

Fiber Optik Atas Tanah (Part 1)

Endi Dwi Kristianto

endidwikristianto@engineer.com

http://endidwikristianto.blogspot.com

Lisensi Dokumen:

Copyright © 2012-2013 IlmuKomputer.Com

Seluruh dokumen di IlmuKomputer.Com dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarkan secara bebas untuk tujuan bukan komersial (nonprofit), dengan syarat tidak menghapus atau merubah atribut penulis dan pernyataan copyright yang disertakan dalam setiap dokumen. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang, kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari IlmuKomputer.Com.

DASAR-DASAR SERAT OPTIK

Umum

Sistem komunikasi pada saat ini sebagai media transmisinya sudah mulai menggunakan kabel serat optik. Untuk itu diperlukan kabel serat optik yang mempunyai spesifikasi yang sesuai dengan standard yang berlaku yang telah ditentukan agar mutu dari sistem komunikasi tersebut benar-benar terjaga.

Sejarah Perkembang Optik Dunia

- 1881 - William Wheeler " Sistem pendistribusian cahaya
- 1937 - "Norman R. French" Sistem telepon optik lengkap menggunakan media transmisi dari tabung/pipa
- 1950 - "Ray D Kell dan George C Sziklai" Pengiriman sinyal Televisi melalui media transmisi tabung/pipa
- 1960 - "TH Maiman" dari Riset Hughes(menemukan Laser
- 1970 - "Corning Glass Work" serat optik dengan redaman 20 dB/km menjadi 4 dB/km
- 1980 - Serat optik multi mode dikembangkan

Indonesia

- 1980 - Penggunaan serat optik di Jakarta untuk menghubungkan Jakarta – Surabaya
- 1990 - Indosat menggunakan serat optik untuk menghubungkan stasiun bumi di Jatiluhur dengan Jakarta
- 1997 - Serat optik digunakan secara luas di 4 KSO di Indonesia yaitu Sumatera ; Kalimantan; DIY dan Jateng; Sulawesi dan Kepulauan

Keuntungan Dan Kerugian Penggunaan Fiber Optik

1. Keuntungan.

- Dapat menyalurkan data dengan kecepatan sangat tinggi
- Diameter kabel Serat optik lebih kecil dibandingkan dengan kabel tembaga dan juga lebih ringan
- Redaman kecil sehingga ruas pengulang menjadi lebih panjang
- Kebal terhadap induksi elektromagnetis
- Aman terhadap bahaya listrik
- Kapasitas dapat ditambah setelah kabel terpasang
- Kerahasiaan lebih terjamin
- Mempunyai nilai ekonomis
- Crosstalk rendah
- Tidak berkarat
- Tahan temperatur tinggi

2. Kerugian

- Tidak dapat menyalurkan energi listrik
- Relatif sulit saat instalasi
- Kurang tahan terhadap tekanan mekanis dibandingkan kabel tembaga
- Perlu proteksi mata bagi teknisinya


Propagasi Cahaya

- Cahaya menurut teori gelombang adalah :
- Cahaya merambat lurus ke depan melalui suatu medium
- Cahaya sebagai suatu gelombang elektromagnetik
- Cahaya menurut teori partikel adalah :
- Cahaya sebagai transpor energi

Cahaya menurut teori gelombang :

a. Cahaya merambat lurus ke depan melalui suatu medium

- Kecepatan cahaya diruang hampa adalah :
 $C = 3 \cdot 10^8$ meter/detik
- Indek bias suatu bahan adalah

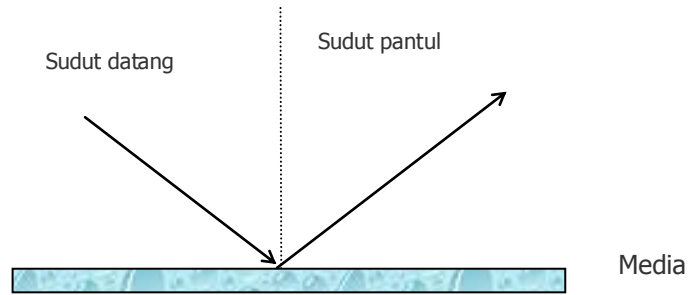
 $n = \frac{C}{V}$ dimana V adalah kecepatan cahaya dalam bahan tersebut

Contoh : Kecepatan cahaya di dalam air kira-kira $2,3 \cdot 10^8$ meter/detik, maka indeks bias air tersebut adalah :

$$n = \frac{C}{V} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,3 \cdot 10^8} = 1.3$$

Cahaya merambat lurus dengan arah tertentu, arah ini akan berubah bila cahaya mengalami :

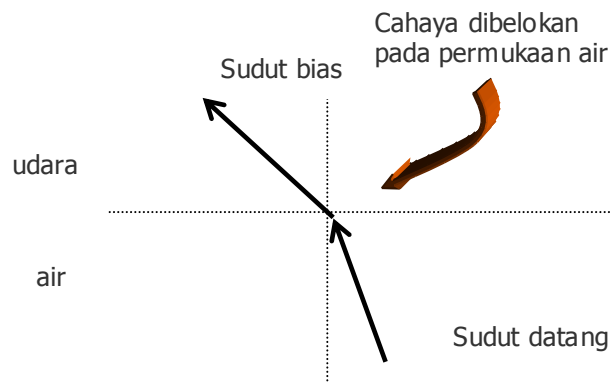
REFLECTION (Pemantulan)



Gambar 1.1 Pemantulan Cahaya

- Bila cahaya datang pada suatu bidang datar maka cahaya akan dipantulkan :
- Garis Normal : garis yang tegak lurus bidang datar
- Sudut pantul : sudut yang dibentuk antara sinar pantul dengan garis normal
- Sudut datang : sudut yang dibentuk oleh sinar datang dengan garis normal
- Besarnya sudut datang sama dengan sudut pantul

REFRAKSI (Pembiasan)



Gambar 1.2. Pembiasan cahaya

Berlaku hukum Snellius yaitu :

- “ Bila berkas cahaya dari medium yang lebih rapat ke midum yang kurang rapat maka cahaya tersebut akan dibiaskan menjauhi garis normal ”
- Sedangkan yang dimaksud dengan sudut kritis adalah :
- “ Bila sudut datang , dimana sinar bias berimpit dengan bidang batas kedua medium maka menurut Snellius :

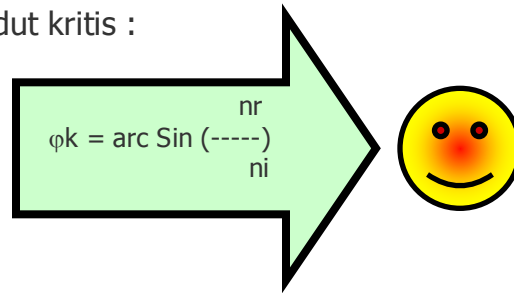
$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin 90^\circ$$

$$n_1 \sin \phi_k = n_r$$

$$\text{atau} \quad \sin \phi_k = \frac{n_r}{n_1}$$

n_i

sehingga besar sudut kritis :



Contoh : Hitung besar sudut kritis antara gelas dengan udara bila index bias air 1,5 dan index bias udara adalah 1.

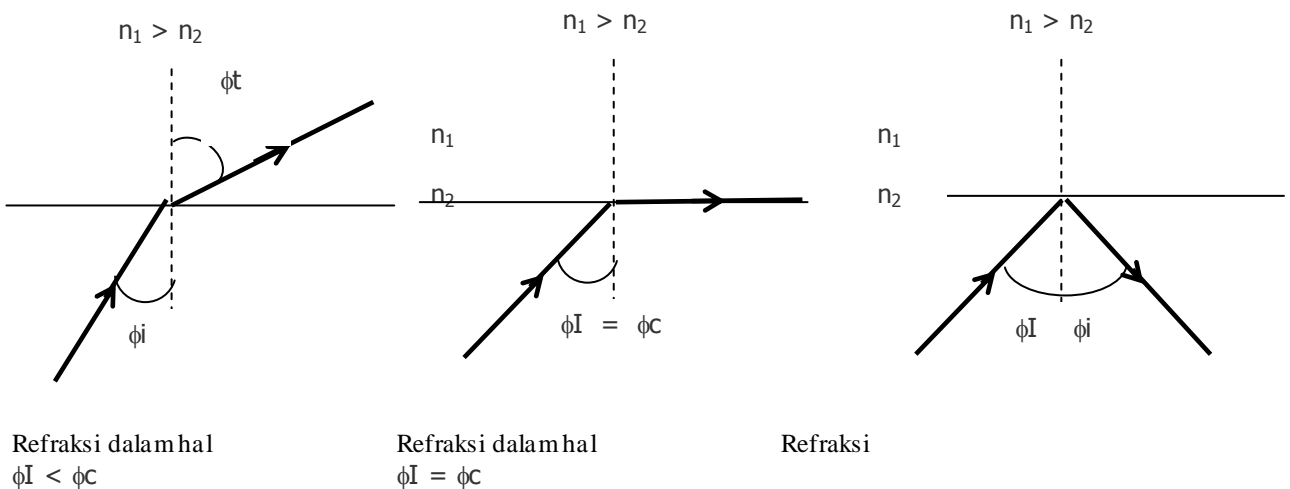
Jawab : $n_i = 1,5$ dan $n_r = 1$ maka besarnya sudut kritis adalah :

$$\begin{aligned} \varphi_k &= \text{arc Sin} \left(\frac{n_r}{n_i} \right) \\ &= \text{arc Sin} \left(\frac{1 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^8} \right) \\ &= \text{arc Sin} 0,66 \\ &= 41^\circ 48' \end{aligned}$$

Pantulan Dalam Total

Bila sudut datang lebih besar dari sudut kritis maka akan terjadi pantulan dalam total

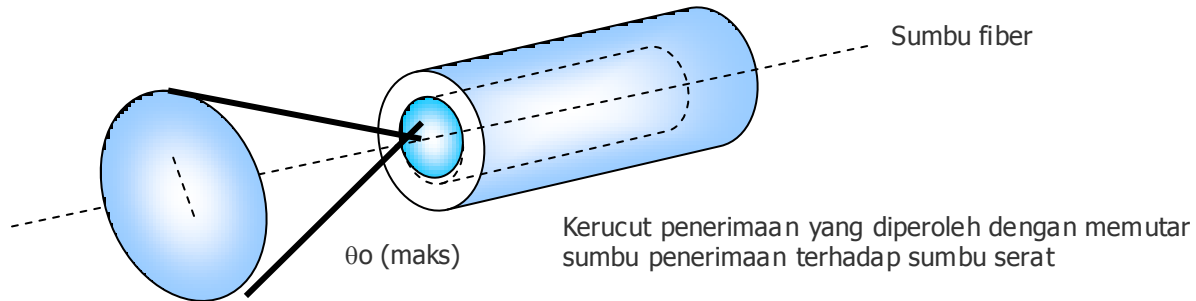
Tiga Hukum Cahaya



Gambar.1.3. Tiga bentuk perambatan cahaya

Persyaratan agar cahaya dapat merambat di dalam serat optik adalah :

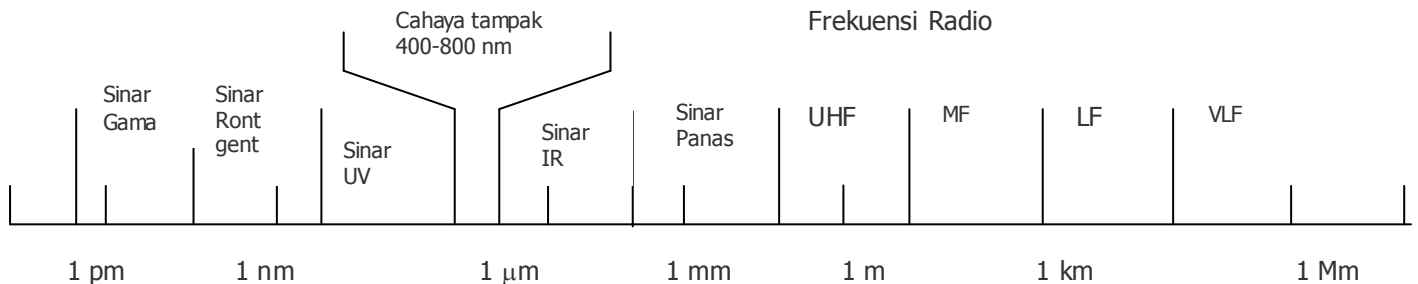
- n_1 • Indeks bias inti harus lebih besar dari pada indeks bias cladding
- n_2 • Sudut datang sinar harus lebih besar daripada sudut kritis



Gambar.1.4. Bentuk kerucut penerimaan sinar

Cahaya sebagai gelombang elektromagnetik

Komunikasi serat optik menggunakan daerah kerja antara 800 nm sampai 2,25 μm (tidak tampak). Spektrum gelombang elektromagnetik diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar.1.5. Spektral Gelombang Elektromagnetis

Cahaya sebagai transpor energi

Cahaya sebagai transpor energi terdiri dari photon-photon dalam bentuk partikel atau paket energi sesuai panjang gelombang. Panjang gelombang tersebut akan menentukan warna suatu cahaya. Besarnya energi photon tersebut adalah :

$$E = h \cdot f$$

Dimana : E adalah besarnya energi photon ; h adalah konstanta planck ($6,625 \times 10^{-34}$ Js); dan f adalah frekuensi cahaya (C/V)

Contoh :

Panjang gelombang sistem transmisi serat optik adalah $2 \cdot 10^8$ m/dt. Maka besarnya energi photon tersebut adalah :

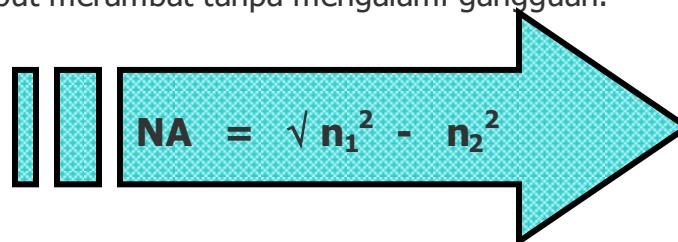
Jawab :

$$f = c/v = 3 \cdot 10^8 / 2 \cdot 10^8 = 1,5$$

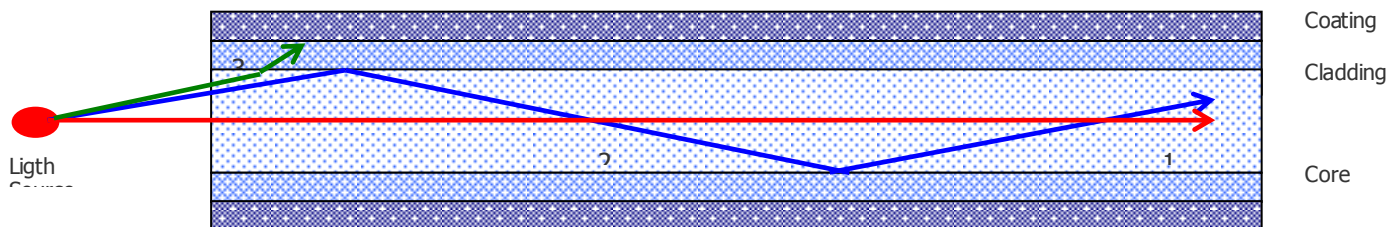
$$\begin{aligned} E &= h \cdot f \\ &= 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 = 9,938 \cdot 10^{-34} \end{aligned}$$

Numerical Apperture

Yang dimaksud dengan Numerical Apperture adalah suatu ukuran atau besaran sudut yang dibentuk dari berkas cahaya yang dipancarkan oleh sumber optik ke serat optik sehingga cahaya tersebut merambat tanpa mengalami gangguan.



Prinsip Perambatan Cahaya Dalam Serat optik



Gambar.1.6. Lintasan cahaya dalam serat

Lintasan cahaya yang merambat di dalam serat :

- Sinar merambat lurus sepanjang sumbu serat tanpa mengalami gangguan
- Sinar mengalami refleksi, karena memiliki sudut datang yang lebih besar dari sudut kritis dan akan merambat sepanjang serat melalui pantulan-pantulan
- Sinar akan mengalami refraksi dan tidak akan dirambatkan sepanjang serat karena memiliki sudut datang yang lebih kecil dari sudut kritis

Mode Perambatan Cahaya

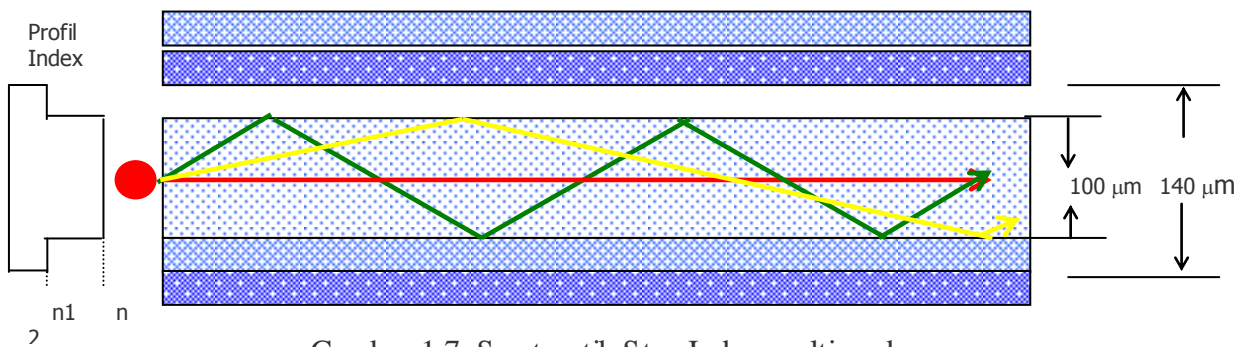
- Cahaya dapat merambat dalam serat optik melalui sejumlah lintasan yang berbeda
- Lintasan cahaya yang berbeda-beda ini disebut Mode dari suatu serat optik
- Ukuran diameter core, besarnya sudut datang dan indeks bias menentukan jumlah mode yang ada dalam suatu serat optik
- Serat optik yang memiliki lebih dari satu mode disebut serat optik multimode

- Serat optik yang hanya memiliki satu mode saja disebut Serat Optik Single Mode, serat optik single mode memiliki ukuran core yang lebih kecil

Jenis Serat Optik

- Multimode Step Index
- Multimode Graded Index
- Singlemode Step Index

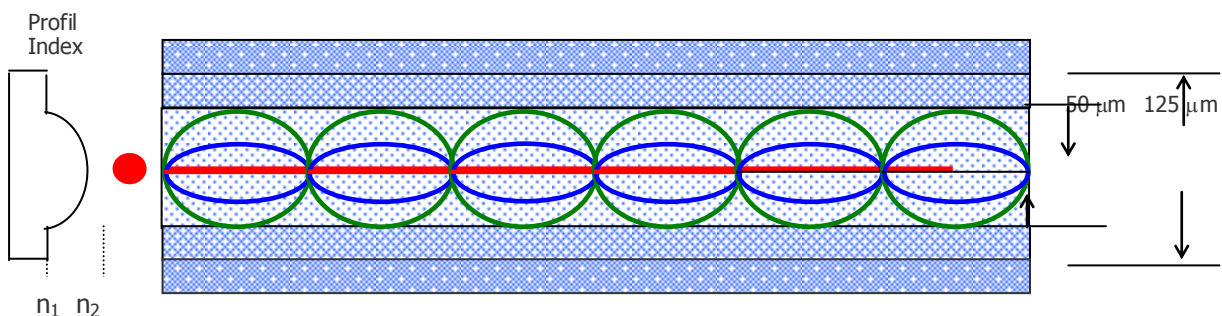
Penjelasan :
Multimode Step Index



Gambar.1.7. Serat optik Step Index multimode

- Indeks bias core konstan
- Ukuran core antara 50 – 125 μm dan dilapisi cladding yang tipis
- Penyambungan kabel lebih mudah karena memiliki core yang besar
- Banyak terjadi dispersi
- Lebar pita frekuensi terbatas/sempit
- Hanya digunakan untuk jarak pendek dan transmisi data bit rate rendah
- Harga relatif murah

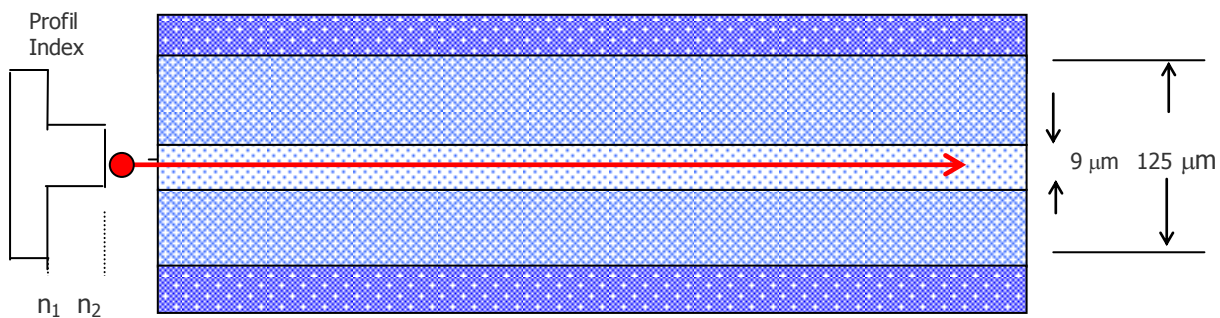
Multimode Graded Index



Gambar.1.8. Serat optik Graded Index Multimode

- Core terdiri dari sejumlah lapisan gelas yang memiliki indeks bias yang berbeda, indeks bias tertinggi terdapat pada pusat core dan berangsur-angsur turun sampai ke batas core - cladding
- Ukuran diameter core antara 30 – 60 μm
- Cahaya merambat karena difraksi yang terjadi pada core sehingga rambatan cahaya sejajar dengan sumbu serat
- Dispersi lebih kecil dibanding dengan Multimode Step Index
- Digunakan untuk jarak menengah dan lebar pita frekuensi besar
- Harga relatif mahal dari SI, karena faktor pembuatannya lebih sulit

Singlemode Step Index



Gambar.1.9. Serat optik Sstep Index Singlemode

- Serat optik singlemode memiliki diameter core antara 2 – 10 μm dan sangat kecil dibandingkan dengan ukuran claddingnya
- Cahaya hanya merambat dalam satu mode saja yaitu sejajar dengan sumbu serat optik
- Memiliki redaman yang sangat kecil
- Memiliki lebar pita frekuensi yang sangat lebar
- Digunakan untuk jarak jauh dan mampu menyalurkan data dengan kecepatan bit rate yang tinggi

Macam-macam Redaman pada Serat Optik

Redaman pada serat optik adalah : Berkurangnya daya optik pada Core

Redaman serat optik merupakan fungsi panjang gelombang (λ)

Redaman (α) dinyatakan dalam decibel/km (dB/km)

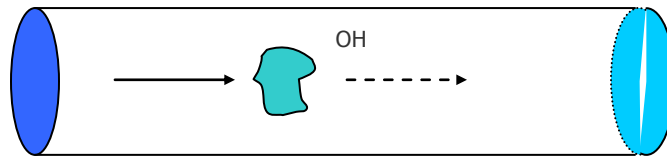
Redaman diukur pada panjang gelombang tertentu

Secara garis besar rugi-rugi pada kabel serat optik disebabkan oleh :

- Faktor Intrinsik
- Faktor ekstrinsik

1. Faktor Instrinsik

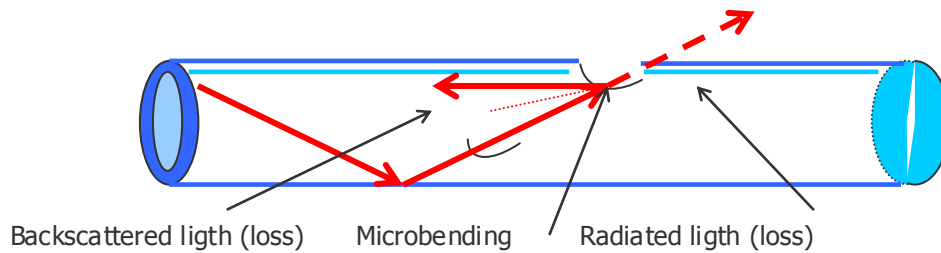
- Scattering
- Rayleigh Scattering
- Rugi-rugi yang diakibatkan oleh struktur gelas/bahan tidak teratur.
- Redaman untuk panjang gelombang pendek ($< 1.000 \text{ nm}$)
- Merupakan gambaran fisik



Gambar. 1.10. Rayleigh Scattering

Microbending

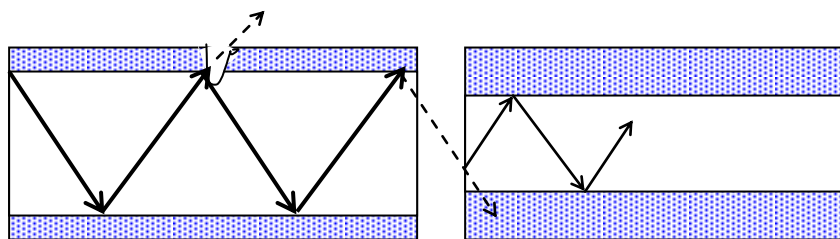
- Akibat tekanan mekanik atau proses pembuatan
- Redaman terjadi karena sudut datang sinar menjadi tidak memenuhi persyaratan pantulan dalam total



Gambar. 1.11. Microbending

Variasi Ukuran Core

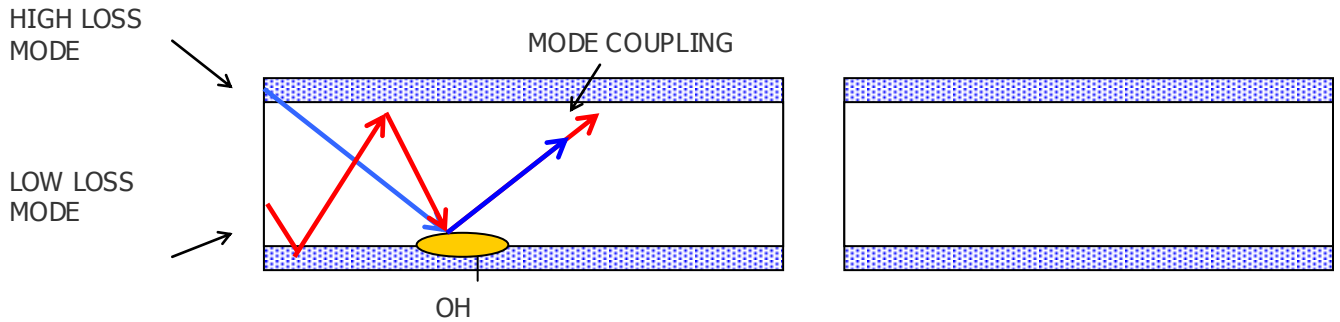
Ketidak seragaman ukuran core menyebabkan sebagian mode menjadi tidak memenuhi syarat pantulan dalam total



Gambar.1.12. Variasi ukuran core

Mode Coupling

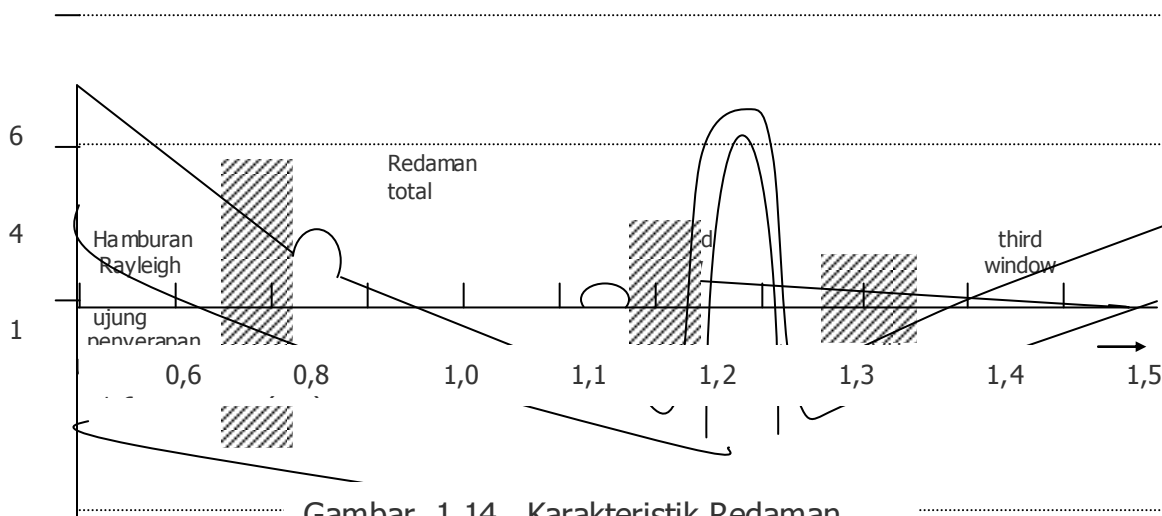
- Terjadi bila sudut sebuah mode yang direfleksikan berubah karena perubahan diameter inti, pada kasus ini beberapa mode menyatu (couple)
- Mode coupling juga terjadi pada sambungan serat (connection & splices) bila ujung serat disatukan.



Gambar.1.13. Mode Coupling

Absorption (Penyerapan)

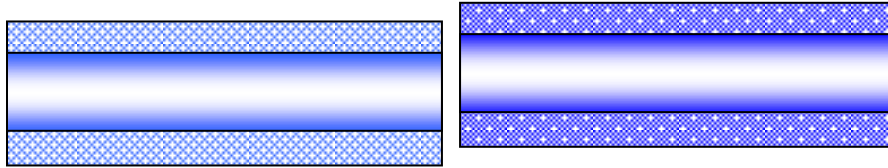
- Redaman pada panjang gelombang yang tinggi (> 1.600 nm) karena penyerapan oleh gelas atau bahan serat
- Terdapat tiga daerah panjang gelombang tertentu dimana terjadi penyerapan cahaya sangat tinggi karena adanya molekul-molekul air yang tersisa di dalam serat
- Daerah-daerah tersebut dinamakan OH-peak



Gambar .1.14. Karakteristik Redaman

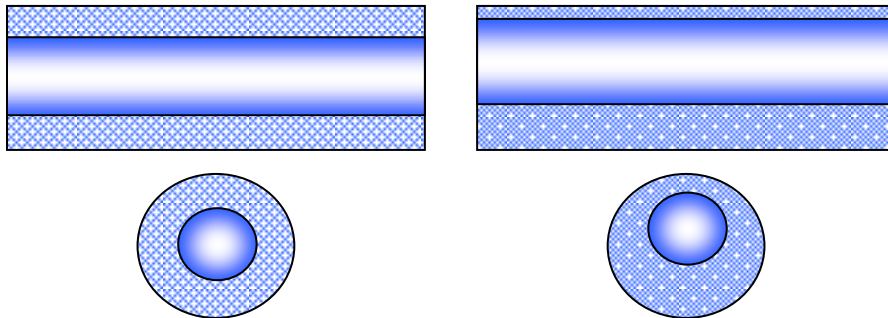
2. Faktor Ekstrinsik

- Splicing Loss
- Rugi-rugi yang terjadi pada sambungan serat optik
- Ketidak sentrisan antara core dengan cladding



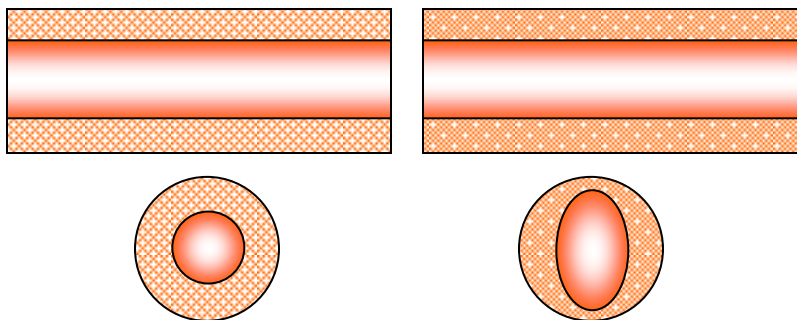
Gambar.1.15. Posisi Core dan Cladding tidak sama

Variasi ukuran diameter cladding



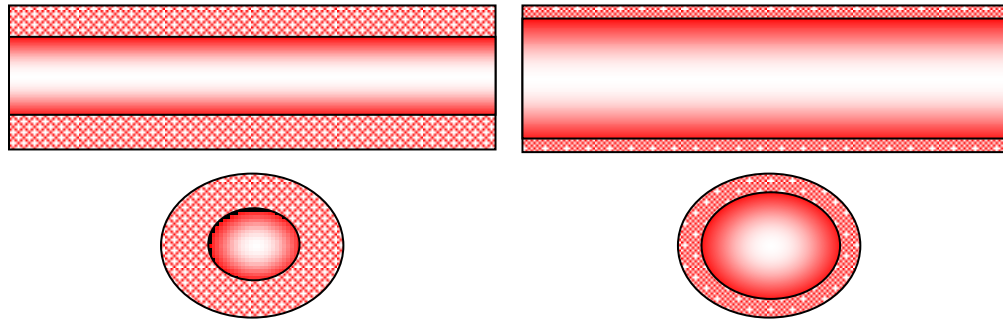
Gambar.1.16. Ukuran diameter cladding tidak sama

Core yang tidak bulat



Gambar.1.17. Core tidak bulat

Variasi ukuran diameter core



Gambar.1.18. Diameter core tidak sama

Conector Loss

- Terjadi karena adanya celah udara maupun debu pada permukaan sambungan
- Terdapat pantulan gelombang karena adanya celah

Dispersi

Pelebaran pulsa yang terjadi pada ujung terima serat sehingga membatasi laju pengiriman data untuk jarak tertentu.

Macam-macam Dispersi :

Dispersi Modal

- Berpengaruh pada serat optik step index multimode
- Terjadi karena banyaknya lintasan sinar sehingga jarak tempuh berbeda
- Pulsa yang diterima adalah penjumlahan dari pulsa-pulsa mode, dimana masing-masing diperlambat dengan waktu yang berbeda
- Keterlambatan total yang terpendek adalah yang merambat lurus
- Dapat diatasi dengan serat graded index multimode karena jenis ini memiliki index bias yang lebih rendah pada lapisan luar dari core dan index bias yang lebih tinggi di pusat core.
- Dengan persamaan index bias $V = C/n$ maka jika n pada pusat core 1,52 pada lapisan didekat cladding dapat dibuat mengecil secara bertahap menjadi 1,50.

Dispersi Cromatik

- Berpengaruh pada serat optik step index singlemode
- Terjadi karena sinar yang merambat kurang koheren dalam spektrum $\Delta\lambda$
- Kombinasi dari dispersi material dan dispersi waveguide

Rangkuman

1. Penggunaan kabel serat optik semakin lama semakin berkembang dari mulai sistem pendistribusian cahaya sampai ke pengiriman data sampai ke pelanggan. Karena banyak sekali penggunaan kabel serat optik antara lain dapat menyalurkan data dengan kecepatan sangat tinggi, redaman kecil, kerahasiaan lebih terjamin, aman terhadap aliran listrik, dan masih banyak lagi dibandingkan dengan media kabel tembaga maupun gelombang.
2. Propagasi cahaya terdiri dari :
 - Cahaya menurut teori gelombang :
 - Cahaya merambat lurus ke depan melalui suatu medium
 - Cahaya sebagai suatu gelombang elektromagnetik
 - Cahaya sebagai transport energi
3. Persyaratan agar cahaya dapat merambat di dalam serat optik adalah :
 - Indeks bias inti harus lebih besar dari pada indeks bias cladding
 - Sudut datang sinar harus lebih besar daripada sudut kritis
4. Sistem pendistribusian cahaya dilakukan dengan tiga cara yaitu melalui pemantulan, pembiasan dan pantulan dalam total. Melihat dari model perambatan cahaya dalam serat terdiri dari :
 - Single mode
 - Multi mode

Macam-macam redaman pada serat optik adalah :

1. Faktor intrinsik
 - a. Scattering Loss
 - b. Absorption
2. Faktor ekstrinsik
 - a. Splicing Loss
 - b. Conector Loss
 - c. Dispersi

Jenis Serat Optik

- Multimode Step Index
- Multimode Graded Index
- Singlemode Step Index

Sumber : Modul Fiber Optik Atas Tanah SMK Telkom Sandhy Putra Purwokerto