*.

II.3. Jenis Serat Optik

Serat Optik memiliki 2 jenis *core* perambatan cahaya yaitu *Step Index* (SI) dan *Graded Index* (GI). Yang membedakan *Step Index* dengan *Graded Index* adalah indeks bias yang terdapat pada *core*-nya. Untuk serat optik tipe *step index* memiliki satu indeks bias yang homogen baik di tengah *core* sampai batas *core* dan *cladding*. Sedangkan *Graded Index* memiliki indeks bias yang berubah pada *core*-nya, semakin besar bila mendekat ke tengah sumbu *core* dan berangsur-angsur mengecil pada batas *core* dengan *cladding* (Made Yudistira, 2003).

Dalam transmisi serat optik dikenal istilah *mode* yang berarti banyaknya berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik berdasarkan panjang gelombang yang berbeda pada masing-masing berkas.

Berikut ini perbandingan serat optik antara *single mode step index*, *multi mode step index*, dan *multi mode graded index* dapat dilihat pada gambar 2.3.

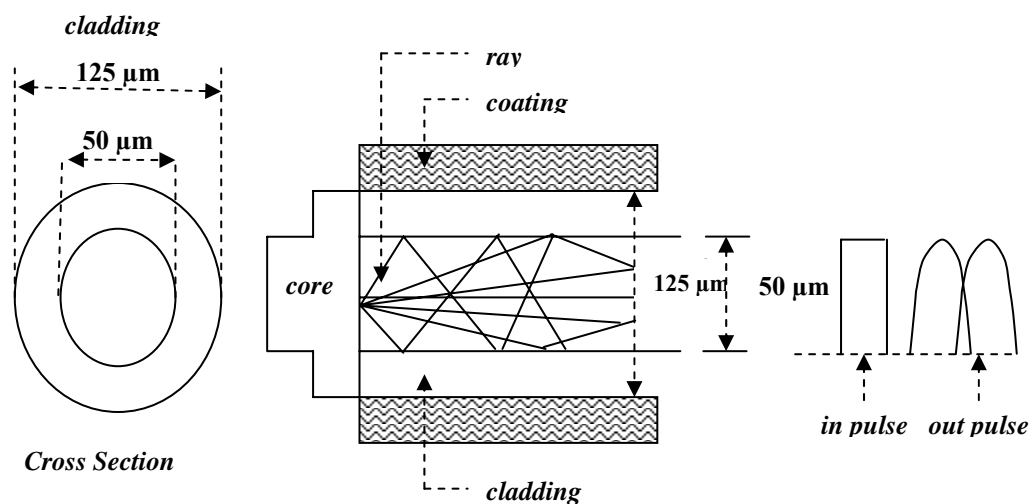


Gambar 2.3 Perbandingan Single Mode Step Index, Multi Mode Step Index, dan Multi Mode Graded Index Serat Optik (Gerd Keiser, 2000)

Ada *mode* yang menggunakan beberapa berkas cahaya dengan panjang gelombang cahaya yang berbeda-beda dalam komunikasinya, disebut sebagai *Multi Mode*. Menggunakan *Multi Mode* berarti membawa paket informasi secara sendiri-sendiri dengan panjang gelombang yang berbeda-beda dalam satu waktu bersamaan. Beda panjang gelombang akan mengakibatkan adanya perbedaan kecepatan informasi sampai di titik yang dituju. Selain itu, ada pula yang menggunakan satu macam cahaya dengan panjang gelombang tertentu, maka disebut dengan *Single Mode*, berarti paket informasi dibawa bersama-sama dalam satu panjang gelombang (Made Yudistira, 2003).

II.3.1. Struktur Serat Optik *Multi Mode Step Index*.

Struktur serat *step index* terlihat pada gambar 2.4. Diperlihatkan ukuran *core* dan *cladding* dari serat optik tipe *Multi Mode Step Index*. Memiliki ukuran diameter *core* sebesar 50-200 μm (Gerd Keiser, 2000), jarak sisi luar *cladding* sebesar 125-400 μm (Gerd Keiser, 2000).



Gambar 2.4 Struktur *Multi Mode Step Index* (Made Yudistira, 2003)

Serat Optik ini disebut *step index* karena indeks-indeks bias yang ada antara *cladding* dengan *core* yang tetap perbandingannya. Dari gambar 2.4 dapat dilihat bahwa *cladding* memiliki indeks bias lebih rendah dari pada indeks bias pada *core*-nya, sehingga seluruh cahaya yang mengenai *cladding* dengan sudut tertentu akan mengalami refraksi secara total pada batas *core* dengan *cladding*. Cahaya yang mencapai bagian antara *core* dan *cladding*, dengan besar sudut datang lebih kecil dari pada sudut kritisnya, maka cahaya akan mengalami pemantulan dan sebagian lagi akan dibiaskan *cladding* (keluar serat). Bila sudut datang cahaya lebih besar dari pada sudut kritis, maka akan terjadi pemantulan

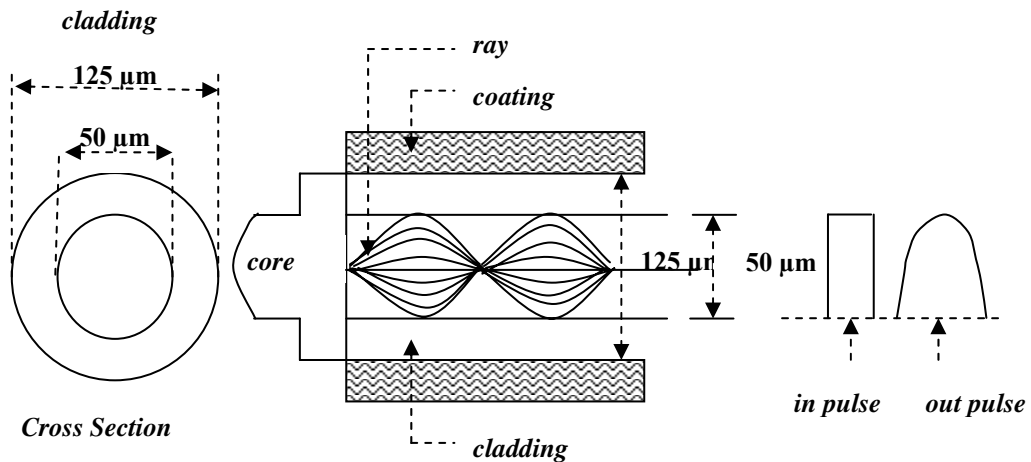
total, dimana energi akan diteruskan tidak mengalami rugi-rugi yang cukup besar (Made Yudistira, 2003).

Cahaya yang digunakan untuk mengirimkan informasi, akan mengalami banyak pemantulan sehingga energi cahaya yang dipancarkan sebagian akan berkurang atau hilang. Pada bagian kanan gambar, memperlihatkan respon bila di-*input*-kan sebuah pulsa kotak, maka *output*-nya tidak sama dengan *input*-nya. *Multi Mode* berarti dalam pengiriman data, berkas cahaya yang dipancarkan dari pengirim sampai penerima, melalui jalur yang berbeda-beda. Hal ini menyebabkan panjang lintasan tiap berkas cahaya sampai di penerima juga tidak sama. Sehingga di bagian detektor cahaya, pulsa yang diterima akan mengalami pelebaran akibat waktu tempuh yang berbeda-beda sehingga penerimaan tidak dalam waktu yang bersamaan, disebut sebagai *Dispersion Mode* (Made Yudistira, 2003).

II.3.2. Struktur Serat Optik *Multi Mode Graded Index*.

Memiliki ukuran *core* dan *cladding* yang identik dengan *Multi Mode Step Index*, dimana besar *core* dan jarak antar sisi luar *cladding* sebesar 50-100 μm dan 125-140 μm (Gerd Keiser, 2000).

Serat ini disebut *graded index* karena memiliki perubahan harga indeks bias yang bertingkat (*grade*), dimana harga indeks biasanya semakin besar bila mendekati sumbu *core* dan semakin kecil harganya bila menjauhi sumbu *core*. Sehingga cahaya yang dilewatkan serat optik jenis *Multi Mode Graded Index* ini bentuknya dapat dilihat pada gambar 2.5 (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.5 Struktur *Multi Mode Graded Index* (Made Yudistira, 2003)

Kecepatan cahaya akan lebih kecil saat melewati suatu bahan dengan indeks bias yang tinggi. Hal ini yang menyebabkan waktu lintasan cahaya yang melewati serat optik antar ujung yang satu sama lain mendekati sama, walaupun jalan yang ditempuh kelihatannya berbeda. Sehingga pelebaran pulsa yang diterima sangat kecil (Made Yudistira, 2003).

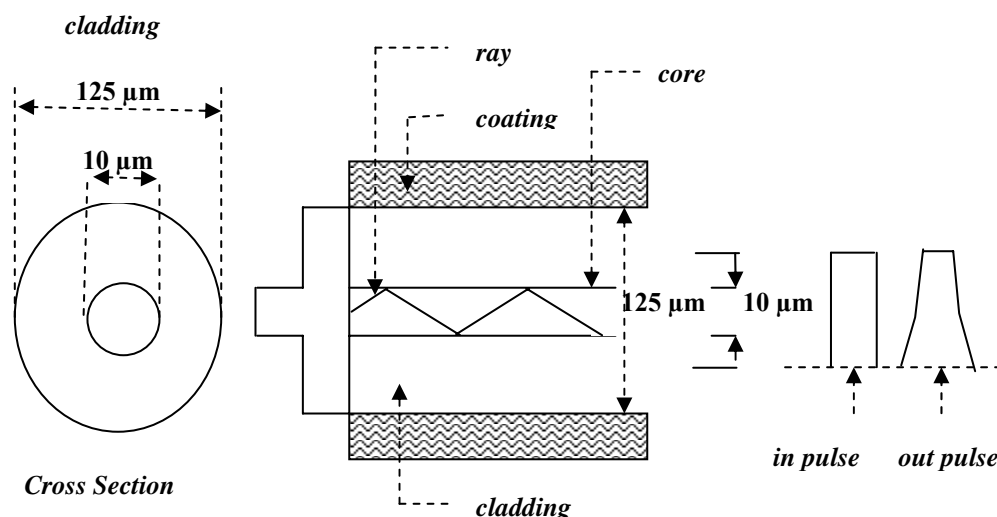
Sifat-sifatnya antara lain harganya yang lebih mahal karena memerlukan proses pembuatan *core* yang lebih sulit, dispersi minimum, cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada *core* sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat (Made Yudistira, 2003).

II.3.3. Struktur Serat Optik *Single Mode Step Index* .

Pada serat optik *Single Mode* atau satu *mode* perambatan cahaya, dimungkinkan tidak bisa terjadi dispersi *mode* atau dispersi minimum. Hal ini karena berkas cahaya yang dapat dilewatkan melalui serat sangat sedikit akibat

diameter *core* yang kecil. Tidak jarang karena kecilnya *core*, berkas cahaya yang dapat dilewatkan serat dianggap sebagai satu berkas cahaya (Made Yulistira, 2003).

Dispersi minimum ini memungkinkan data *rate* pengiriman sinyal lebih tinggi dari serat tipe lainnya. Hal ini dimungkinkan karena sinyal yang diterima memiliki kemungkinan *overlap* sangat kecil, sehingga tidak perlu mengalokasikan waktu kosong (*time gap*) antar pulsa yang berurutan (Made Yulistira, 2003).



Gambar 2.6 Struktur Single Mode Step Index (Made Yulistira, 2003)

Perhatikan gambar 2.6. Diameter *core* sangat kecil sekitar 8-12 μm dan diameter *cladding* 125 μm (Gerd Keiser, 2000), sehingga teknik penyambungan dan pengukuran memerlukan teknik yang khusus. Sumber cahayanya harus memiliki lebar spektral yang sangat sempit dan sumber cahaya tersebut harus sangat kecil dan memiliki pancaran sinar yang terang (*bright*) agar nantinya didapatkan kopling yang efisien dalam proses pemancaran cahaya ke dalam *core*

yang sangat kecil tersebut. Biasanya sebagai *optical source* digunakan *Injection Laser Diode* atau *Laser Diode* (Made Yudistira, 2003).

Sifat-sifatnya antara lain harga yang relatif mahal, diameter *core* yang sangat kecil dibanding *cladding*, sehingga penyambungan juga relatif lebih sulit serta NA yang kecil sehingga memerlukan *laser* sebagai *optical source*, cahaya merambat dalam satu *mode* saja yaitu sejajar dengan sumbu optik, digunakan pada transmisi data dengan *bit rate* yang tinggi (mencapai orde *Gygabyte per second*) (Made Yudistira, 2003).

II.4. Perambatan Cahaya

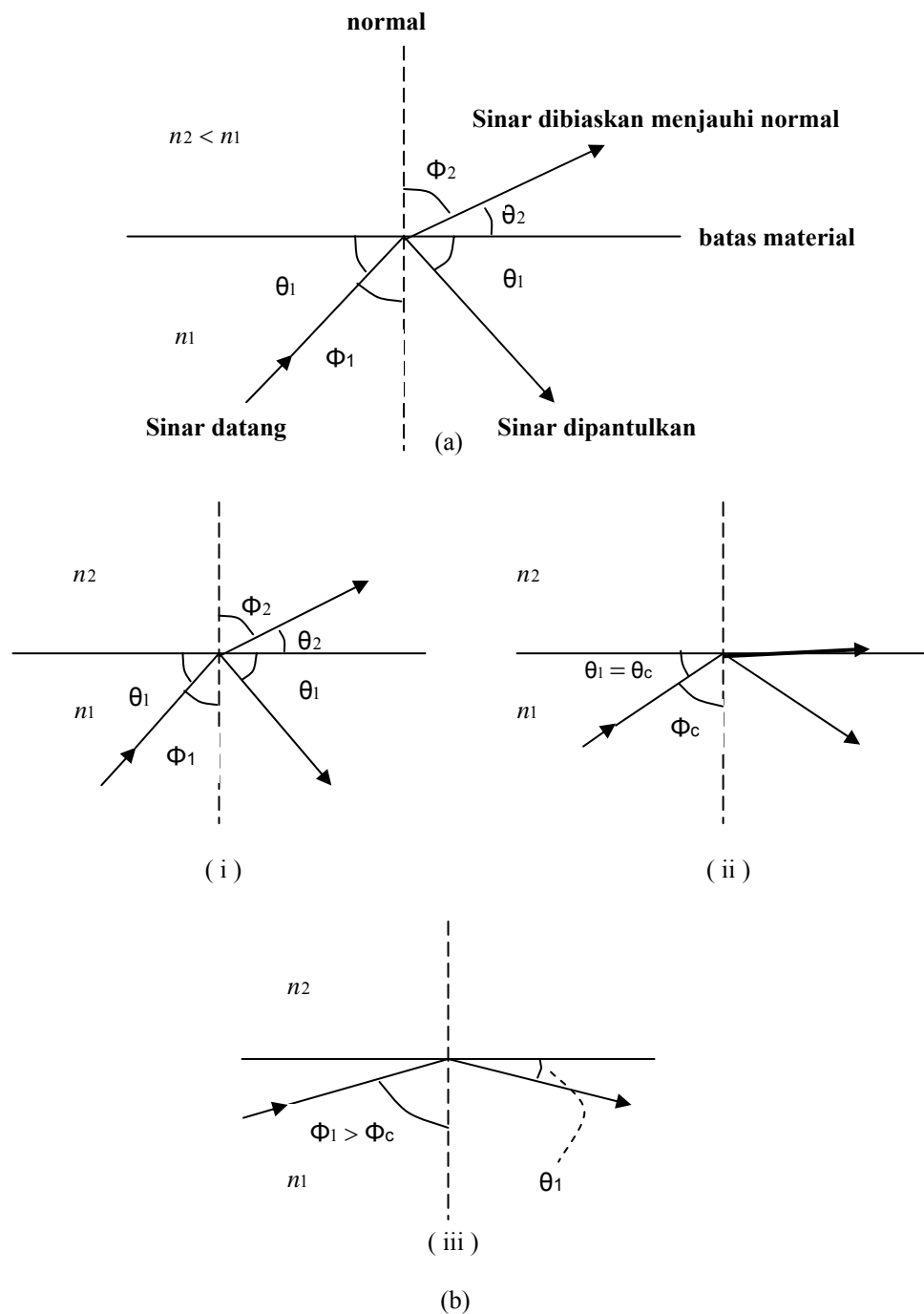
Perambatan cahaya di sepanjang serat optik terjadi karena pemantulan internal sinar optik yang terjadi pada perbatasan *core* dan pembungkusnya. Pemantulan ini disebabkan oleh adanya perbedaan indeks bias antara *core* dan *cladding*. Jika seberkas cahaya memasuki suatu medium dengan indeks bias yang berbeda, proses pembiasan atau pemantulan cahaya yang terjadi dapat dijelaskan menggunakan hukum Snellius sebagai berikut (Gerd Keiser, 2000) :

$$n_1 \sin \Phi_1 = n_2 \sin \Phi_2 \text{ atau } n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2 \quad (2.1)$$

Jika sudut datang Φ_1 diperbesar, maka sinar bias akan semakin menjauhi normal. Bila sinar bias mencapai bidang batas kedua medium (besarnya sudut Φ_2 mencapai 90°), maka sudut Φ_1 sekarang disebut sudut kritis. Sudut kritis adalah sudut antara sinar datang terhadap garis normal dimana sinar tersebut akan dibiaskan dengan sudut $\Phi_2 = 90^\circ$, sehingga

$$n_1 \sin \Phi_c = n_2 \sin 90^\circ \text{ sehingga } \sin \Phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

Apabila sudut Φ_1 lebih besar dari pada sudut kritis ($\Phi_1 > \Phi_c$), sinar tidak lagi dibiaskan, tetapi akan terjadi pemantulan total seperti pada gambar 2.7.b.iii (Gerd Keiser, 2000).



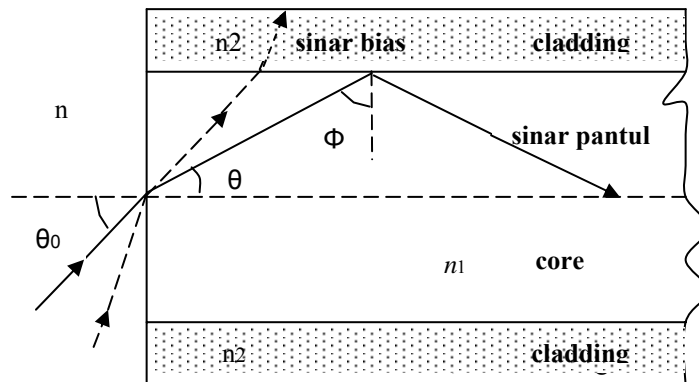
Gambar 2.7 Proses Pemantulan dan Pembiasan Cahaya (Gerd Keiser, 2000)

II.5. Aperatur Numerik dan Pemantulan

Aparatur Numerik adalah parameter yang harganya ditentukan atau tergantung pada indeks bias *core* dan *cladding*. Bersama dengan ukuran *core* dan panjang gelombang, aperatur numerik menentukan jumlah *mode* cahaya yang terjadi pada *core* serat optik (M. Syamsul Hadi, 2002).

Dari Hukum Snellius, sudut minimum Φ_{\min} yang dapat membentuk pantulan internal total dengan persamaan

$$\sin \Phi_{\min} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.3)$$



Gambar 2.8 Mekanisme Perambatan Cahaya pada Step-Index (Gerd Keiser, 2000)

Sinar yang mengenai *core-cladding* pada sudut kurang dari Φ_{\min} akan dibiaskan keluar dari *core* dan akan hilang pada *cladding*. Menurut hukum Snellius untuk permukaan batas udara dan fiber, pada kondisi persamaan (2.3) dengan memasukkan sudut $\theta_{0, \max}$ menghasilkan hubungan (Gerd Keiser, 2000)

$$n \sin \theta_{0, \max} = n_1 \sin \theta_c = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} \quad (2.4)$$

dengan $\theta_c = \pi/2 - \Phi_c$. Dengan demikian sinar mempunyai penjurusan pintu masuk sudut θ_0 kurang dari $\theta_{0, \max}$ akan secara total dipantulkan pada permukaan batas *core* dan *cladding* (Gerd Keiser, 2000).

Persamaan (2.4) juga disebut *Numerical Aperature* (NA) untuk *step-index fiber* (Gerd Keiser, 2000) :

$$NA = n \sin \theta_{0, \max} = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} \quad (2.5)$$

II.6. Rugi-rugi yang bisa terjadi pada serat optik

Salah satu parameter yang harus diperhitungkan dengan cermat dalam sistem komunikasi serat optik adalah rugi-rugi serat optik. Secara umum, rugi-rugi yang terjadi pada serat optik disebabkan oleh :

II.6.1. Karakteristik Bahan

Terdapat dua macam rugi-rugi karakteristik bahan yaitu (M. Syamsul Hadi, 2002) :

a. Rugi-rugi intrinsik, disebabkan oleh absorpsi infra merah, absorpsi ultraviolet, dan *Rayleigh Scattering*.

Absorpsi intrinsik dihubungkan dengan material dasar serat (sebagai contoh SiO_2) adalah faktor fisik terpenting yang mendefinisikan daerah ketransparanan suatu material di atas suatu daerah spektrum yang ditetapkan. Hal ini terjadi apabila material tersebut dalam kedudukan yang sempurna tidak

terdapat adanya perbedaan kerapatan, ketidakmurnian, ketakserbasamaan, dan sebagainya (Gerd Keiser, 2000).

Absorpsi intrinsik dihasilkan dari pita absorpsi elektronik pada daerah ultraviolet dan dari pita getaran atom pada daerah sekitar inframerah. Pita absorpsi elektronik dihubungkan dengan *band gaps* dari material glass amorf. Absorpsi terjadi apabila *photon* berinteraksi dengan elektron pada pita valensi dan mengalami eksitasi ke tingkat energi yang lebih besar. Berikut ini hubungan secara empiris pada bagian ujung ultraviolet pita absorpsi elektron untuk garis material amorf dan kristal (Gerd Keiser, 2000) :

$$\alpha_{uv} = Ce^{E/E_0} \quad (2.6)$$

yang dikenal sebagai aturan Urbach. Disini, C dan E_0 adalah konstanta-konstanta empiris dan E adalah energi *photon*. Kontribusi rugi-rugi ultraviolet dalam dB/km pada panjang gelombang dapat di ekspresikan secara empiris sebagai fungsi fraksi mol χ GeO₂ sebagai berikut (Gerd Keiser, 2000) :

$$\alpha_{uv} = \frac{154,2\chi}{46,6\chi + 60} \times 10^{-2} \exp\left(\frac{4,63}{\lambda}\right) \quad (2.7)$$

Pada daerah sekitar inframerah diatas 1,2 μm , rugi-rugi *waveguide* optik adalah bagian terbesar yang ditentukan oleh keberadaan dari ion-ion OH dan yang tidak bisa dipisahkan dari penyerapan inframerah. Secara empiris untuk penyerapan inframerah dalam dB/km untuk glass GeO₂-SiO₂ adalah (Gerd Keiser, 2000)

$$\alpha_{IR} = 7,81 \times 10^{11} \exp\left(\frac{-48,48}{\lambda}\right) \quad (2.8)$$

Berikutnya yang termasuk rugi-rugi intrinsik adalah *Rayleigh Scattering*. Rugi-rugi ini disebabkan oleh adanya variasi indeks bias dalam jarak relatif pendek terhadap panjang gelombang λ . Variasi ini antara lain disebabkan oleh (M. Syamsul Hadi, 2002) :

- a. Absorpsi panas yang merubah kerapatan struktur *core* dan indeks bias.
- b. Tidak meratanya komposisi bahan *core*, menyebabkan penghamburan cahaya optik. Penghamburan ini sangat mempengaruhi batas rugi-rugi minimum dalam serat optik. Apabila perhitungan hanya didasarkan pada perubahan panas, koefisien rugi-rugi penghamburan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\alpha_{\text{scat}} = \frac{8 \pi^3}{3 \lambda^4} n^8 p^2 k_B T_f \beta_T \quad (2.9)$$

β_T = Energi sinar datang (J)

n = Indeks bias inti

k_B = Konstanta Boltzman (J/K)

T_f = Temperatur (K)

p = Koefisien photoelastik

Hal-hal diatas merupakan rugi-rugi dasar, selain akibat pertambahan jarak. Misalnya $P(0)$ adalah daya optik pada titik asal (pada $z=0$), kemudian $P(z)$ daya optik pada jarak z , maka rugi-rugi serat optik naik (daya sinyal optik turun) secara eksponensial sesuai perumusan (M. Syamsul Hadi, 2002) :

$$P(z) = P(0)e^{-\gamma_p z} \quad (2.10a)$$

$$\text{dimana } \gamma_p = \frac{1}{z} \ln \left[\frac{P(0)}{P(z)} \right] \quad (2.10b)$$

adalah koefisien rugi-rugi serat dalam satuan (km^{-1}) yang kemudian untuk memudahkan dan berlaku umum, rugi-rugi dinyatakan dalam desibel perkilometer (dB/km) sehingga rumusan 2.10b bisa ditulis (M. Syamsul Hadi, 2002) :

$$\gamma \text{ (dB/km)} = \frac{10}{z} \log \left[\frac{P(0)}{P(z)} \right] = 4,34 \gamma_p \text{ (km}^{-1}\text{)}$$

(2.10c)

b. Impurity (absorpsi bahan campuran), disebabkan oleh absorpsi ion OH, absorpsi logam transisi dan ketidaksempurnaan struktur.

Absorpsi ini diakibatkan oleh adanya unsur-unsur ekstrinsik/bahan campuran di dalam serat optik yang terjadi pada saat proses pembuatan serat. Absorpsi ini disebabkan oleh adanya ion-ion logam transisi seperti Besi (Fe), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Nikel (Ni), dan ion-ion hidroksil (OH^-), yang mana didalam struktur gelas serat optik, OH^- akan membentuk ikatan Si-OH dalam sistem gelas silika (M. Syamsul Hadi, 2002).

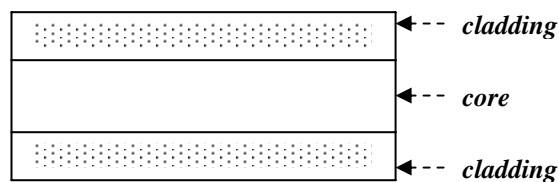
II.6.2. Rugi-rugi transmisi

Rugi-rugi transmisi meliputi : penyambungan, pelengkungan (*microbending* dan *macro bending*), *splicing*, *coupling*, refleksi fresnel, dispersi, eksentrisitas *core* terhadap *cladding*, variasi diameter *cladding*, elliptisitas *core*, dan variasi diameter *core* (M. Syamsul Hadi, 2002).

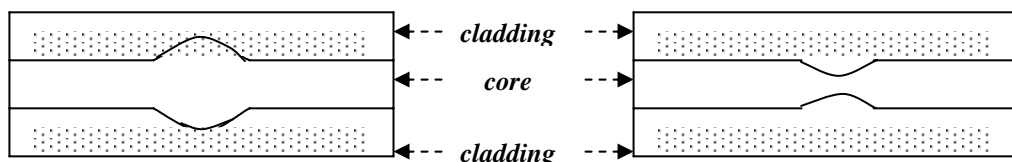
a. Penyambungan

Karena kecilnya serat optik, maka sedikit saja penyambungan yang tidak sempurna akan menjadikan suatu keadaan dimana ada berkas cahaya yang tidak dapat diterima seluruhnya pada serat berikutnya yang disambungkan, atau kemungkinan terjadinya perubahan *mode* saat berpindah *core* (Made Yudistira, 2003).

Kabel serat optik biasanya dibuat dengan kisaran panjang 1,5 sampai 5 km. Oleh karena itu perlu beberapa buah kabel untuk menghubungkan antara terminal yang satu dengan yang lain, atau dengan *repeater*. Karena jarak yang jauh, kabel serat optik harus disambung-sambung (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.9 Hasil Sambung yang baik menurut Pengamatan Visual



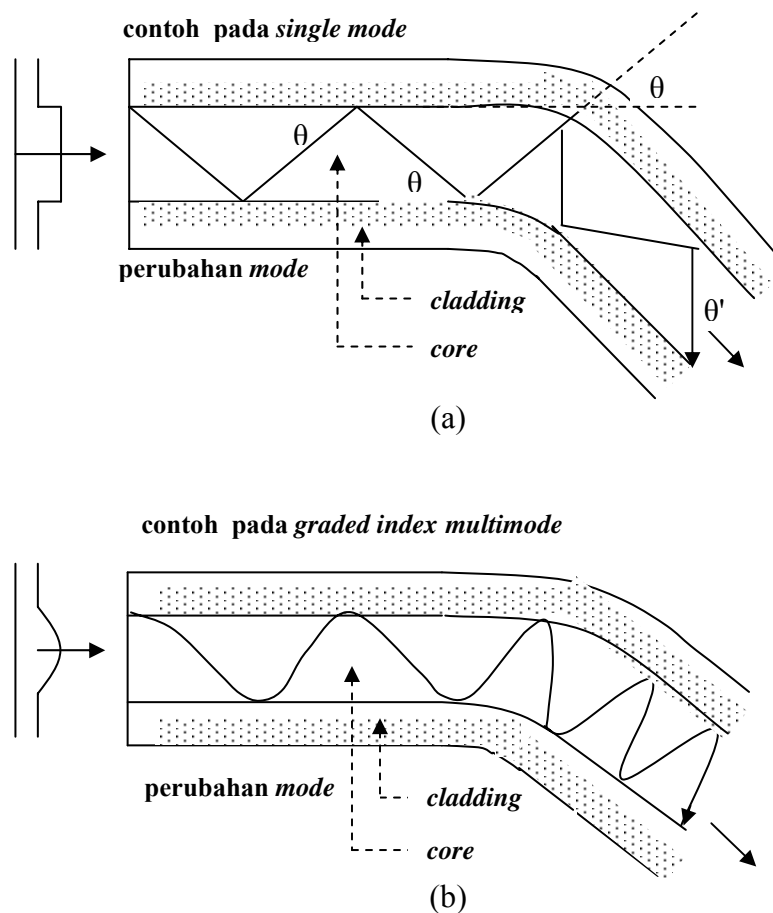
Gambar 2.10 Hasil Sambung yang tidak baik menurut Pengamatan Visual

b. Pelengkungan

Rugi-rugi ini terjadi pada saat sinar melalui serat optik yang dilengkungkan, disebut makrobending (M. Syamsul Hadi, 2002).

Apabila serat optik melengkung, maka sudut pemantulan total akan berubah dari θ menjadi θ' seperti pada gambar 2.11. *Mode* dari serat yang

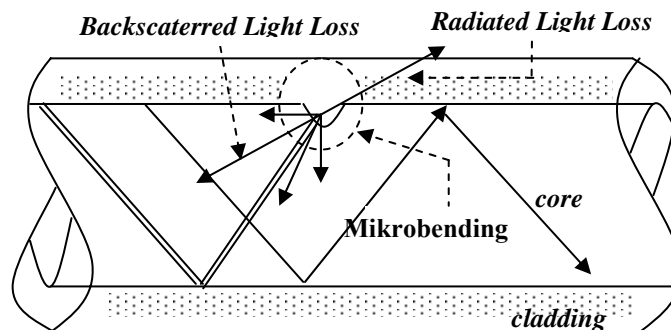
sebelumnya masih lurus berubah menjadi *mode* yang lain dengan sudut karakteristik yang lain pula. Kondisi seperti ini menyebabkan timbulnya pergantian *mode*. Untuk PT.Telkom, sudut kelengkungan maksimal yang diperkenankan adalah sekitar 20° (M. Syamsul Hadi, 2002).



Gambar 2.11 Rugi-Rugi karena Lengkungan

Pada gambar 2.11 (a) menunjukkan perambatan cahaya pada *single mode* dengan sudut θ menjadi θ' , sedangkan pada gambar 2.11 (b) menunjukkan perambatan cahaya pada *graded index multimode*.

Pelengkungan juga disebabkan karena adanya permukaan batas antara *core* dan *cladding* yang tidak merata (*microbending*) yang menyebabkan adanya perubahan *mode*. *Microbending* terjadi disebabkan akibat tekanan mekanik atau sewaktu proses fabrikasi. Hal ini menyebabkan terjadinya *loss* dimana cahaya dengan sudut yang lebih besar seperti ditunjukkan pada gambar 2.12 (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.12 Penghamburan Karena *Microbending* (Made Yudistira, 2003)

c. *Splicing*

Dalam melakukan penyambungan serat optik, dibutuhkan beberapa mekanisme *splicing*. Satu diantaranya adalah *fusion splicing* yang dibuat dengan cara memanaskan kedua ujungnya atau kedua ujung serat dengan elektroda, sehingga menjadi satu. Pada metode ini ujung serat optik pertama-tama diluruskan dan tempelkan bersama. Hal ini dikerjakan secara hati-hati sesuai alur serat optik dibawah mikroskop dengan *micromanipulator*. Sasaran penyambungan kemudian dipanaskan dengan percikan listrik atau dengan pulsa laser sehingga ujung serat optik menjadi leleh dan disambungkan bersama. Teknik ini dapat menghasilkan

rugirugi *splice* yang sangat rendah (rata-rata 0,1 sampai 0,5 dB) (M. Syamsul Hadi, 2002).

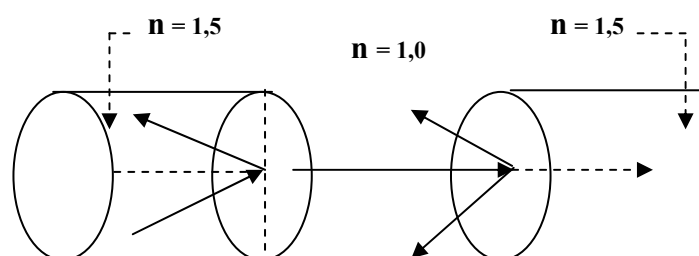
d. Kopling

Rugirugi kopling yang dimaksudkan adalah rugirugi yang terjadi akibat adanya celah (ruang kosong/udara) antara serat optik dengan sumber optik dan antara serat optik dan detektor cahaya. Rugirugi kopling ini terjadi karena tidak seluruh energi yang diradiasikan oleh sumber optik tidak bisa diterima oleh detektor optik dengan sempurna (Made Yudistira, 2003).

Rugirugi kopling ini biasanya terjadi pada konektor serat optik. Rugirugi ini dipengaruhi oleh refleksi fresnel dimana bila cahaya masuk suatu bidang tembus secara tegak lurus, akan ada sebagian kecil cahaya yang akan direfleksikan (Made Yudistira, 2003).

e. Refleksi Fresnel

Bila cahaya yang jatuh tegak lurus pada suatu permukaan maka tidak seluruh cahaya memasukinya, tapi sebagian kecil cahaya tersebut akan direfleksikan. Refleksi ini yang disebut sebagai Refleksi Fresnel. Perhatikan gambar 2.13 (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.13 Refleksi Fresnel (Made Yudistira, 2003)

f. Dispersi

Dispersi adalah suatu fenomena dimana suatu pulsa cahaya yang datang akan mengalami pelebaran selama perambatannya di dalam serat optik. Dispersi merupakan faktor yang penting yang membatasi *bandwidth* transmisi pada sistem komunikasi serat optik (Made Yudistira, 2003).

Ada dua macam dispersi, yaitu (Made Yudistira, 2003) :

1. Dispersi *Mode*

Meskipun sumber cahaya memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tunggal (*mono-wavelength*), pulsa cahaya tersebut akan merambat dalam beberapa *mode* dengan lintasan yang berbeda di dalam serat optik *Multi Mode*. Dispersi *mode* disebabkan oleh perbedaan diantara lintasan-lintasan perambatan atau pengiriman akibatnya perambatan *mode* sehingga akan timbul waktu datang/terima yang tidak bersamaan (Made Yudistira, 2003).

2. Dispersi Panjang Gelombang

Dispersi ini masih dibagi menjadi dua yaitu (Made Yudistira, 2003) :

1. Dispersi Material

Indeks bias bahan gelas berubah sesuai dengan panjang gelombang yang melewatinya, dan kecepatan rambatannya juga berbeda sesuai dengan panjang gelombang operasi. Apabila panjang gelombangnya semakin panjang, maka kecepatan perambatannya menjadi lebih besar. Perbedaan kecepatan rambat sesuai dengan panjang gelombang tersebut, akan menyebabkan bentuk pulsa

cahaya *output* menjadi melebar. Fenomena ini disebut dengan *Dispersion Material* (Made Yudistira, 2003).

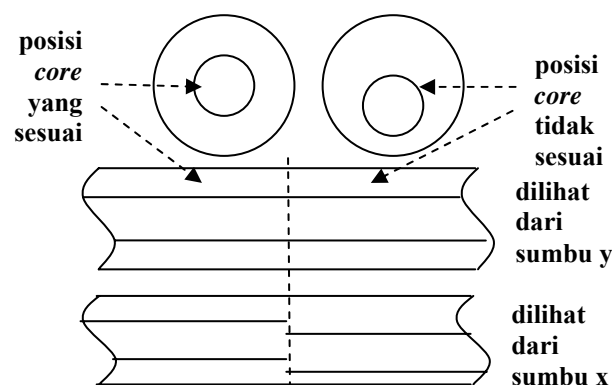
2. Dispersi Struktur

Dalam hal ini dimana perbedaan indeks bias antara *core* dan *cladding* kecil, maka sinyal cahaya yang merambat akan bocor ke dalam *cladding*. Kebocoran ini akan meningkat dengan semakin besarnya panjang gelombang, yang berarti kecepatan perambatan rata-ratanya menjadi lebih rendah. Ini yang disebut sebagai Dispersi Struktur (Made Yudistira, 2003).

Pada serat optik *multimode* dengan tipe *graded index*, dispersi *mode* menjadi faktor utama yang membatasi cakupan *bandwidth* transmisi dibandingkan pada serat optik dengan tipe *step index*, jumlah dispersi menjadi nol pada daerah panjang gelombang sekitar 1550 nm, melalui penghapusan dispersi material dan struktur, dengan menggunakan suatu profil indeks bias khusus (Made Yudistira, 2003).

g. Eksentrisitas Core terhadap Cladding

Rugi-rugi ini bisa terjadi pada sambungan akibat kecerobohan saat menyambung, tetapi juga bisa terjadi akibat kesalahan fabrikasi. Eksentrisitas *core* terhadap *cladding* merupakan kejadian dimana ukuran inti sama tetapi letaknya tidak pada satu sumbu, sehingga mengakibatkan sebagian sinar akan hilang (M. Syamsul Hadi, 2002).



Gambar 2.14 Eksentrisitas Core terhadap Cladding(Made Yudistira, 2003)

Gambar 2.14 memperlihatkan dua buah serat optik yang *core* dan *cladding*

tidak saling sejajar. Dicontohkan bila dilihat secara melintang terhadap sumbu y, maka akan terlihat kedua *core* dan *cladding* terdapat pada bidang yang sejajar. Bila diputar hingga melintang terhadap sumbu x, keadaan sebenarnya tampak bahwa *core* dan *cladding*-nya berada tidak *center* pada sebelah kanan (Made Yudistira, 2003).

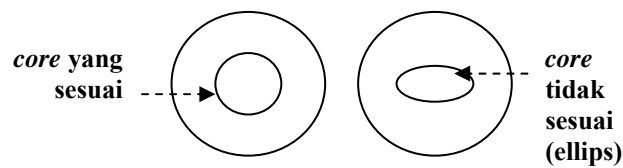
h. Variasi Diameter Cladding

Rugi-rugi yang didapat karena dari ukuran diameter *cladding* yang berbeda. Jika ukuran diameter *cladding* pada dua serat optik yang akan disambungkan berbeda, maka penyambungan *core* tidak akan sempurna. Akibatnya ada berkas cahaya yang tidak bisa lewat melalui hasil penyambungan tersebut (Made Yudistira, 2003).

i. Elliptisitas Core

Rugi-rugi ini terjadi karena *core* yang ada tidak benar-benar bulat melainkan lebih pipih atau *ellips*. Perhatikan gambar 2.16. *Core* yang *ellips* menyebabkan rugi-rugi akibat penyambungan menjadi tinggi, karena akan ada sebagian berkas cahaya yang tidak bisa masuk ke *core* selanjutnya. Rugi-rugi ini

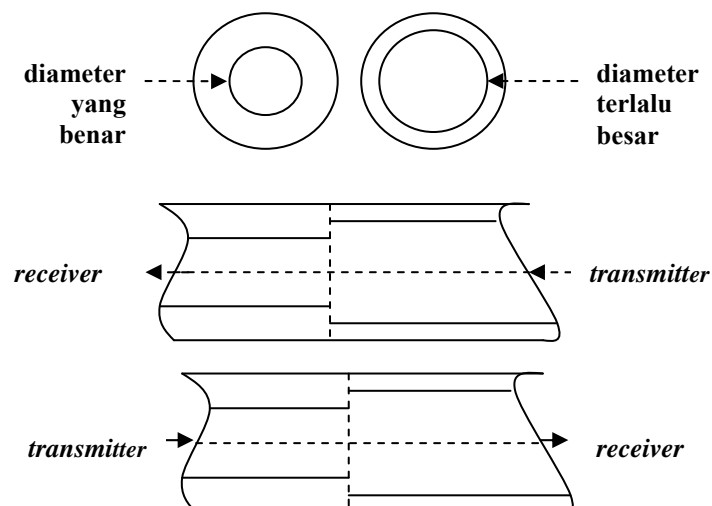
mirip dengan rugi-rugi eksentrisitas *core* terhadap *cladding* (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.15 Elliptisitas Core (Made Yudistira, 2003)

j. Variasi Diameter Core

Perbedaan diameter *core* dari serat yang disambung akan menyebabkan rugi-rugi. Jika diameter *core* serat transmisi lebih besar dari pada serat *core* ke arah detektor, maka menyebabkan rugi-rugi yang tinggi, karena akan ada sebagian cahaya yang terpantulkan kembali ke transmiter. Jika diameter *core* transmisi lebih kecil dari pada serat *core* ke arah detektor, maka akan mengakibatkan rugi-rugi yang rendah (Made Yudistira, 2003).



Gambar 2.16 Variasi Diameter Core (Made Yudistira, 2003)

II.7. Menghitung Rugi-Rugi

Rugi-rugi yang muncul pada media transmisi serat optik pada umumnya merupakan rugi-rugi yang disebabkan oleh bahan serat optik itu sendiri dan rugi-rugi akibat instalasi seperti : alat penghubung (*connector*), pembengkokan, penyambungan (*splicer*) serta percabangan (*splitter*) (M. Syamsul Hadi, 2002).

Tabel 2.2 berikut merupakan pedoman internasional untuk pengukuran rugi-rugi yang diperhitungkan (M. Syamsul Hadi, 2002).

Jenis-jenis rugi-rugi yang terjadi	Rugi-rugi α (dB)
Rugi-rugi intrinsik	0.3 dB/km (1550 nm)
Rugi-rugi konektor	0.50 dB
Rugi-rugi <i>splice</i> /sambungan	0.20 dB/ <i>splice</i>

Tabel 2.2. Karakteristik dari serat optik yang digunakan (M. Syamsul Hadi, 2002)

Pengukuran besarnya rugi-rugi yang terjadi sepanjang lintasan sesuai buku panduan PT. Telkom dapat di hitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini (M. Syamsul Hadi, 2002) :

$$\text{Rugi-rugi (dB)} = L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \quad (2.11)$$

dengan :

α : Rata-rata serat optik (dB/km) α_2 : Rugi-rugi akibat sambungan (dB)

L : Panjang kabel (km)

n_3 : Jumlah percabangan 1: 2

n_1 : Jumlah konektor

α_3 : Rugi-rugi akibat percabangan 1: 2 (dB)

α_1 : Rugi-rugi konektor (dB)

n_4 : Jumlah percabangan 1: 4

n_2 : Jumlah sambungan

α_4 : Rugi-rugi akibat percabangan 1: 4 (dB)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Telkom Indonesia Tbk yang bertempat di Jl. Mayor Kusnanto No.1 Solo pada tanggal 1 s/d 28 Februari 2005 dengan bukti Surat Keterangan pada lampiran 7, hasil pengukuran pada lampiran 1 s/d 4, dan gambar 4.2 s/d 4.13. Tempat pengukuran di 4 rute lokasi yaitu :

- | | | |
|----------------------------|---------|-----------------|
| 1. Wirosari – Randublatung | tanggal | 7 Februari 2005 |
| 2. Pecangaan – Kudus | tanggal | 7 Februari 2005 |
| 3. Kartosuro – Delanggu | tanggal | 8 Februari 2005 |
| 4. Mojosongo - Toroh | tanggal | 8 Februari 2005 |

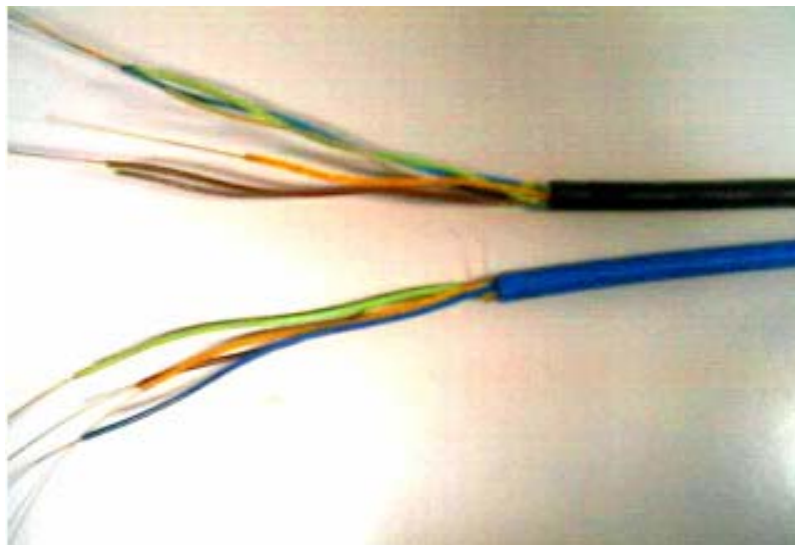
III.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian :

1. OTDR Tektronix *type* TekRanger TFS3031
2. Serat Optik *Single Mode*
3. *Fiber Join Box* (FJB) yang terhubung dengan Serat Optik
4. Potongan kabel Serat Optik (*Patch Cable*)
5. *Power Supply*



Gambar 3.1. OTDR Tektronix *type* TekRanger TFS3031 (<http://www.atecorp.com>)



Gambar 3.2 Serat Optik *Single Mode*

Dalam membedakan *tube* atau selongsong, biasanya digunakan nomor sebagai penandanya, namun karena ukurannya yang kecil, penandaan, tidak menggunakan angka atau tulisan, melainkan dengan pewarnaan pada *tube* serta pada serat optik. Pewarnaan yang berbeda-beda ini akan memudahkan dalam

mencari *tube* yang dimaksud. Urutan penomoran *tube* dan serat optik berdasarkan warnanya dapat dilihat pada tabel 3.1.

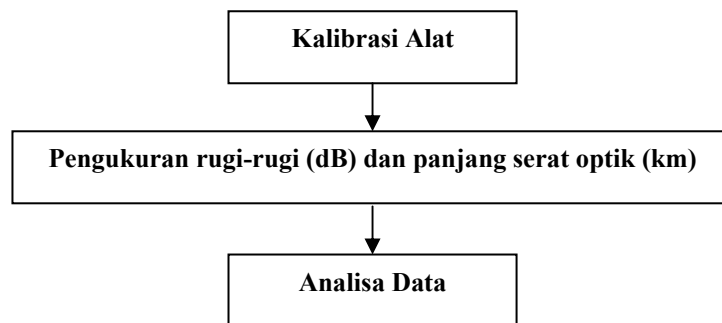
No. Serat/tube	Warna
1	Biru
2	Oranye
3	Hijau
4	Coklat
5	Abu-abu
6	Putih
7	Merah
8	Hitam
9	Kuning
10	Ungu
11	Merah Muda
12	Torquoise

Tabel 3.1 Tabel Penomoran Serat dan Tube berdasarkan Warna
(Made Yudistira, 2003)

Misalkan kita memiliki sebuah *Loose Tube* berwarna biru dan didalamnya terdapat 6 serat optik, nomor seratnya adalah nomor 1 s/d 6, tersusun atas serat nomor 1 warna biru, nomor 2 warna oranye, nomor 3 warna hijau, dan seterusnya. Dilanjutkan *tube* warna oranye dengan nomor pada seratnya berlanjut dengan nomor 7 untuk warna biru, nomor 8 untuk warna oranye, nomor 9 warna hijau, dan seterusnya.

III.3. Metode Penelitian

Berikut diagram alir (gambar 3.3) untuk mengukur panjang serat optik dengan metode pengukuran dengan menggunakan OTDR *type* TekRanger TFS3031 :



Gambar 3.3. Gambaran Umum Langkah Penelitian

Dengan metode ini bisa diketahui panjang dan lokasi serat optik yang dilalui oleh laser yang berasal dari OTDR, besarnya rugi-rugi untuk serat yang dilaluinya dan gangguan-gangguan yang ada pada serat tersebut seperti adanya sambungan, bengkokan, dan gangguan yang lainnya.

Prinsip kerja OTDR dapat diaplikasikan untuk mengukur suatu *core* pada kabel optik. Apabila terjadi gangguan misalnya putus atau terjadi bengkokan atau *bending*, maka dapat diketahui hal tersebut, sehingga bisa ditentukan kelayakan pakai dari *core* tersebut. Apabila *core* tersebut tidak layak, maka bisa digantikan dengan *core* yang lain yang masih ada, tetapi apabila jumlah *core* yang ada sudah habis maka harus dilakukan penyambungan atau diganti dengan kabel optik yang baru.

Sesuai dengan diagram alir untuk mengukur panjang serat optik dengan menggunakan OTDR *type* TekRanger TFS3031 maka prosedur yang harus dilakukan adalah mengkalibrasi alat, mengukur rugi-rugi dan panjang serat optik, dan menganalisa data.

III.3.1. Mengkalibrasi Alat

Sebelum melakukan pengukuran rugi-rugi dan panjang serat optik perlu melakukan kalibrasi agar dapat mengetahui kesesuaian alat tersebut dan keinginan dari pengukur sehingga diperoleh pengukuran yang optimal terhadap objek yang akan di ukur dalam hal ini adalah serat optik .

Setting alat untuk melakukan pengujian serat optik. Kemudahan fasilitas *IntelliTrace* dimana cukup menekan tombol “*start/stop*”, alat dapat menentukan ukuran-ukuran serta parameter yang tepat secara otomatis seperti untuk menentukan lebar pulsa (*Pulse Width*), jarak pengetesan atau panjang optik (*Test Range*), dan *Average* bisa diset otomatis oleh alat (*auto*) maupun manual sesuai keinginan. Memilih panjang gelombang atau λ yang digunakan untuk pengukuran sebesar 1550 nm (pilihan lain 1310 nm) (Made Yudistira, 2003).

Langkah-langkah secara umum dalam pengoperasian OTDR, sebelum pengukuran perlu dilakukan pemilihan (*selecting*) dan pengetesan (*setting*) beberapa parameter meliputi : *Setting* indeks bias, pemilihan panjang gelombang laser, pemilihan rentang jarak, pemilihan lebar pulsa, *On/Off* laser (Divlat PT.Telkom).

III.3.2. Mengukur rugi-rugi dan panjang serat optik

Setelah tahap kalibrasi selesai tahap selanjutnya yaitu melakukan pengukuran. Secara otomatis, alat menampilkan bentuk grafik garis yang garisnya ikut bergerak sesuai perjalanan laser pada jarak yang dimaksud sampai menemukan titik akhir atau terminasi.

Di bawah ini adalah petunjuk mengukur rugi-rugi dan panjang serat optik :

1. Menghubungkan Power Supply, OTDR, Potongan Kabel Serat Optik dan *Fiber Join Box* secara berurutan.
2. Mengisikan parameter kalibrasi dengan cara menekan tombol atau mengisikan secara manual untuk indeks bias/*refractive index* sebesar 1,4685, panjang gelombang sebesar 1550 nm, lebar pulsa/*pulsewidth* (auto), dan rentang jarak (auto).
3. Menekan tombol Laser On maka OTDR dapat mengukur secara otomatis. Untuk melihat proses pengukurannya dapat dilihat pada layar OTDR adanya bentuk gambar garis berjalan beberapa saat dari titik awal yaitu 0 km hingga sampai garis tersebut berhenti karena sudah sampai pada bagian akhir serat optik.
4. Apabila pengukuran sudah berhenti selanjutnya dapat disimpan untuk digunakan sebagai bahan evaluasi dengan cara menekan tombol *store or print*.
5. Menekan tombol edit file name kemudian mengisikan nama file misalnya FILE0003.SWT.
6. Menyimpan file dengan cara menekan tombol *save*.

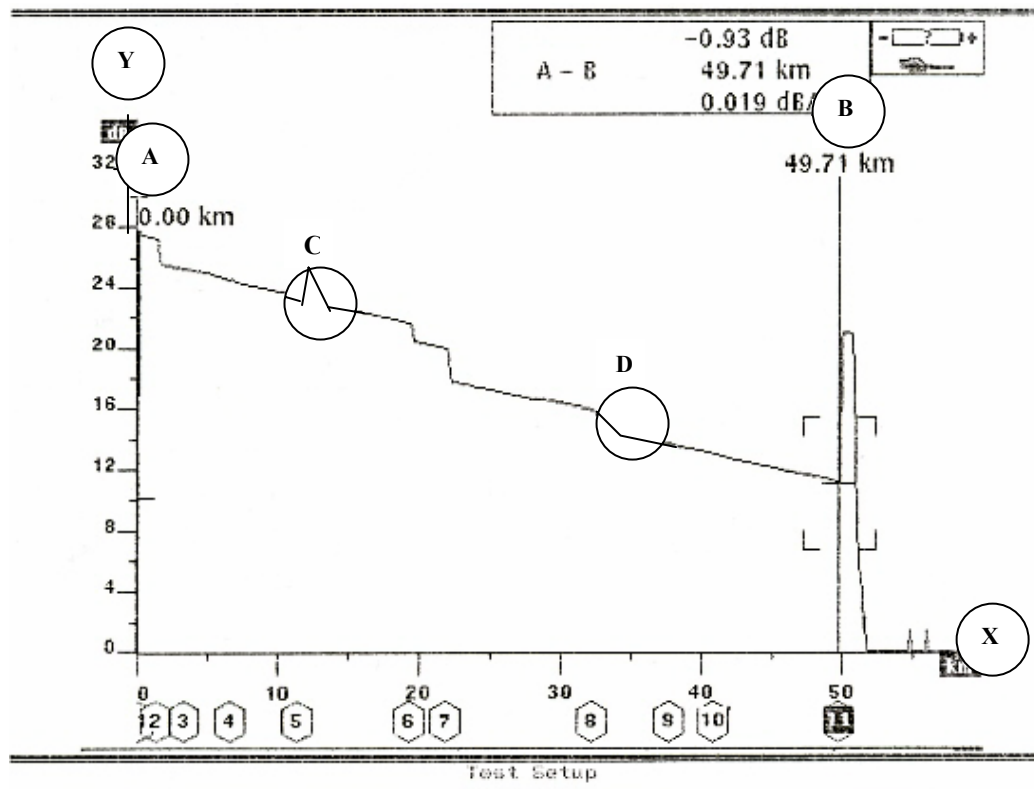
Final test atau uji akhir merupakan pengukuran yang dilakukan untuk memastikan bahwa serat dan kabel optik yang diinstalasi telah memenuhi standar yang ditentukan. Selain itu bertujuan untuk mengetahui kondisi serat optik, baik yang aktif maupun yang digunakan sebagai *spare* (cadangan) sebagai langkahantisipasi bila terjadi kerusakan dan membutuhkan *omset*/pemindahan *core* (Made Yudistira, 2003).

Data hasil pengukuran tidak mungkin semuanya disimpan dalam OTDR karena *space* data yang terbatas. Untuk itu data-data pengukuran biasanya setelah selesai pengukuran sebaiknya dicetak menggunakan printer agar ada ruang kosong untuk penyimpanan data pengukuran yang baru. Selain itu, dengan mencetak hasil pengukuran, lebih mudah untuk membacanya, bisa dibawa dan mudah diarsip meskipun memakan tempat (Made Yudistira, 2003).

Setelah pengujian selesai, OTDR menyajikan dua bentuk hasil pengujian. Yang pertama adalah gambar grafik garis sedangkan yang kedua berupa tabel *event*. Secara langsung, dengan grafik garis, kita dimudahkan untuk melihat keadaan suatu serat secara keseluruhan dengan mudah. Namun untuk mengetahui secara detail estimasi rugi-rugi atau nilai-nilai yang ada, informasinya disajikan dalam bentuk tabel. Jadi kedua data menjelaskan satu sama lain (Made Yudistira, 2003).

Tampilan grafik pengukuran secara umum merupakan gambar garis yang naik turunnya ditentukan dari keadaan medium yang dilewati. Rugi-rugi dapat dihitung dengan membandingkan jarak yang ditempuh dengan penurunan daya optik yang disalurkan. Adanya garis yang miring dari kiri atas ke kanan bawah menunjukkan dengan adanya efek hamburan *Rayleigh scattering* dan rugi-rugi lainnya sehingga tampilan grafiknya memiliki kemiringan. Rugi-rugi menyebabkan penurunan daya optik yang bisa dipancarkan. Semakin miring grafik berarti perbandingan penurunan daya optik dengan jarak yang ditempuh semakin besar, yang berarti kualitas fiber buruk (Made Yudistira, 2003).

Berikut gambaran tampilan grafik garis secara umum:



Gambar 3.4 Tampilan grafik secara umum

Serat optik yang masih baik, grafik yang ditampilkan adalah sebagai garis yang miring ke kanan dengan gradient atau kemiringan yang kecil. Rugi-rugi yang dikategorikan masih baik adalah kurang dari 0.3 dB/km untuk $\lambda=1550$ nm, yang berarti tiap 1 km serat optik, daya yang hilang sebesar 0,3 dB. Dari gambar 3.4 dapat dijelaskan hal-hal sebagai berikut (Made Yudistira, 2003) :

1. Sumbu X grafik : menunjukkan panjang serat optik dalam satuan kilometer (km) dari titik pengukuran.
2. Sumbu Y grafik : menunjukkan daya atau kekuatan optik yang diterima OTDR dalam satuan desibel (dB).

3. Titik A : menunjukkan titik awal sinar dari alat ukur masuk ke serat optik. Tampilan berbentuk grafik impuls yang naik secara tajam dengan amplitudo kenaikan yang tinggi, lalu turun secara drastis pula namun amplitudonya kecil. Hal ini terjadi karena adanya refleksi fresnel. Sinar yang masuk akan diteruskan dan dipantulkan sebagian karena mengenai permukaan konektor akibat adanya celah udara. Untuk lebih jelasnya refleksi fresnel dibahas pada bab teori dasar serat optik
4. Titik B : menunjukkan jarak titik akhir ujung serat optik. Tampilan mirip dengan titik awal namun bentuk pulsa yang besar karena terjadi refleksi fresnel dengan udara sehingga setelah grafik naik drastis, turunnya grafik drastis pula bahkan mendekati titik terendah..
5. Titik C : menunjukkan konektor yang dilewati saat pengukuran ataupun titik sambung secara mekanis, bukan secara fusi. Grafiknya ditunjukkan dengan adanya kenaikan lalu penurunan tiba-tiba, hanya saja tidak sampai jatuh turunnya. Hal ini terjadi karena refleksi fresnel sehingga sebagian cahaya terpantul dan diterima OTDR.
6. Titik D : bisa menunjukkan suatu titik sambung atau *bending* pada bagian serat optik. Karena rugi-rugi seperti ini sama-sama bisa diakibatkan titik sambung maupun *bending*, sehingga perlu dilakukan analisa dengan melihat grafik hasil uji pada *core* yang lain.
7. Kotak-kotak segienam dibawah sumbu X : menunjukkan adanya *event-event* dimana terjadi perubahan daya sinyal yang sekiranya patut dicermati pada suatu jarak tertentu (dalam km). Sensitifitas penandaan ditentukan pada

pengaturan *splice threshold*. Untuk *event* yang berwarna hitam menunjukkan bahwa kursor sedang menunjuk ke *event* yang ditunjuk dan perhitungan pada kotak di atas grafik (A-B), akan berubah menyesuaikan nilai yang terdapat pada *event*.

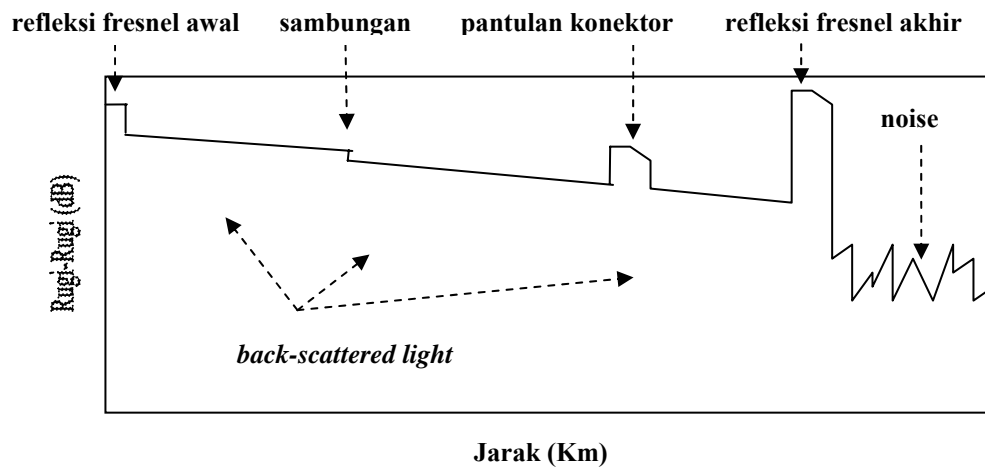
8. Grafik vertikal pada grafik : merupakan kursor atau penanda. Dengan kursor maka kita dapat mengetahui secara detail jarak suatu garis atau kurva yang ingin kita amati pada grafik. Bila itu suatu *event*, maka kita dapat mengetahui jaraknya tanpa melihat kabel. Kursor dapat diubah sesuai keinginan menggunakan tombol arah pada OTDR.
9. Kotak di atas grafik : menunjukkan jarak antara titik yang diukur (ditunjuk oleh kursor), total rugi-rugi antar titik tersebut (dB), dan rata-rata rugi-rugi per satuan panjang (dB/km). Sedang kotak disampingnya menunjukkan *level* tegangan *supply* OTDR.
10. Data grafik pasti disertai dengan data tabel. Fungsi data tabel adalah memberi informasi secara detail mengenai informasi *event* yaitu jarak *event*, *slope*, rugi-rugi kumulatif (*loss cumulative*), *delta loss*, dan lain sebagainya. Juga disertai dengan tanggal dan waktu pengujian. Grafik dan tabel pengujian dipakai bersama untuk dapat menganalisa keadaan serat secara tepat dimana saling menjelaskan.

III.3.3. Analisa

Dari informasi yang sudah diperoleh berupa rekaman hasil pengukuran tersebut kita dapat dilakukan analisa. Analisa yang diperoleh yaitu dengan melihat

data berupa gambar dan tabel, kita dapat mengetahui karakteristik rugi-rugi terhadap panjang *core* yang telah diukur untuk menentukan layak atau tidak layak *core* tersebut untuk dipakai.

OTDR dapat menunjukkan lokasi kelainan fiber optik (gambar 3.5) akan tetapi, kelainan lokasi fisik sebenarnya adalah tergantung pada ketelitian dari OTDR, ketelitian indeks bias inti yang sudah dibuat oleh pabrik, dan panjang fiber di dalam kabel (Bob Chomycz, P.Eng, 1996).



Gambar 3.5 Bentuk kelainan pada grafik (Divlat PT.Telkom)

BAB IV

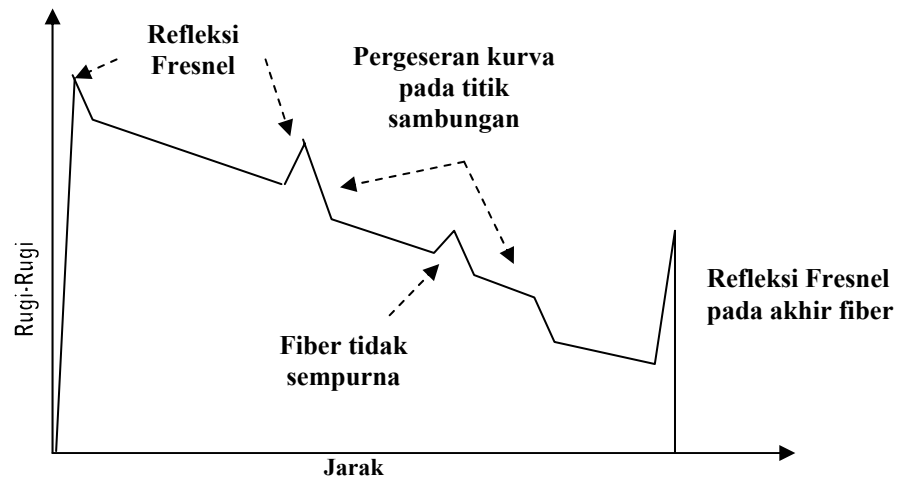
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan pada hasil penelitian kali ini adalah data yang diambil pada 4 lokasi yang berbeda dan dalam setiap lokasi diambil 3 *core* fiber optik secara random, sehingga dalam penelitian kali ini akan terdapat 12 data penelitian. Dengan kondisi data sebagai berikut :

Keterangan	Uraian
Jenis kabel serat optik	Single Mode (<i>Fiber Optic Cable Aerial</i>)
Jumlah <i>core</i> kabel	24 dan 36
Indeks bias inti (<i>core</i>)	1,4685
Transmitter : <ul style="list-style-type: none">JenisPanjang gelombang (λ)	ILD 1550 nm
Detektor <ul style="list-style-type: none">Jenis	APD

Tabel 4.1 Karakteristik Kabel Serat Optik, Transmitter dan Detektor

Pada gambar 4.1 di bawah ini adalah ciri khas hamburan yang dapat dilihat pada layar OTDR. Skala pada sumbu vertikal menunjukkan logaritma dan pengukuran refleksi balik sinyal dalam desibel. Sumbu horizontal menunjukkan jarak antara alat pengukur dengan titik yang diukur pada serat optik.



Gambar 4.1 Ciri Khas Hamburan pada Layar OTDR (Gerd Keiser, 2000)

Bentuk gelombang refleksi ini terdapat empat ciri yang membedakan :

1. Pulsa pada awal dihasilkan dari Refleksi Fresnel pada bagian ujung input fiber.
2. Redaman pada bagian awal dihasilkan dari hamburan *Rayleigh* pada arah balik seperti pada pulsa input yang merambat sepanjang fiber.
3. Pergeseran dalam kurva disebabkan oleh rugi-rugi optik pada penghubung atau konektor pada fiber.
4. Ujung yang runcing dari Refleksi Fresnel pada bagian ujung akhir fiber, sambungan, dan fiber yang tidak sempurna.

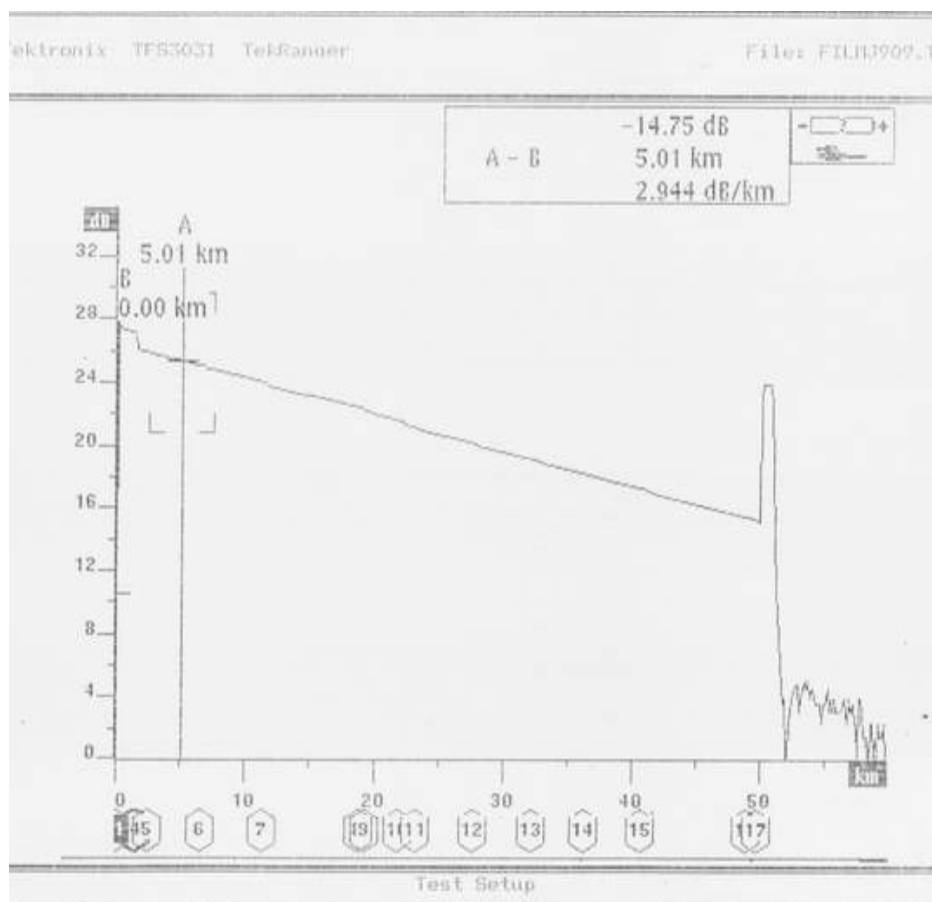
Pada pengukuran ini dihasilkan dua buah jenis data yaitu grafik dan data berupa tabel. Gambar 4.2 s/d 4.4 diterangkan pada lampiran 1, gambar 4.5 s/d 4.7 diterangkan pada lampiran 2, gambar 4.8 s/d 4.10 diterangkan pada lampiran 3, dan gambar 4.11 s/d 4.13 diterangkan pada lampiran 4. Terdapat data yang tidak ada tabelnya pada nomor *core* 11 rute Mojosoongo-Toroh, hal ini terjadi karena pada gambar grafik ini tidak dijumpai adanya *event* sepanjang serat optik.

IV.1. Pengukuran Serat Optik Rute Mojosongo-Toroh

Pengukuran atenuasi serat optik rute Mojosongo-Toroh dilakukan di Sentral Telepon Otomat STO Mojosongo dengan sejumlah 24 *core* serat optik diambil 3 sampel *core* secara random yaitu nomor *core* 9, 11 dan 12.

1. Nomor Core 9

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 9 :



Gambar 4.2 Grafik nomor *core* 9 Mojosongo-Toroh

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.2 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 1 a). Pengukuran tersebut menunjukkan penjalaran cahaya

dari transmitter yang berasal dari OTDR dapat menempuh sampai dengan jarak tempuh 49,760 km (lampiran 1 a pada kolom *Distance* untuk *event* 17). Terdapat 2 *event* yang dianggap mencolok yaitu pada *event* 4 dan 17, dari sejumlah 17 *event* yang ada.

Terlihat dari harga rugi-rugi bahwa serat dalam keadaan baik pada *event* 5 sampai dengan 16, tetapi masih dapat dijumpai adanya rugi-rugi meskipun berharga kecil. Hal ini bisa diakibatkan oleh adanya rugi-rugi akibat adanya sebagian karakteristik bahan maupun sebagian dari rugi-rugi transmisi. Rugi-rugi pada karakteristik bahan yaitu rugi-rugi intrinsik serat optik seperti absorpsi infra merah, absorpsi ultraviolet dan *Rayleigh Scattering*. Selain dari hal tersebut rugi-rugi yang timbul juga bisa disebabkan oleh absorpsi bahan campuran yaitu absorpsi ion OH, absorpsi logam transisi. Dijumpai adanya rugi-rugi sambungan pada *event* 4 yang terjadi pada jarak 1,696 km terhadap titik awal acuan pengukuran. Pada peristiwa ini mempunyai rugi-rugi -0,058 dB. Tanda negatif artinya terjadi proses penurunan grafik sebesar 0,058 dB. *Event* yang lain pada *event* 17 yaitu pada jarak 49,760 km terhadap titik awal acuan pengukuran mempunyai rugi-rugi 11,118 dB. Nilai 11,118 dB ini artinya terjadi kenaikan grafik sebesar 11,118 dB dalam hal ini terjadi refleksi fresnel karena terjadi adanya perpindahan cahaya dari fiber ke konektor. Peristiwa ini terjadi karena adanya perubahan indeks bias antara fiber ke konektor yaitu adanya celah udara antara fiber dan konektor. Perubahan ini terjadi pada saat transmisi cahaya antara fiber ($n = 1,4685$) dan konektor yaitu adanya celah udara ($n = 1$). Pada *event* 17 ini juga terjadi faktor refleksi yaitu banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh

suatu peristiwa dan biasanya terjadi pada sambungan mekanis atau konektor yaitu sebesar -25,6 dB.

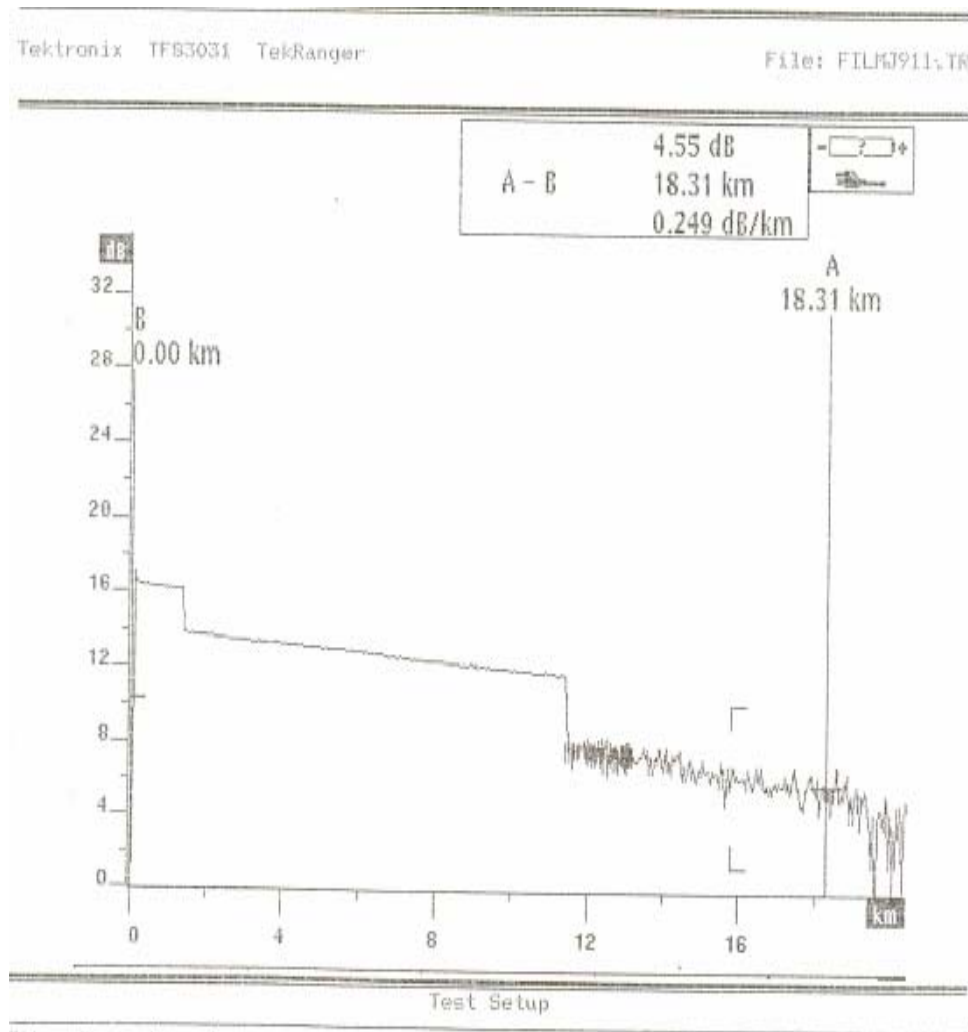
Dalam pengukuran ini akan diputuskan layak tidaknya *core* nomor 9 untuk digunakan sebagai media transmisi data telekomunikasi, begitupun dengan pengukuran *core* yang lainnya. Apabila tidak layak karena adanya gangguan berupa redaman yang tidak sesuai dengan spesifikasinya, maka *core* nomor 9 maupun nomor *core* yang lain tersebut bisa digantikan posisinya dengan *core* yang lainnya yang belum digunakan yang tentunya sudah diukur kelayakannya. Sepintas mungkin diasumsikan bahwa semakin panjang kabel, rugi-rugi redamannya semakin besar. Ternyata di lapangan tidak harus seperti itu, karena jika melihat rugi-rugi pada satu bagian tertentu (diskrit) akan sangat mungkin nilainya justru lebih besar dibandingkan bila melihatnya secara keseluruhan (kontinyu).

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 1 a pada kolom *Comulative Loss* dan *event 17*) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 21,218 dB (lampiran 6). Nilai 21,218 berasal dari rugi-rugi 26 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dalam pengukuran ini tidak terdapat adanya percabangan, sehingga untuk rugi-rugi akibat percabangan bernilai 0 dB. Untuk nilai masing-masing jenis rugi-rugi ketiganya bisa dilihat pada tabel 2.2. Sedangkan bila dilihat dari grafik OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 12,382 dB. Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (21,218

dB) dengan pengukuran OTDR (12,382 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 9 layak pakai sebagai media transmisi.

2. Nomor Core 11

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 11 :



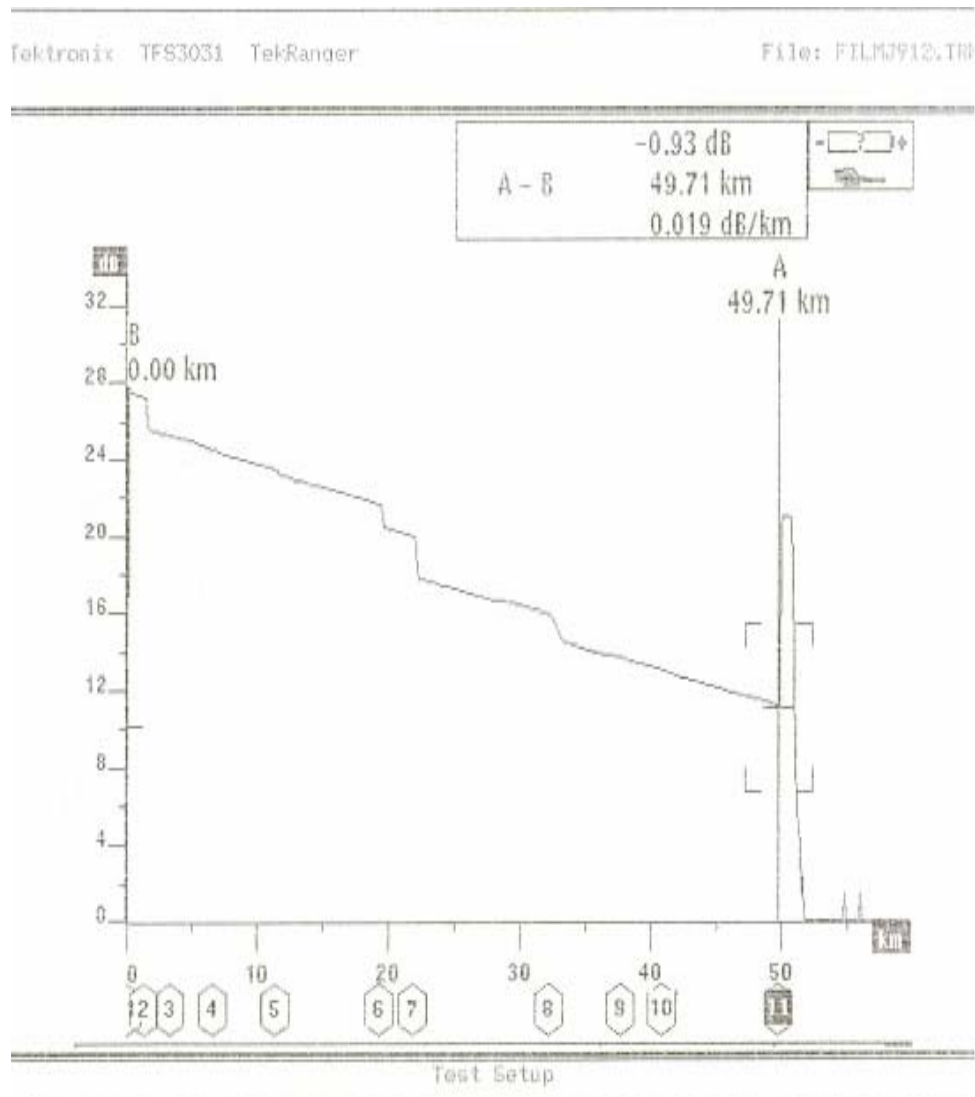
Gambar 4.3 Grafik nomor *core* 11 Mojosongo-Toroh

Gambar 4.3 diatas tidak dijumpai adanya tabel *event*, sehingga kita tidak bisa menentukan apakah *core* ini layak atau tidak untuk digunakan baik secara teori maupun pengukuran dengan OTDR, karena untuk mengetahui layak

tidaknya harus dibandingkan antara hasil teori dengan hasil pengukuran dengan OTDR.

3. Nomor Core 12

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 12 :



Gambar 4.4 Grafik nomor core 12 Mojosoongo-Toroh

Penjelasan Gambar 4.4 di atas (lampiran 1 b) terdapat 11 *event*. *Event-event* yang menonjol yaitu pada *event* 2, 6, 7, 8, dan 11.

Event 2,6,7, dan 8 yaitu berturut-turut dengan jarak 1,321 km, 19,239 km, 21,836 km, dan 32,143 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 1,842 dB, 1,175 dB, 2,096 dB, dan 1,228 dB karena adanya rugi-rugi sambungan (*splice loss*). Sedangkan pada *event* 11 yaitu *event* terakhir terjadi adanya refleksi fresnel.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 1 b pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 11) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 21,218 dB (lampiran 6). Nilai 21,1343 berasal dari rugi-rugi 26 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Rugi-rugi akibat percabangan bernilai 0 dB karena tidak ada percabangan begitupun dengan pengukuran *core* yang lain dalam penelitian ini. Dari hasil pengukuran pada grafik OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 16,447 dB. Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (21,1343 dB) dengan pengukuran OTDR (16,447 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 11 layak pakai sebagai media transmisi.

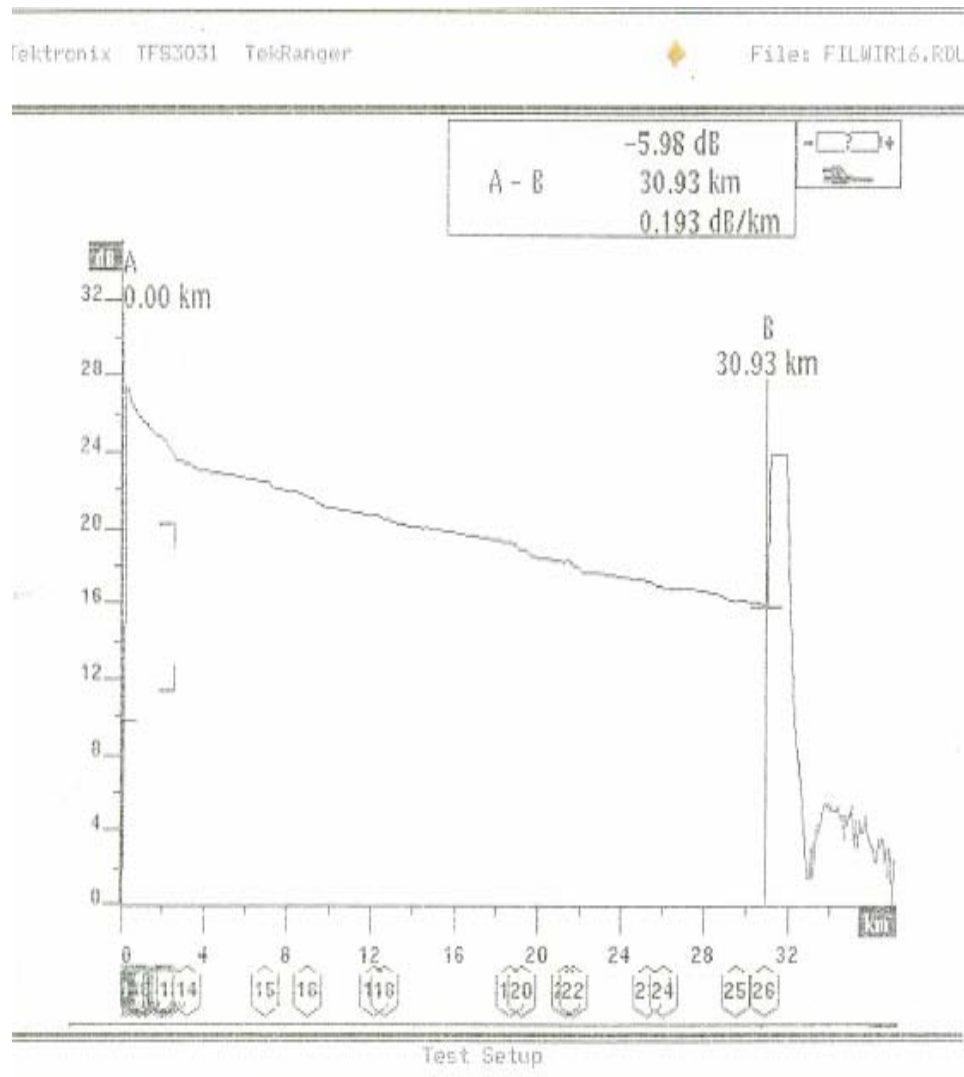
IV.2. Pengukuran Serat Optik Rute Wirosari-Randublatung

Terdapat 24 *core* serat optik pada rute Wirosari-Randublatung. Dari beberapa pengukuran *core* yang ada, diambil 2 sampel *core* secara random yaitu nomor *core* 16, dan 24. Pada nomor *core* 16 dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pertama diukur terhadap Wirosari dan pengukuran yang kedua terhadap

Randublatung karena pada nomor *core* ini putus. Sehingga didapatkan 3 buah data pengukuran.

1. Nomor *Core* 16 terhadap Wirosari

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 16 :



Gambar 4.5 Grafik nomor core 16 Wirosari-Randublatung

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.5 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 2 a). Nomor *core* 16 ini diukur dari Wirosari ke arah

Randublatung. Pada gambar tersebut terdapat sejumlah 26 *event*. *Event* 7, 10, 18, 24, 25, dan 26 adalah *event-event* yang terlihat menonjol.

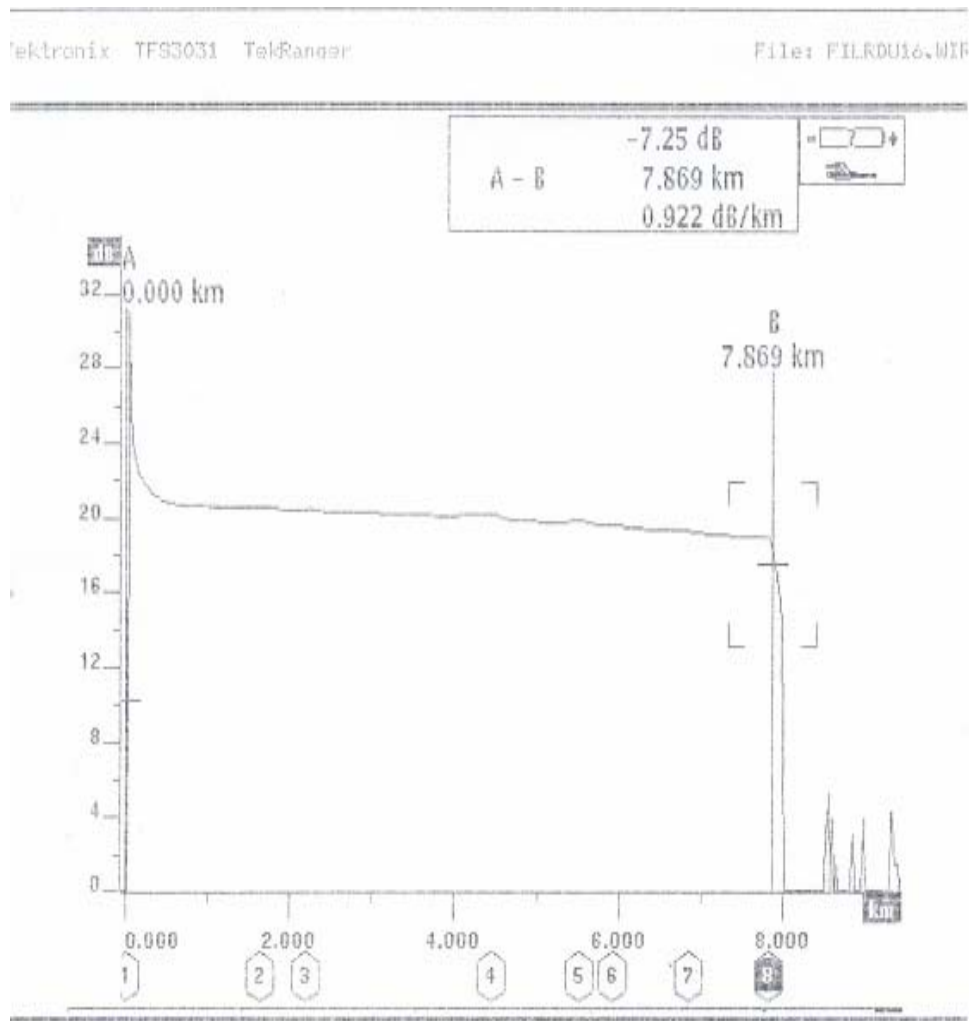
Secara umum *core* ini dalam keadaan baik, hal ini bisa dilihat pada *event* 2 sampai dengan *event* 23 dari 26 *event* yang ada dengan harga rugi-rugi yang relatif kecil bila dibandingkan dengan harga rugi-rugi pada *event-event* yang lain. *Event* 7 dan 18 yaitu dengan jarak 1,161 km dan 12,697 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 0,099 dB dan 0,157 dB. Pada *event* 10, 24, dan 26 yaitu berturut-turut dengan jarak 1,963 km dan 26,079 km, dan 30,938 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 0,119 dB dan -0,272 dB, dan 12,044. Tanda negatif pada rugi-rugi ini menunjukkan terjadi adanya grafik yang menurun. Pada *event* 10, 24, dan 26 memiliki reflektansi atau faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang dipantulkan (dB) dalam peristiwa tersebut. Besarnya reflektansi pada *event* nomor 10, 24, dan 26 berturut-turut -73,9 dB, -51,1 dB, dan -27,1 dB. Pada *event* 26 terlihat harga rugi-rugi yang cukup tinggi yaitu 12,044 dB hal ini karena terdapat rugi-rugi akibat konektor yang menghubungkan antara serat dan detektor.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 2 a pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 26) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 13,6814 dB (lampiran 6). Nilai 13,6814 berasal dari rugi-rugi 17 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada grafik OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 11,442 dB (lampiran 2 a kolom *Comulative Loss* pada *event*

26). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi kumulatif secara teori (13,6814 dB) dengan pengukuran OTDR (11,442 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 16 layak pakai sebagai media transmisi.

2. Nomor *core* 16 terhadap Randublatung

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 16 :



Gambar 4.6 Grafik nomor *core* 16 Randublatung-Wirosari

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.6 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 2 b). *Core* ini diukur terhadap Randublatung. Terdapat

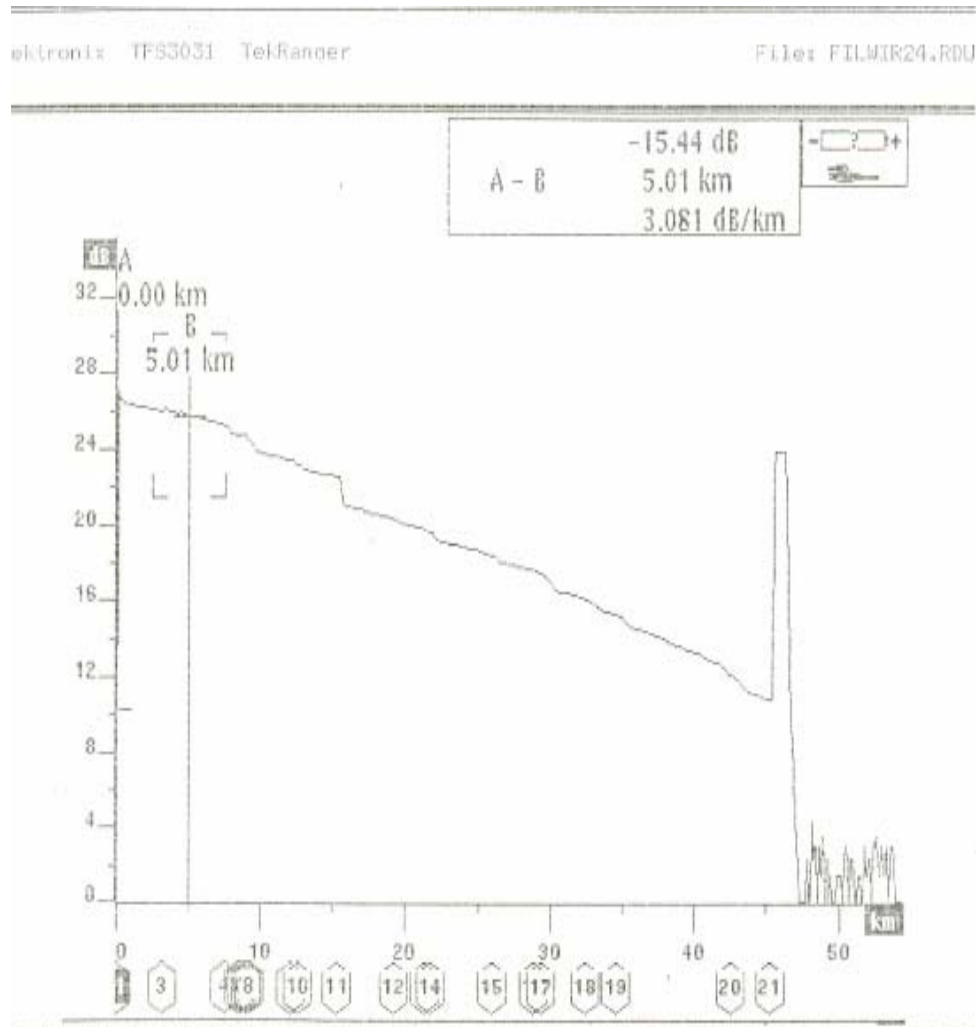
sejumlah 8 *event* pada *core* ini. *Event-event* yang menonjol yaitu pada *event* 1, 3, 6, dan 8.

Secara umum bila dilihat dari grafik yang ada, *core* ini terlihat baik apabila digunakan karena garis yang tergambar dalam grafik terlihat seperti membentuk garis lurus dengan harga rugi-rugi yang relatif kecil pada *event* dari awal hingga akhir. *Event* 3 dan 6 berturut-turut dengan jarak 2,201 km dan 5,929 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 0,302 dB dan 0,110 dB, memiliki *slope* berturut-turut -0,079 dan -0,164. Terjadi kabel yang putus atau rusak mulai pada *event* nomor 8 yaitu pada 7,834 km dengan rugi-rugi 22,758 dB, karena tampak adanya penurunan garis yang tajam sampai dengan mendekati garis titik nol dan juga terlihat adanya *nois*.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi kumulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 2 b pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 8) pada *core* ini. Rugi-rugi kumulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 4,3502 dB (lampiran 6). Nilai 4,3502 berasal dari rugi-rugi 5 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada OTDR akan didapat rugi-rugi kumulatif 3,713 dB (lampiran 2 b kolom *Comulative Loss* pada *event* 8). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugikumulatif secara teori (4,3502 dB) dengan pengukuran OTDR (3,713 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 16 ini layak pakai sebagai media transmisi.

3. Nomor core 24

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 24 :



Gambar 4.7 Grafik nomor *core* 24 Wirosari-Randublatung

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.7 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 2 c). Pada tabel terdapat sejumlah 21 *event* pada *core* ini. Dari sejumlah 21 *event* yang ada terdapat *event-event* yang menonjol yaitu pada *event* 1, 2, 3, 5, dan 21.

Pada *event* 2 dan 3 berturut-turut dengan jarak 0,058 km dan 3,189 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi -0,195 dB dan -0,166 dB. Tanda negatif pada rugi-rugi berarti terjadi penurunan grafik. Kedua *event* ini memiliki reflektansi atau faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang dipantulkan (dB) dalam peristiwa tersebut. Besarnya reflektansi pada *event* 2 dan 3 berturut-turut -75,4 dB, dan -74,6 dB.

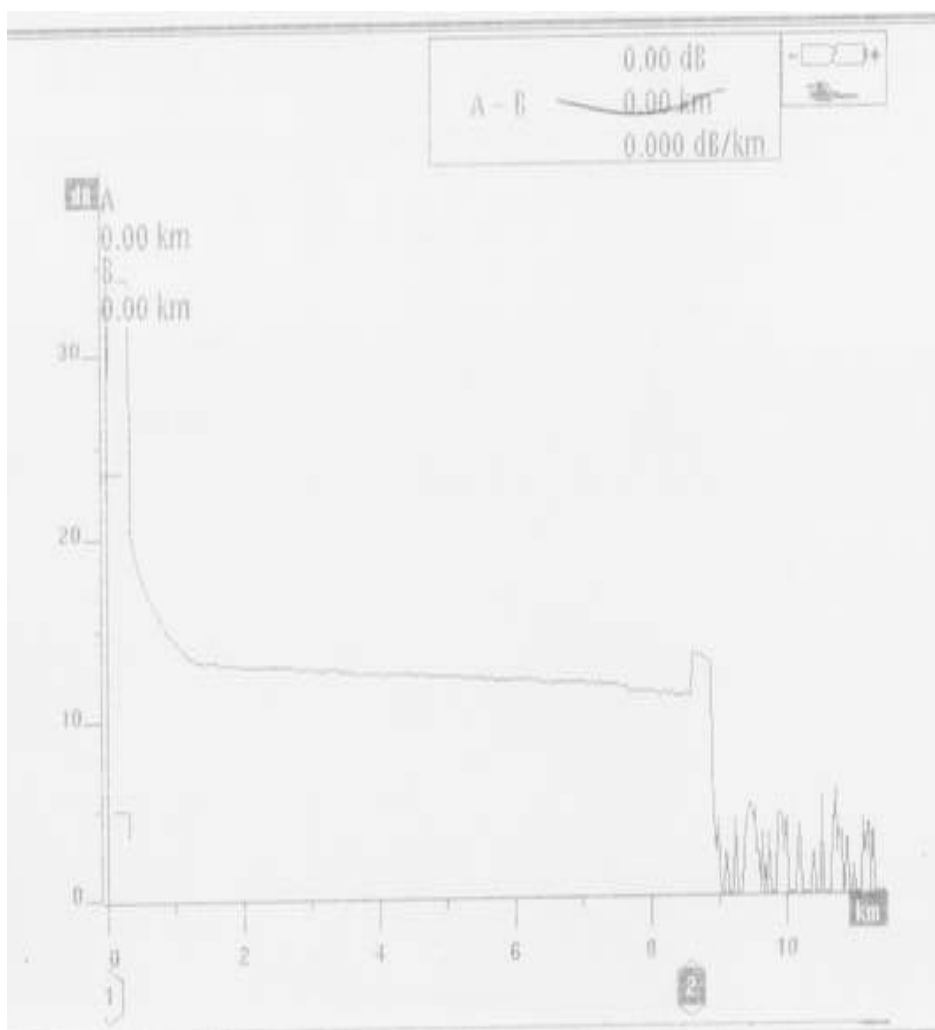
Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 2 c pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 21) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 19,393 dB (lampiran 6). Nilai 19,393 berasal dari rugi-rugi 24 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer. Dari hasil pengukuran pada OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 15,922 dB (lampiran 2 c kolom *Comulative Loss* pada *event* 21). Dari harga perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (19,393 dB) dengan pengukuran OTDR (15,922 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 24 layak pakai sebagai media transmisi. Meskipun *core* ini layak pakai sebagai media transmisi tetapi kurang begitu baik hal ini karena garis pada grafik yang terbentuk miring agak curam, begitu juga apabila *core* terbentuk garis miring curam kurang baik bila digunakan.

IV.3. Pengukuran Serat Optik Rute Kartosuro-Delanggu (Sawit)

Kabel optik yang diukur dalam pengukuran ini terdapat 36 *core* serat optik. Dari beberapa pengukuran *core* yang ada, diambil 3 sampel *core* secara random yaitu nomor *core* 3,8, dan 10.

1. Nomor Core 3

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 3 :



Gambar 4.8 Grafik nomor core 3 Kartosuro-Delanggu

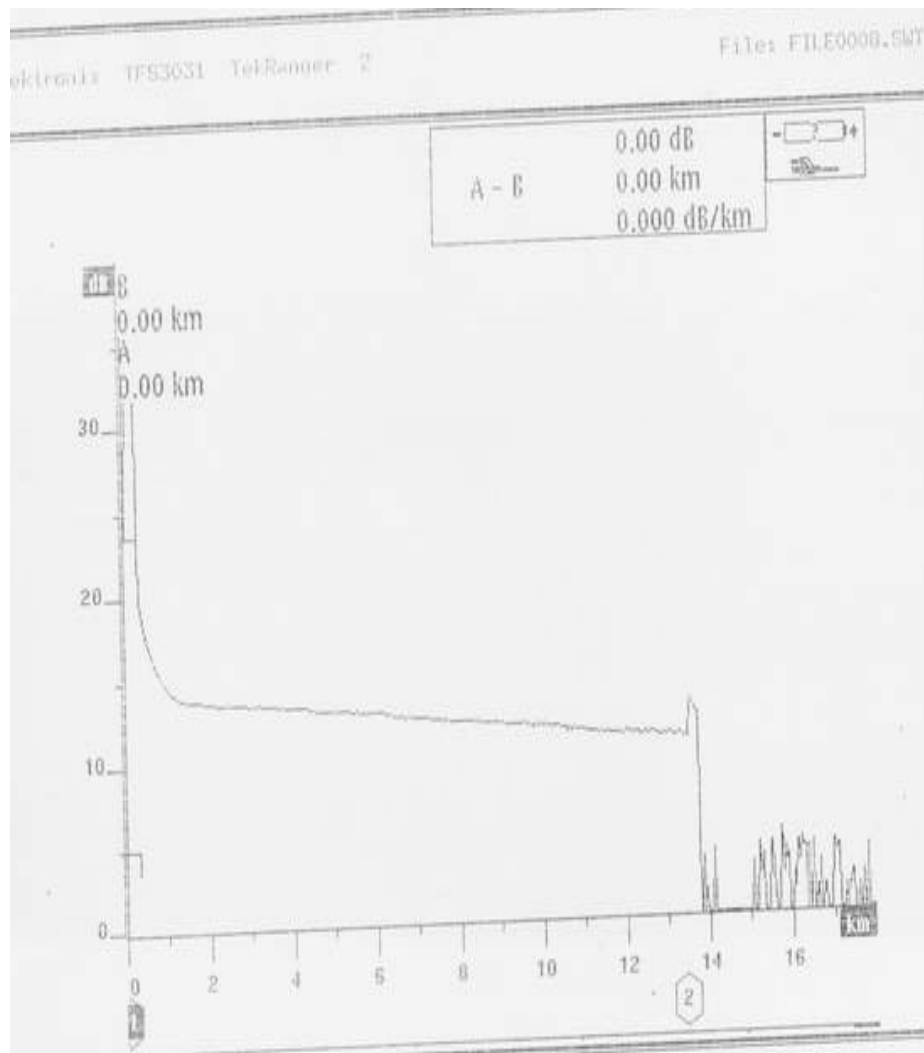
Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.8 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 3 a). Terdapat sejumlah 2 *event* pada *core* ini yaitu *event* 1 dan 2. Pengukuran dilakukan dari Kartosuro ke arah Delanggu.

Pada *event* 1 dan 2 berturut-turut dengan jarak 0 km dan 8,573 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 7,058 dB dan 8,878 dB. Kedua *event* ini memiliki reflektansi atau faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang dipantulkan (dB) dalam peristiwa tersebut. Besarnya reflektansi pada *event* nomor 1 dan 2 berturut-turut -26,6 dB, dan -45,1 dB. Faktor refleksi biasa terjadi pada sambungan mekanis, konektor, dan refleksi fresnel. Diatas jarak 9 kilometer terhadap titik acuan (0,0) maka akan dijumpai adanya *nois* yang bisa disebabkan pada bagian akhir serat terjadi gangguan berupa pemotongan serat yang tidak baik.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 3 a pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 2) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 4,7719 dB (lampiran 6). Nilai 4,7719 berasal dari rugi-rugi 6 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilomernya untuk $\lambda=1550$ nm. Dari hasil pengukuran pada OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 5,523 dB (lampiran 3 a kolom *Comulative Loss* pada *event* 2). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (4,7719 dB) dengan pengukuran OTDR (5,523 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 3 tidak layak pakai sebagai media transmisi.

2. Nomor core 8

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 8 :



Gambar 4.9 Grafik nomor *core* 8 Kartosuro-Delanggu

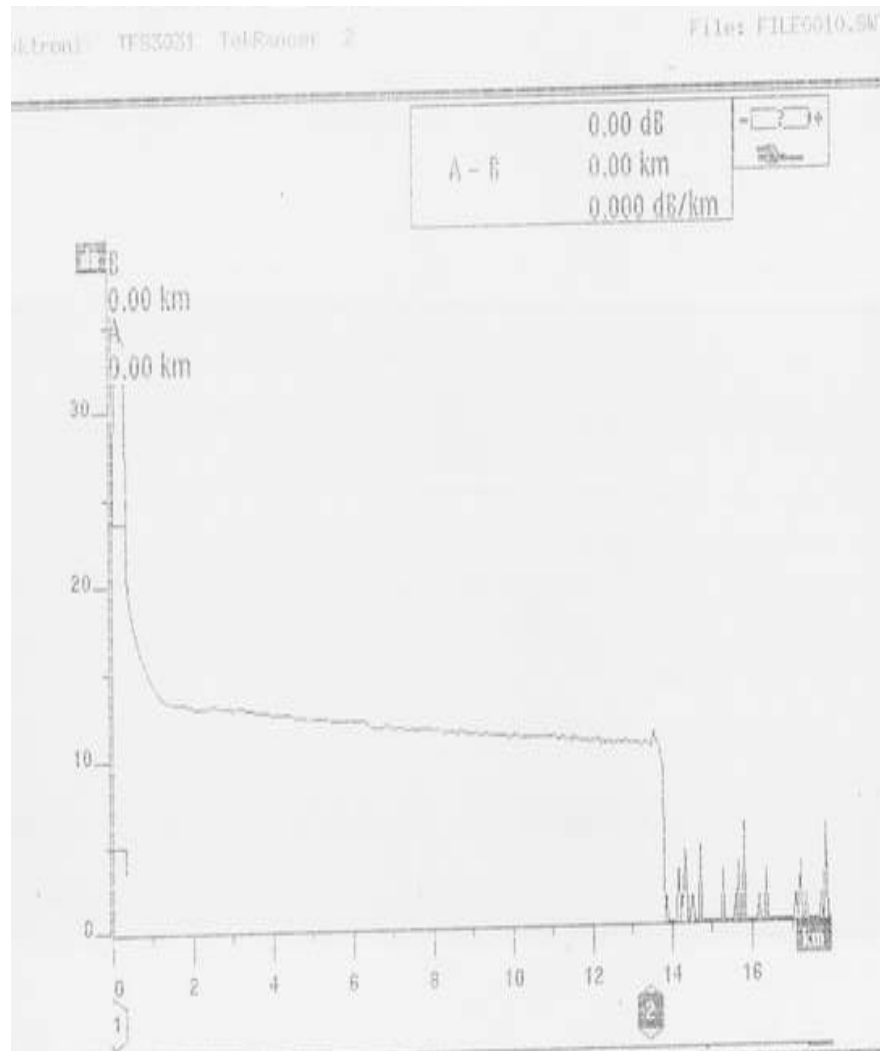
Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.9 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 3 b). Lokasi yang akan dibangun jaringan telekomunikasi berada di Sawit. Data ini diukur terhadap Kartosuro atau dengan kata lain gambar ini diukur dari Kartosuro ke arah Delanggu. Pada gambar tersebut terdapat sejumlah 2 *event* yaitu *event* 1 dan 2.

Pada *event* 1 dan 2 berturut-turut dengan jarak 0 km dan 13,432 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 8,456 dB dan 10,671 dB. Kedua *event* ini memiliki reflektansi atau faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang dipantulkan (dB) dalam peristiwa tersebut. Besarnya reflektansi pada *event* nomor 1 dan 2 berturut-turut -27,2 dB, dan -45,4 dB yang bisa terjadi pada sambungan mekanis, konektor, dan refleksi fresnel tetapi jarang pada sambungan secara fusi atau peleburan. Pada jarak 14 kilometer ke atas diukur terhadap titik acuan (0,0) maka akan kita lihat adanya *nois* yang bisa disebabkan pada bagian akhir serat yang terjadi adanya gangguan baik berupa pemotongan yang tidak sempurna maupun sebab yang lainnya.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi kumulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 3 b pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 2) pada *core* ini. Rugi-rugi kumulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 6,6296 dB (lampiran 6). Nilai 6,6296 berasal dari rugi-rugi 8 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada OTDR akan didapat rugi-rugi kumulatif 4,595 dB (lampiran 3 b kolom *Comulative Loss* pada *event* 2). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi kumulatif secara teori (6,6296 dB) dengan pengukuran OTDR (4,595 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 8 tidak layak pakai sebagai media transmisi.

3. Nomor core 10

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 10 :



Gambar 4.10 Grafik nomor *core* 10 Kartosuro-Delanggu

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.10 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 3 c).

Pada *event* 1 dan 2 berturut-turut dengan jarak 0 km dan 13,432 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 11,304 dB dan 10,345 dB. Kedua *event* ini memiliki reflektansi atau faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang

dipantulkan. Besarnya reflektansi pada pada *event* nomor 1 dan 2 berturut-turut -26,8 dB, dan -51,1 dB.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 3 c pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 2) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (persamaan 2.11) didapatkan 6,6296 dB (lampiran 6). Nilai 6,6296 berasal dari rugi-rugi 8 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 2,086 dB (lampiran 3 b kolom *Comulative Loss* pada *event* 2). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (6,6296 dB) dengan pengukuran OTDR (2,086 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 10 tidak layak pakai sebagai media transmisi.

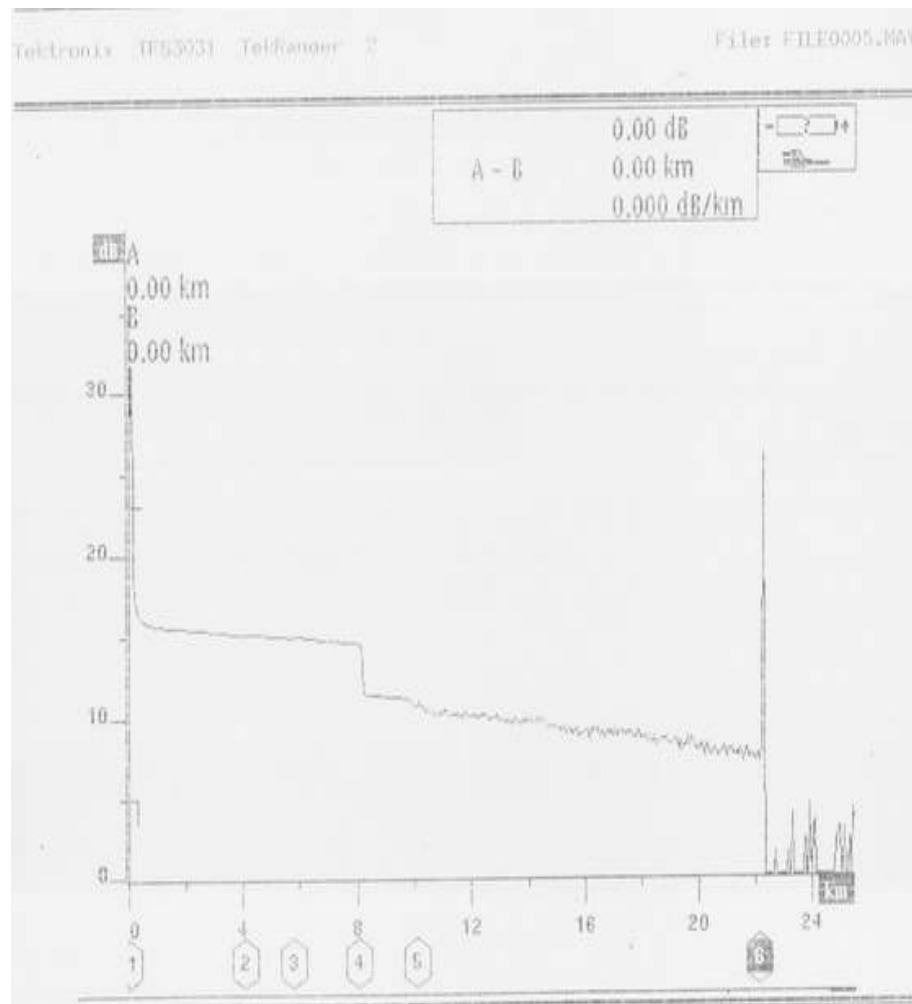
Bila diperhatikan dari ketiga pengukuran tersebut untuk pengukuran rute Kartosuro-Delanggu memiliki karakteristik bentuk *core* yang hampir sama, hal ini karena ketiganya terletak dalam 1 kabel optik dan bisa dikatakan ideal.

IV.4. Pengukuran Serat Optik Rute Pecangaan-Kudus (Mayong)

Dalam pengukuran serat optik rute Pecangaan-Kudus pengukuran dilakukan di STO Pecangaan dengan kabel terdapat 24 *core* serat optik. Dari beberapa pengukuran *core* yang ada, diambil 3 sampel *core* secara random yaitu nomor *core* 5,6, dan 8.

1. Nomor Core 5

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core 5* :



Gambar 4.11 Grafik nomor *core 5* Pecangaan-Kudus

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.11 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 4 a).

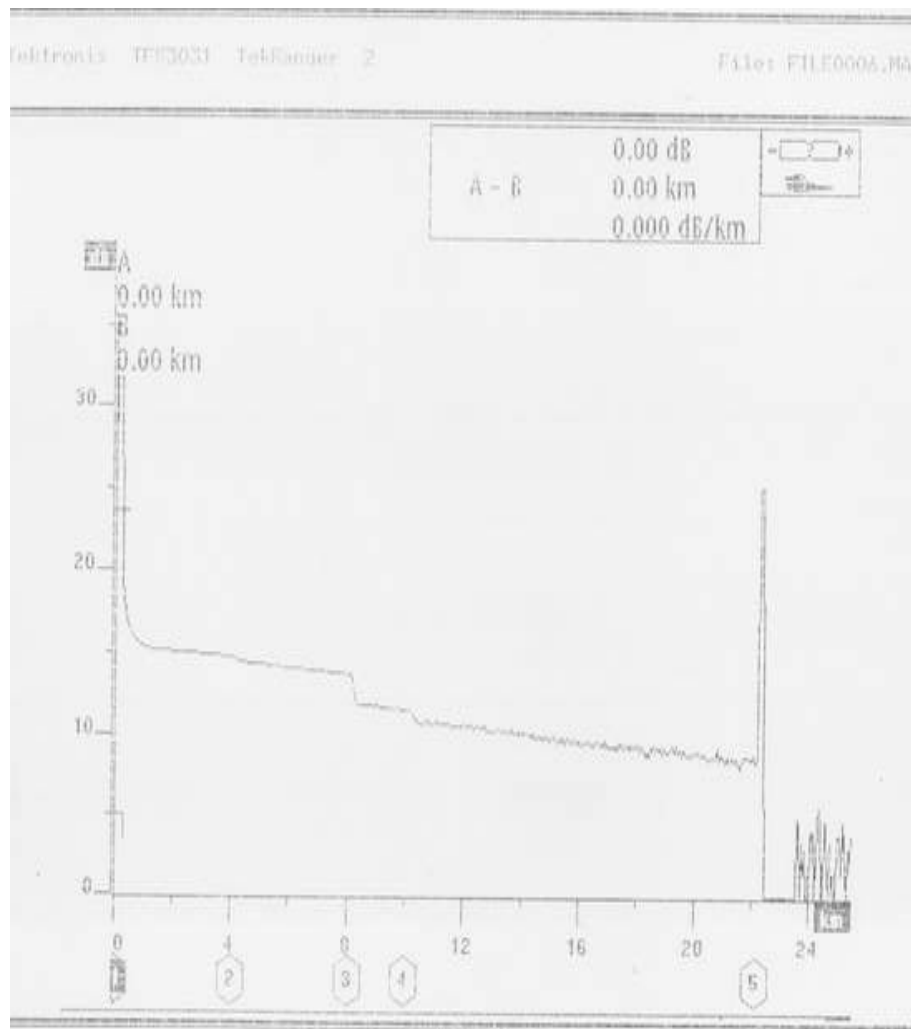
Event 1 dan *2* berturut-turut dengan jarak 0 km dan 4,082 km terhadap titik (0,0) berturut-turut terjadi rugi-rugi 6,353 dB dan -0,136 dB. Tanda negatif artinya bahwa pada rugi-rugi tersebut terjadi penurunan grafik. Kedua *event* ini

memiliki reflektansi atau faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang dipantulkan (dB) dalam peristiwa tersebut. Besarnya reflektansi pada *event* nomor 1 dan 2 berturut-turut -31,6 dB, dan -67,1 dB. Tanda negatif pada *event* ini artinya bahwa cahaya dipantulkan kembali. Pada *event* 3 yaitu pada jarak 5,762 km terhadap titik awal (0,0) memiliki rugi-rugi -0,098 dB. Tanda negatif pada rugi-rugi ini berarti terjadi penurunan grafik. Pada *event* 4 terjadi *splice point* atau sambungan pada jarak 8,052 km dengan rugi-rugi yang cukup tinggi yaitu 2,921 dB. Diantara *event* 5 sampai dengan 6 yaitu antara jarak 10,080 km sampai dengan 22,149 km terlihat bahwa terdapat adanya rugi-rugi yang diakibatkan oleh serat itu sendiri (*intrinsic loss*). Terdapat garis diatas *event* 6 yaitu diatas jarak 22,149 km terjadi adanya *nois* yaitu gangguan pada akhir sebuah serat yang bisa diakibatkan oleh pemotongan serat yang kurang sempurna. Pada *event* 6 yaitu pada jarak 22,149 km terhadap titik awal acuan pengukuran mempunyai rugi-rugi 7,307 dB. Pada nilai 7,307 dB ini artinya mempunyai tanda positif dan terjadi kenaikan grafik sebesar 7,307 dB dalam hal ini terjadi refleksi fresnel karena terjadi adanya perpindahan cahaya dari fiber ke konektor. Peristiwa ini terjadi karena adanya perubahan indeks bias antara fiber ke konektor yaitu adanya celah udara antara fiber dan konektor. Perubahan ini terjadi pada saat transmisi cahaya antara fiber ($n = 1,4685$) dan konektor yaitu adanya celah udara ($n = 1$). Pada *event* ini terjadi faktor refleksi yaitu banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh suatu peristiwa dan biasanya terjadi pada sambungan mekanis atau konektor yaitu sebesar -18,3 dB.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 4 a pada kolom *Comulative Loss* dan *event 6*) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 10,2447 dB (lampiran 6). Nilai ini berasal dari rugi-rugi 13 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada grafik OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 8,875 dB (lampiran 4 a kolom *Comulative Loss* pada *event 6*). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (10,2447 dB) dengan pengukuran OTDR (8,875 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core 5* layak pakai sebagai media transmisi.

2. Nomor core 6

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core 6* :



Gambar 4.12 Grafik nomor *core 6* Pecangaan-Kudus

Untuk keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.12 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 4 b).

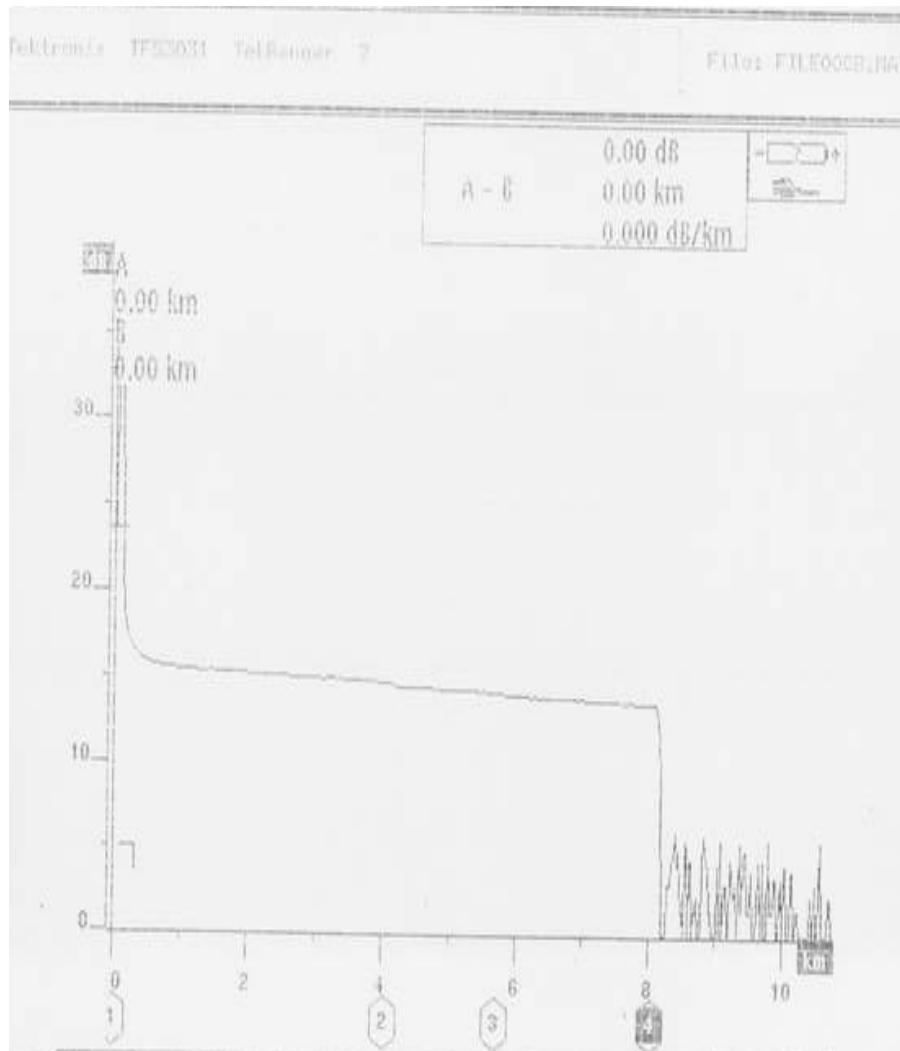
Pada *event 1* yaitu pada jarak 0 km terhadap titik awal acuan pengukuran mempunyai rugi-rugi 8,434 dB. Pada nilai 8,434 dB ini artinya mempunyai tanda positif dan terjadi kenaikan grafik sebesar 8,434 dB dalam hal ini terjadi refleksi

fresnel karena terjadi adanya perpindahan cahaya dari fiber ke konektor. Peristiwa ini terjadi karena adanya perubahan indeks bias antara fiber ke konektor yaitu adanya celah udara antara fiber dan konektor. Perubahan ini terjadi pada saat transmisi cahaya antara fiber ($n = 1,4685$) dan konektor yaitu adanya celah udara ($n = 1$). Pada *event* ini terjadi faktor refleksi yaitu banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh suatu peristiwa dan biasanya terjadi pada sambungan mekanis atau konektor yaitu sebesar $-28,7$ dB. *Splice point* atau sambungan pada jarak $8,052$ km dengan rugi-rugi yang cukup tinggi yaitu $1,723$ dB ada pada *event* 3. Daerah antara *event* 4 sampai dengan 5 yaitu antara jarak $10,080$ km sampai dengan $22,149$ km terlihat bahwa terdapat adanya rugi-rugi yang diakibatkan oleh serat itu sendiri (*intrinsic loss*). Untuk *event* 5 yaitu diatas jarak $22,149$ km terjadi adanya *nois* yaitu gangguan pada akhir sebuah serat yang bisa diakibatkan oleh pemotongan serat yang kurang sempurna. Pada *event* 5 yaitu pada jarak $22,149$ km terhadap titik awal acuan pengukuran mempunyai rugi-rugi $8,406$ dB. Pada nilai $8,406$ dB ini artinya mempunyai tanda positif dan terjadi kenaikan grafik sebesar $8,406$ dB dalam hal ini terjadi refleksi fresnel karena terjadi adanya perpindahan cahaya dari fiber ke konektor. Peristiwa ini terjadi karena adanya perubahan indeks bias antara fiber ke konektor yaitu adanya celah udara antara fiber dan konektor. Perubahan ini terjadi pada saat transmisi cahaya antara serat atau fiber ($n = 1,4685$) dan konektor yaitu adanya celah udara ($n = 1$). Pada *event* ini terjadi faktor refleksi yaitu banyaknya cahaya yang dipantulkan oleh suatu peristiwa dan biasanya terjadi pada sambungan mekanis atau konektor yaitu sebesar $-16,5$ dB.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi komulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 4 b pada kolom *Comulative Loss* dan *event 6*) pada *core* ini. Rugi-rugi komulatif secara teori (dari persamaan 2.11) didapatkan 10,2447 dB (lampiran 6). Nilai ini berasal dari rugi-rugi 13 sambungan, 2 konektor, dan rugi-rugi maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada OTDR akan didapat rugi-rugi komulatif 6,641 dB (lampiran 4 b kolom *Comulative Loss* pada *event 5*). Dengan melihat perbandingan antara rugi-rugi komulatif secara teori (10,2447 dB) dengan pengukuran OTDR (6,641 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 6 layak pakai sebagai media transmisi.

3. Nomor *core* 8

Berikut ini adalah gambar grafik nomor *core* 8 :



Gambar 4.13 Grafik nomor *core* 8 Pecangaan-Kudus

Keterangan besarnya nilai rugi-rugi gambar 4.13 di atas, diterangkan pada tabel (lampiran 4 c). Lokasi yang akan dibangun jaringan telekomunikasi berada di Mayong. Data ini diukur terhadap Pecangaan atau dengan kata lain gambar ini diukur dari Pecangaan ke arah Kudus. Pada gambar tersebut terdapat sejumlah 4 *event*. *Event* 1 dan 4 adalah *event* yang menonjol dari 4 *event* yang ada.

Event 1 yaitu pada jarak 0 km terhadap titik awal acuan pengukuran (0,0) mempunyai rugi-rugi 8,397 dB atau terjadi kenaikan grafik sebesar 8,397 dB yang bisa diakibatkan oleh refleksi fresnel karena terjadi adanya perpindahan cahaya dari fiber ke konektor. Pada *event* ini terjadi faktor refleksi yaitu adanya cahaya yang dipantulkan oleh suatu peristiwa dan biasanya terjadi pada sambungan mekanis atau konektor yaitu sebesar -31,6 dB. Terlihat adanya serat yang putus atau rusak pada *event* nomor 4 yaitu pada jarak 8,053 km terdapat rugi-rugi sebesar 10,821 dB.

Telah dibandingkan antara rugi-rugi kumulatif secara teori (lampiran 6) dengan hasil pengukuran OTDR (lampiran 4 c pada kolom *Comulative Loss* dan *event* 4) pada *core* ini. Rugi-rugi kumulatif secara teori (persamaan 2.11) didapatkan 4,6159 dB (lampiran 6). Nilai ini berasal dari rugi-rugi 6 sambungan, 2 konektor, dan *loss* maksimal setiap kilometer untuk $\lambda = 1550$ nm (rugi-rugi intrinsik). Dari hasil pengukuran pada OTDR akan terlihat nilai rugi-rugi kumulatif 1,627 dB (lampiran 4 c kolom *Comulative Loss* pada *event* 4). Apabila dilihat perbandingan antara rugi-rugi kumulatif secara teori (4,6159 dB) dengan pengukuran OTDR (1,627 dB) dapat disimpulkan bahwa serat optik dengan nomor *core* 8 layak pakai sebagai media transmisi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dari Studi Pengukuran Rugi-Rugi Serat Optik Pada Empat Rute STO di Jawa Tengah dengan menggunakan OTDR Tektronix *type* TekRanger TFS3031 dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Serat optik yang layak dioperasikan adalah pada nomer *core* 9 dan 12 pada rute Mojosongo-Toroh, 8 dan 10 pada rute Kartosuro-Delanggu serta semua nomor *core* 16 dan 24 Wirosari-Randublatung dan semua nomor *core* 5, 6, dan 8 Pecangaan-Kudus.
2. Serat optik yang tidak layak dioperasikan adalah pada nomer *core* 3 pada rute Kartosuro-Delanggu.
3. Serat optik yang tidak bisa diketahui nilai kelayakannya yaitu pada nomor *core* 11 rute Mojosongo-Toroh.
4. Jika rugi-rugi hasil pengukuran di lapangan (rugi-rugi komulatif pada OTDR) ternyata lebih kecil dari rugi-rugi secara teoritis maka rute tersebut layak untuk dioperasikan, begitu sebaliknya.

V.2. Saran

Saran yang dapat diajukan berkenaan dengan analisa hasil percobaan dan kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Kepada PT. Telkom KANDATEL Solo seyogyanya bisa memperkecil rugi-rugi yang terdapat pada bagian awal dan akhir serat yaitu di setiap STO, karena penulis melihat pada gambar grafik secara umum menunjukkan ternyata rugi-rugi yang paling besar terjadi pada bagian tersebut yang mana bisa ditekan lagi, sehingga transmisi data lebih sempurna dan valid, mengingat komunikasi serat optik merupakan jasa yang digunakan bersama oleh banyak pihak.
2. Kinerja komunikasi serat optik, dipengaruhi oleh faktor rugi-rugi yang terjadi pada media serat optik, sehingga perlu diperhatikan agar saat pemasangan, penyambungan, dan pengukuran kondisi serat dilakukan sesuai prosedur yang ada untuk mengurangi kesalahan yang dapat ditimbulkan dari proses tersebut sehingga rugi-rugi bisa lebih ditekan agar menjadi lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Made Yudistira, 2003: Komunikasi Serat Optik di PT. Telekomunikasi Indonesia
KADISTEL Solo, Surabaya

Thomas Sri Widodo, 1995: Komunikasi Serat Optik, Andi Offset, Yogyakarta

Bob Chomycz, 1996: Fiber Optik Installation, McGraw-Hill, New York

M. Syamsul Hadi, 2003: Penentuan Rugi-Rugi Sistem Komunikasi Serat Optik
antara Sentral Telepon Otomat (STO) Gladak Sampai STO Karanganyar,
Surakarta.

Anonim: Teknik Penyambungan dan Pengukuran Kabel Fiber Optik, Divlat PT.
Telkom Indonesia

Anonim: Pengantar Sistem Komunikasi Optik, Divlat PT Telkom Indonesia.

Anonim, 2005: [http:// www.atecorp.com/Equipment/Tek/TFS3031.jpg](http://www.atecorp.com/Equipment/Tek/TFS3031.jpg).

Ananim, 2003: Memilih Kabel Jaringan Serat Optik, Hal. 158

Gerd Keiser, 2000: Optical Fiber Communication, 3rd edition, Mc Graw-Hill,
United States of America

Anonim, 2005: Tektronix TFS3031 technical specification, <http://www.navicpmart.com/estore/productstmp.cfm/s/F13C7D31CFCB1936E034080020B4BBE144968107/v/0012E2E2Fsearch2Fspec2EcfmOTDRTEKTFS3031used7C64.html>.

Lampiran 1 : Data Tabel Hasil Pengukuran OTDR Mojosongo-Toroh

a). Nomor core 9 dari 24 core, diukur dari Mojosongo

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss (dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	0.499	(n/a)	0	0.005	0	+/- 0.02	(n/a)	+/- 0.002	(n/a)
2	1.321	0.877	(n/a)	0.155	0.005	0.326	+/- 0.02	0.33	+/- 0.002	1.321
3	1.623	0.082	(n/a)	0.524	0.005	1.317	+/- 0.02	0.99	+/- 0.002	0.303
4	1.696	-0.058	(n/a)	2.027	0.005	1.542	+/- 0.02	0.22	+/- 0.002	0.073
5	2.451	0.061	(n/a)	0.217	0.005	1.564	+/- 0.02	0.02	+/- 0.002	0.755
6	6.625	0.122	(n/a)	0.204	0.194	2.407	+/- 0.02	0.84	+/- 0.01	4.174
7	11.349	0.194	(n/a)	0.211	0.194	3.504	+/- 0.02	1.1	+/- 0.01	4.725
8	18.762	0.11	(n/a)	0.186	0.194	5.08	+/- 0.02	1.58	+/- 0.01	7.413
9	19.261	0.101	(n/a)	0.164	0.194	5.288	+/- 0.02	0.21	+/- 0.01	0.499
10	21.847	0.215	(n/a)	0.207	0.194	5.9	+/- 0.02	0.61	+/- 0.01	2.586
11	23.151	0.077	(n/a)	0.206	0.194	6.378	+/- 0.02	0.48	+/- 0.01	1.304
12	27.569	0.126	(n/a)	0.206	0.194	7.358	+/- 0.02	0.98	+/- 0.01	4.418
13	32.124	0.101	(n/a)	0.198	0.817	8.376	+/- 0.02	1.02	+/- 0.002	4.555
14	36.236	0.054	(n/a)	0.206	0.817	9.302	+/- 0.02	0.93	+/- 0.002	4.112
15	40.62	0.178	(n/a)	0.197	0.817	10.242	+/- 0.02	0.94	+/- 0.002	4.384
16	48.927	0.092	(n/a)	0.207	0.817	12.092	+/- 0.02	1.85	+/- 0.002	8.308
17	49.76	11.118	-25.6	0	1.786	12.382	(n/a)	0.29	+/- 0.002	0.833

b). Nomor core 12 dari 24 core, diukur dari Mojosongo

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss (dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	0.499	(n/a)	0	0.005	0	+/- 0.02	(n/a)	+/- 0.002	(n/a)
2	1.321	1.842	(n/a)	0.364	0.005	0.38	+/- 0.02	0.38	+/- 0.002	1.321
3	3.324	0.061	(n/a)	0.176	0.005	2.286	+/- 0.02	1.91	+/- 0.002	2.003
4	6.613	0.153	(n/a)	0.22	0.194	2.961	+/- 0.02	0.67	+/- 0.01	3.289
5	11.338	0.248	(n/a)	0.198	0.194	4.083	+/- 0.02	1.12	+/- 0.01	4.725
6	19.239	1.175	(n/a)	0.2	0.194	5.874	+/- 0.02	1.79	+/- 0.01	7.901
7	21.836	2.096	(n/a)	0.197	0.194	7.562	+/- 0.02	1.69	+/- 0.01	2.597
8	32.143	1.228	(n/a)	0.18	0.817	11.641	+/- 0.02	4.08	+/- 0.02	10.307
9	37.644	0.059	(n/a)	0.182	0.817	13.862	+/- 0.02	2.22	+/- 0.024	5.601
10	40.782	0.058	(n/a)	0.199	0.817	14.525	+/- 0.02	0.66	+/- 0.034	3.138
11	49.781	7.215	-23.4	0.207	1.419	16.447	(n/a)	1.92	+/- 0.02	8.999

Lampiran 2 : Data Tabel Pengukuran OTDR Wirosari-Randublutung

a). Nomor *core* 16 dari 24 *core*, diukur dari Wirosari

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	0.499	(n/a)	0	0.005	0	+/- 0.02	(n/a)	+/- 0.002	(n/a)
2	0.236	0.078	(n/a)	5.595	0.005	0.359	+/- 0.02	0.36	+/- 0.002	0.236
3	0.536	0.087	(n/a)	2.276	0.005	1.022	+/- 0.02	0.66	+/- 0.002	0.3
4	0.823	0.058	(n/a)	1.767	0.005	1.489	+/- 0.02	0.47	+/- 0.002	0.827
5	0.876	0.098	(n/a)	1.009	0.005	1.5	+/- 0.02	0.01	+/- 0.002	0.053
6	1.003	0.105	(n/a)	1.037	0.005	1.692	+/- 0.02	0.19	+/- 0.002	0.127
7	1.161	0.099	(n/a)	-0.103	0.005	1.847	+/- 0.02	0.16	+/- 0.002	0.158
8	1.267	0.07	(n/a)	1.191	0.005	2.028	+/- 0.02	0.18	+/- 0.002	0.106
9	1.786	0.072	(n/a)	0.636	0.005	2.473	+/- 0.02	0.44	+/- 0.003	0.519
10	1.963	0.119	-73.9	1.003	0.024	2.686	+/- 0.02	0.21	+/- 0.002	0.177
11	2.007	0.094	(n/a)	1.249	0.005	2.85	+/- 0.02	0.16	+/- 0.002	0.114
12	2.22	0.082	(n/a)	1.668	0.005	3.09	+/- 0.02	0.24	+/- 0.003	0.143
13	2.455	0.16	(n/a)	1.953	0.005	3.559	+/- 0.02	0.47	+/- 0.002	0.235
14	3.186	0.11	(n/a)	0.244	0.005	3.856	+/- 0.02	0.3	+/- 0.003	0.731
15	6.958	0.225	(n/a)	0.21	0.194	4.871	+/- 0.02	1.01	+/- 0.01	3.772
16	9	0.18	(n/a)	0.26	0.194	5.659	+/- 0.02	0.79	+/- 0.01	2.042
17	12.201	0.092	(n/a)	0.22	0.194	6.566	+/- 0.02	0.91	+/- 0.01	3.201
18	12.697	0.157	(n/a)	-0.064	0.194	6.749	+/- 0.02	0.18	+/- 0.01	0.495
19	18.734	0.181	(n/a)	0.197	0.194	8.085	+/- 0.02	1.34	+/- 0.01	6.038
20	19.285	0.303	(n/a)	0.202	0.194	8.374	+/- 0.02	0.29	+/- 0.01	0.55
21	21.401	0.211	(n/a)	0.169	0.194	9.063	+/- 0.02	0.69	+/- 0.01	2.116
22	21.779	0.237	(n/a)	0.275	0.194	9.272	+/- 0.02	0.21	+/- 0.01	0.378
23	25.276	0.122	(n/a)	0.175	0.194	10.097	+/- 0.02	0.82	+/- 0.011	3.496
24	26.079	-0.272	-59.1	0.374	0.475	10.479	+/- 0.02	0.38	+/- 0.01	0.803
25	29.578	-0.494	(n/a)	0.195	0.817	11.112	+/- 0.02	0.63	+/- 0.02	3.499
26	30.938	12.044	-27.1	0.391	1.705	11.442	(n/a)	0.33	+/- 0.02	1.359

b). Nomor *core* 16 dari 24 *core*, diukur dari Randublutung

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	0.499	(n/a)	0	0.005	0	+/- 0.02	(n/a)	+/- 0.002	(n/a)
2	1.65	0.396	(n/a)	0.993	0.005	1.242	+/- 0.02	1.24	+/- 0.002	1.65
3	2.201	0.302	(n/a)	-0.079	0.005	1.353	+/- 0.02	0.11	+/- 0.002	0.551
4	4.457	0.255	(n/a)	0.111	0.174	1.709	+/- 0.02	0.36	+/- 0.01	2.255
5	5.529	0.141	(n/a)	0.042	0.174	2.053	+/- 0.02	0.34	+/- 0.01	1.072
6	5.929	0.11	(n/a)	-0.164	0.174	2.243	+/- 0.02	0.19	+/- 0.01	0.399
7	6.858	0.115	(n/a)	0.207	0.174	2.581	+/- 0.02	0.34	+/- 0.01	0.929
8	7.834	22.758	(n/a)	0.483	0.174	3.713	+/- 0.02	1.13	+/- 0.01	0.976

c). Nomor *core* 24 dari 24 *core*, diukur dari Randublutung

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	0.499	(n/a)	0	0.005	0	+/- 0.02	(n/a)	+/- 0.002	(n/a)
2	0.058	-0.195	-75.4	12.065	0.026	0.012	+/- 0.02	0.01	+/- 0.002	0.058
3	3.189	-0.166	-74.6	0.2	0.039	0.738	+/- 0.02	0.73	+/- 0.002	3.131
4	7.609	0.333	(n/a)	0.208	0.112	1.434	+/- 0.02	0.7	+/- 0.01	4.42
5	8.556	-0.23	(n/a)	0.23	0.112	1.953	+/- 0.02	0.52	+/- 0.01	0.947
6	8.771	0.366	(n/a)	0.008	0.112	1.774	+/- 0.02	-0.18	+/- 0.01	0.214
7	9.055	0.181	(n/a)	0.132	0.112	2.182	+/- 0.02	0.41	+/- 0.01	0.284
8	9.311	0.249	(n/a)	0.199	0.112	2.414	+/- 0.02	0.23	+/- 0.01	0.257
9	12.165	0.141	(n/a)	0.21	0.112	3.354	+/- 0.02	0.94	+/- 0.01	2.853
10	12.648	0.143	(n/a)	0.111	0.112	3.533	+/- 0.02	0.18	+/- 0.01	0.483
11	15.336	1.428	(n/a)	0.16	0.112	4.152	+/- 0.02	0.62	+/- 0.01	2.689
12	19.261	0.127	(n/a)	0.188	0.112	6.433	+/- 0.02	2.28	+/- 0.01	3.925
13	21.336	0.085	(n/a)	0.195	0.112	6.922	+/- 0.02	0.49	+/- 0.01	2.075
14	21.764	0.279	(n/a)	0.277	0.112	7.138	+/- 0.02	0.22	+/- 0.01	0.428
15	26.024	0.225	(n/a)	0.214	0.112	8.343	+/- 0.02	1.21	+/- 0.01	4.26
16	28.845	0.173	(n/a)	0.225	0.112	9.135	+/- 0.02	0.79	+/- 0.01	2.822
17	29.44	0.619	(n/a)	0.11	0.112	9.356	+/- 0.02	0.22	+/- 0.01	0.594
18	32.478	0.164	(n/a)	0.221	0.817	10.659	+/- 0.02	1.3	+/- 0.02	3.038
19	34.633	0.354	(n/a)	0.237	0.817	11.431	+/- 0.02	0.77	+/- 0.02	2.155
20	42.571	0.565	(n/a)	0.386	0.817	14.638	+/- 0.02	3.21	+/- 0.02	7.938
21	45.31	7.506	-16.9	0.299	1.705	15.922	(n/a)	1.28	+/- 0.02	2.739

Lampiran 3 : Data Tabel Pengukuran OTDR Kartosuro-Delanggu

a). Nomor core 3 dari 36 core, diukur dari Kartosuro

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	7.058	-26.6	(n/a)		0	+/- 0.02	(n/a)		(n/a)
2	8.573	8.878	-45.1	0.268		5.523	+/- 0.02	12.58		8.573

b). Nomor core 8 dari 36 core, diukur dari Kartosuro

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	8.456	-27.2	0		0	+/- 0.02	(n/a)		(n/a)
2	13.432	10.671	-45.4	0.262		4.595	+/- 0.02	13.05		13.432

c). Nomor core 10 dari 36 core, diukur dari Kartosuro

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	11.304	-26.8			0	+/- 0.02	(n/a)		(n/a)
2	13.432	10.345	-51.1			2.086	+/- 0.02	13.39		13.432

Lampiran 4 : Data Tabel Pengukuran OTDR Pecangaan-Kudus

a). Nomor core 5 dari 24 core, diukur dari Pecangaan

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	6.353	-31.6	(n/a)		0	+/- 0.02	(n/a)		(n/a)
2	4.082	-0.136	-67.1	0.206		1.604	+/- 0.02	7.96		4.082
3	5.762	-0.098	(n/a)	0.193		1.742	+/- 0.02	0.14		1.68
4	8.052	2.921	(n/a)	0.223		2.21	+/- 0.02	0.47		2.291
5	10.08	0.427	(n/a)	0.349		5.926	+/- 0.02	3.72		2.027
6	22.149	7.307	-18.3	0.255		8.875	+/- 0.02	2.95		12.07

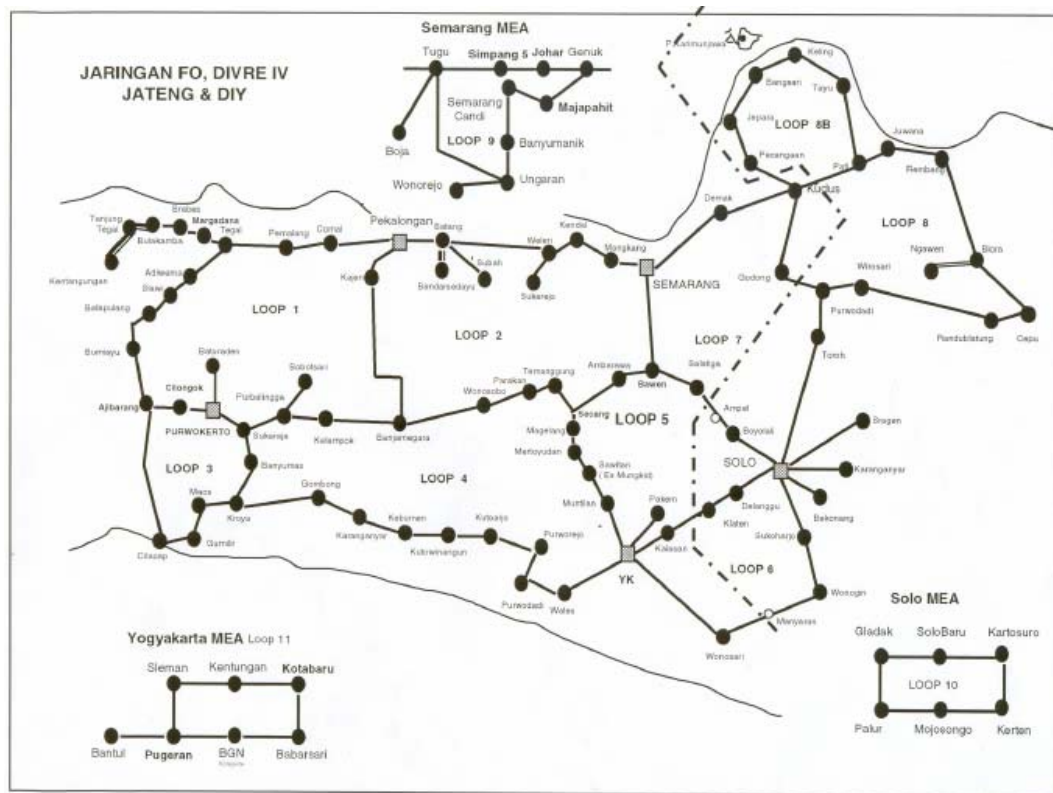
b). Nomor core 6 dari 24 core, diukur dari Pecangaan

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	8.434	-28.7	(n/a)		0	+/- 0.02	(n/a)		(n/a)
2	4.058	0.263	(n/a)	0.186		0.551	+/- 0.02	8.98		4.058
3	8.052	1.723	(n/a)	0.206		1.592	+/- 0.02	1.04		3.994
4	10.018	0.558	(n/a)	0.219		3.898	+/- 0.02	2.31		1.967
5	22.149	8.406	-16.5	0.21		6.641	+/- 0.02	2.74		12.131

c). Nomor core 8 dari 24 core, diukur dari Pecangaan

Event	Distance (km)	Loss (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Dead Zone (km)	Cumulative Loss(dB)	Loss Tolerance (dB)	Loss Delta (dB)	Distance Tolerance (km)	Distance Delta (km)
1	0	8.397	-31.6	(n/a)		0	+/- 0.02	(n/a)		(n/a)
2	4.043	0.221	(n/a)	0.233		0.49	+/- 0.02	8.89		4.043
3	5.703	0.113	(n/a)	0.209		1.067	+/- 0.02	0.58		1.66
4	8.053	10.821	(n/a)	0.208		1.627	+/- 0.02	0.56		2.35

Lampiran 5 : Jaringan Serat Optik Divisi Regional IV JATENG & DIY



Lampiran 6 : Perhitungan Rugi-Rugi secara Teori

Dengan menggunakan persamaan (2.11) :

$$\text{Rugi-rugi (dB)} = L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4$$

1. Hasil Pengukuran OTDR Mojosongo-Toroh

a. nomor *core* 9

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (49,76 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (26 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 21,128 \text{ dB}\end{aligned}$$

b. nomor *core* 12

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (49,7681 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (26 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 21,1343 \text{ dB}\end{aligned}$$

2. Hasil Pengukuran OTDR Wirosari-Randublatung

a. nomor *core* 16 (Wirosari-Randublatung)

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (30,938 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (17 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 13,6814 \text{ dB}\end{aligned}$$

b. nomor *core* 16 (Randublatung-Wirosari)

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (7,834 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (5 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 4,3502 \text{ dB}\end{aligned}$$

c. nomor *core* 24 (Wirosari Randublatung)

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (45,31 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (24 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 19,393 \text{ dB}\end{aligned}$$

Lampiran 6 : Perhitungan Rugi-Rugi secara Teori

3. Hasil Pengukuran OTDR Kartosuro-Delanggu

a. nomor *core* 3

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (8,573 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (6 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 4,7719 \text{ dB}\end{aligned}$$

b. nomor *core* 8

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (13,432 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (8 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 6,6296 \text{ dB}\end{aligned}$$

c. nomor *core* 10

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (13,432 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (8 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 6,6296 \text{ dB}\end{aligned}$$

4. Hasil Pengukuran OTDR Pecangaan-Kudus

a. nomor *core* 5

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (22,149 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (13 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 10,2447 \text{ dB}\end{aligned}$$

b. nomor *core* 6

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (22,149 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (13 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 10,2447 \text{ dB}\end{aligned}$$

c. nomor *core* 8

$$\begin{aligned}\text{Rugi-rugi (dB)} &= L\alpha + n_1\alpha_1 + n_2\alpha_2 + n_3\alpha_3 + n_4\alpha_4 \\ &= (8,053 \times 0,3) + (2 \times 0,5) + (6 \times 0,2) + 0 + 0 \\ &= 4,6159 \text{ dB}\end{aligned}$$



Lampiran 7.1

SURAT KETERANGAN

Nomor : Tel. #37/PS520/RTA-02-40/2005

Yang bertanda tangan di bawah ini Asisten Manager Sekpural & CDC Kantor Daerah Pelayanan Telekomunikasi Solo menerangkan bahwa :

Nama : **DIAN YUDI NUGROHO**
 NIM : **M0200026**
 Jurusan : **ITIS30**
 Program Study : **Sistem 1 (S1)**
 Fakultas : **FMIPA**
 Universitas Sebelas Maret
 Surakarta

Benar-benar telah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di PT TELKOM Solo

Unit kerja : **Operation & Maintenance Access Network**
 Waktu : **01 Februari 2005 s.d 28 Februari 2005.**

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Solo, 31 Mei 2005

ACHMAD BASKORO

Ass. Manager Sekpural & CDC

Committed 2U

Lampiran 8 : Ukuran Diameter Core dan Cladding

Test Report Factory Inspection				
Customer : PT. TELKOMINDO PRAMAGARTA		PO. No. : 991/PO/010/05		
Cable Type : Duct G-652 E		Our Ref. No. : DC-PO/TR/03/05/018		
Delivery Date : April 28 th , 2005		Date Issue : April 28 th , 2005		
		Page : 1		
Draw No.		PO 142 05-0302	PO 021 05-0304	
Size		25 F/6 P	25 F/6 P	
Length		1500,0 mtr.	1500,0 mtr.	
I. Optical Characteristics				
Test Items		Specification	Result	
Mode field Diameter		$8 \pm 11 \pm 0,7 \mu\text{m}$	Max. 9,5	Max. 9,5
			Avg. 9,2	Avg. 9,4
			Min. 9,1	Min. 9,0
Core/cladding Diameter		$125,0 \pm 1 \mu\text{m}$	Max. 125,7	Max. 125,9
			Avg. 125,4	Avg. 125,2
			Min. 124,8	Min. 124,9
Cladding Non-circularity		$\leq 1 \%$	Max. 0,7	Max. 0,7
			Avg. 0,4	Avg. 0,4
			Min. 0,1	Min. 0,1
Attenuation at 1310 nm		$\leq 0,4 \text{ dB/km}$	Max. 0,354	Max. 0,358
			Avg. 0,348	Avg. 0,349
			Min. 0,338	Min. 0,329
Attenuation at 1550 nm		$\leq 0,3 \text{ dB/km}$	Max. 0,229	Max. 0,239
			Avg. 0,209	Avg. 0,211
			Min. 0,200	Min. 0,198
Chromatic Dispersion at 1530 - 1565 nm		$\pm 1,0 - 10,0 \text{ ps/(nm.km)}$	Max. 9,17	Max. 9,10
			Avg. 8,79	Avg. 8,94
			Min. 8,29	Min. 7,98
Cable Cut-off Wavelength		$\leq 1480 \text{ nm}$	Max. 1231	Max. 1222
			Avg. 1208	Avg. 1192
			Min. 1177	Min. 1163
Zero Dispersion Wavelength (λ_0)		$\leq 1520 \text{ nm}$	Max. 1421	Max. 1398
			Avg. 1396	Avg. 1352
			Min. 1343	Min. 1317
PMD _{0,5}		$\leq 0,2 \text{ ps} \cdot \sqrt{\text{km}}$	Max. 0,07	Max. 0,08
			Avg. 0,04	Avg. 0,04
			Min. 0,02	Min. 0,01
J. Dimension				
Secondary Coating Diameter	Outer	$3,1 \pm 0,1 \text{ mm}$	Max. 3,155 mm Avg. 3,130 mm	Max. 3,171 mm Avg. 3,180 mm
	Inner	$2,2 \pm 0,1 \text{ mm}$	Max. 2,240 mm Avg. 2,230 mm	Max. 2,245 mm Avg. 2,230 mm
Jelly Filling		As per spec	As per spec	As per spec
Recoat		2 Ripcoats	2 Ripcoats	2 Ripcoats
Dia. of Central Strength Member		Nom 3,5 mm	Nom 3,5 mm	Nom 3,5 mm
Fiber Diameter		Nom. 3,1 mm	Max. 3,125 mm	Max. 3,139 mm
			Avg. 3,110 mm	Avg. 3,115 mm
Wrapping	Thickness	0,20 mm	0,20 mm	0,20 mm
	Width	Nom. 25,0 mm	25,0 mm	25,0 mm
Moisture Barrier	Thickness	Nom. 0,25 mm	0,25 mm	0,25 mm
	Width	Nom. 40,0 mm	40,0 mm	40,0 mm
Thickness of Sheath		$2,0 \pm 0,5 \text{ mm}$	2,15 mm	2,20 mm
Identification of Cable		As per spec	As per spec	As per spec
Cable Diameter		$13,4 \pm 0,3 \text{ mm}$	13,45 mm	13,52 mm
Checked by, Amul P.		Prepared by, Suryanto		