

SISTEM KOMUNIKASI OPTIK

BAB 6 DEGRADASI SINYAL

-REDAMAN PADA SERAT OPTIK-

Tri Nopiani Damayanti

D3 Teknik Telekomunikasi – Fakultas Ilmu Terapan



DEGRADASI SINYAL SEPANJANG SERAT OPTIK

Degradasi sinyal sepanjang serat optik :

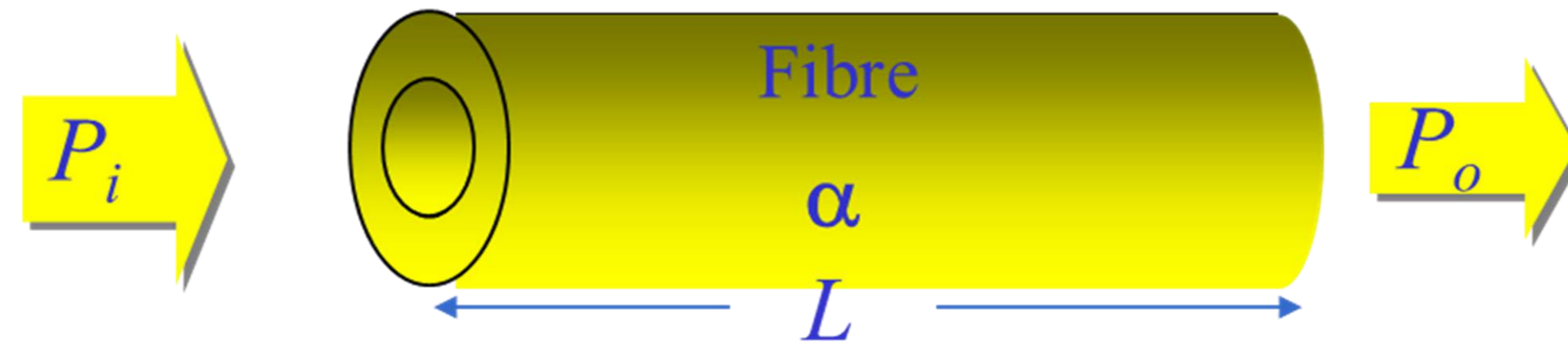
- 1. Penurunan daya (atenuasi/redaman)**
2. Distorsi Sinyal Pada Serat

PENURUNAN DAYA (ATENUASI /REDAMAN)

- ❑ Redaman pada sebuah link komunikasi optik akan menentukan jarak transmisi maksimum antara *transmitter* dan *receiver*.
- ❑ Redaman akan menentukan berapa banyaknya *repeater* dan *margin* daya yang dibutuhkan oleh link komunikasi serat optik.

PENURUNAN DAYA (ATENUASI /REDAMAN)

- ▶ Besaran atenuasi (atau rugi-rugi) :



$$\alpha = \frac{10}{L} \cdot \log \left(\frac{P_{in}}{P_{out}} \right) \quad dB/km$$

dengan :

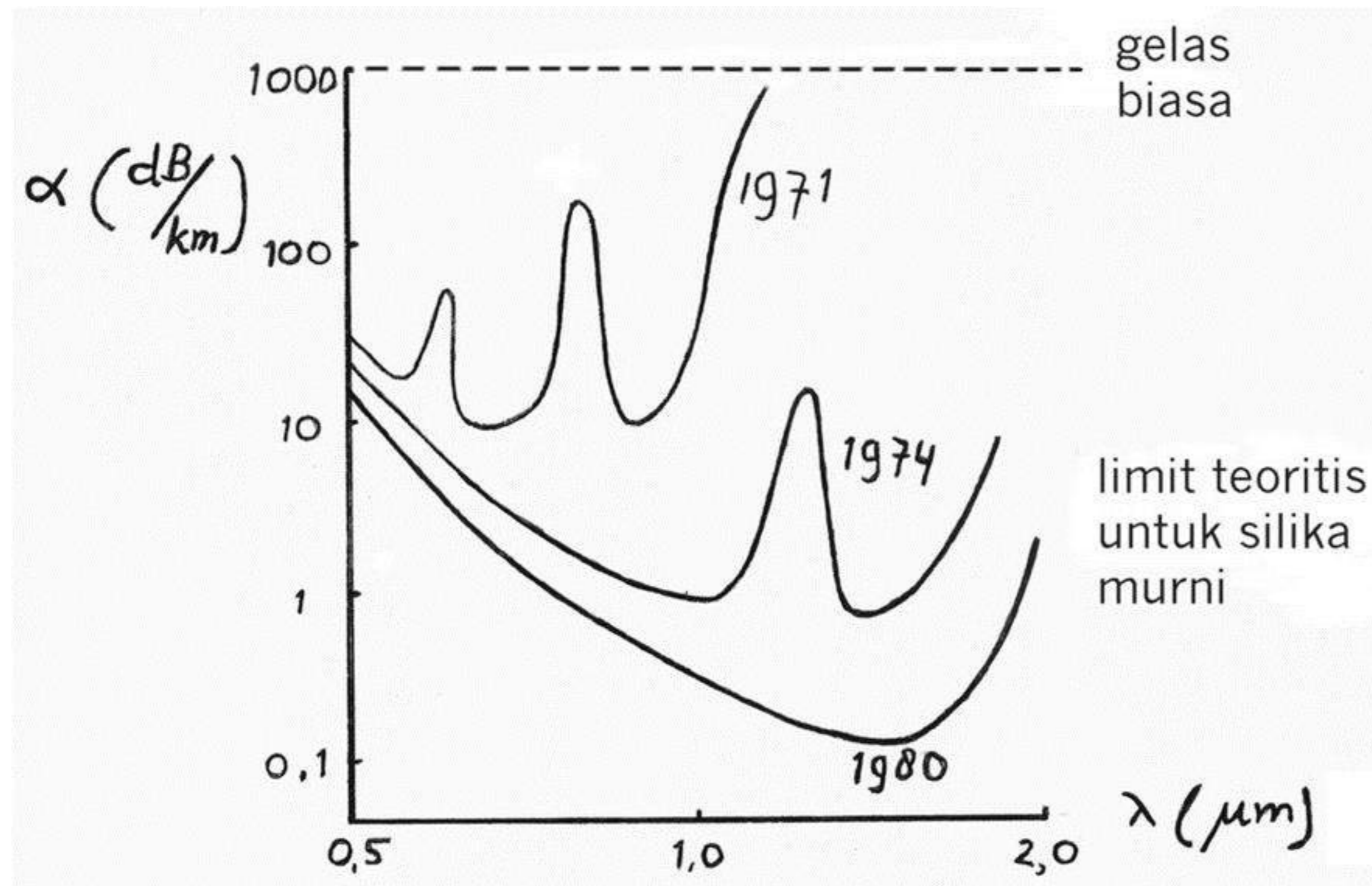
L = panjang serat optik

P_{in} = daya yang memasuki serat optik

P_{out} = daya yang keluar dari serat optik

PENURUNAN DAYA (ATENUASI / REDAMAN)

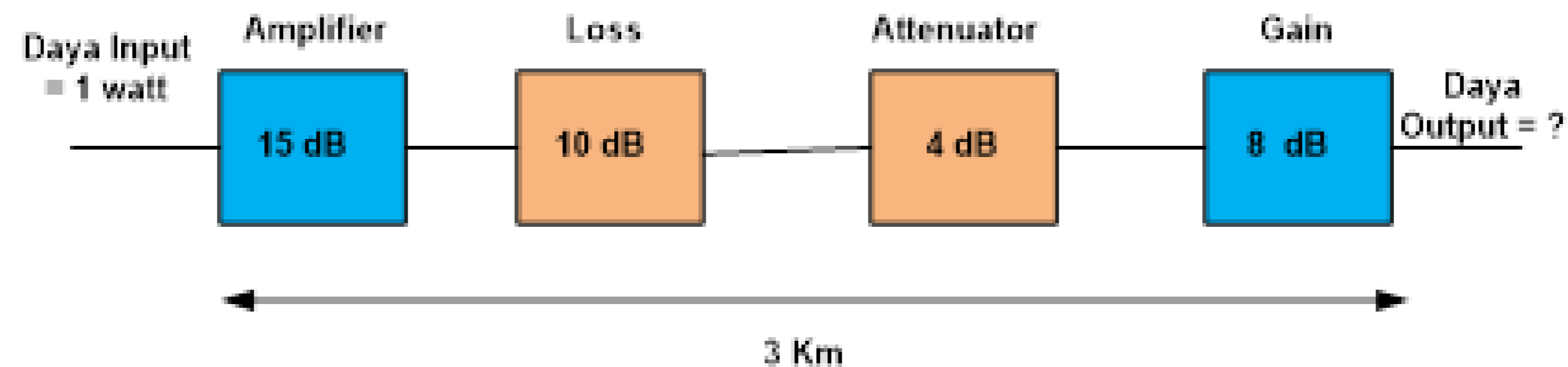
Grafik atenuasi vs. panjang gelombang :



PENURUNAN DAYA (ATENUASASI / REDAMAN)

CONTOH SOAL 1 :

Berapakah Daya output (P_o) dari gambar link optik berikut ini :



$$\begin{aligned} \text{Daya Total Keseluruhan : } P_{\text{Total}} &= P_{\text{amplifier}} + \text{LOSS} + L_{\text{attenuator}} + P_{\text{Gain}} \\ &= (+15 \text{ dB}) + (-10 \text{ dB}) + (-4 \text{ dB}) + (+8 \text{ dB}) = 9 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Gain} = 10 \log\left(\frac{P_o}{P_i}\right)$$

$$9 = 10 \log\left(\frac{P_o}{1}\right) \rightarrow 10^{0,9} = \frac{P_o}{1} \text{ maka } P_o = 7.94 \text{ dB}$$

PENURUNAN DAYA (ATENUASI / REDAMAN)

CONTOH SOAL 2 :

Bila daya optik input sebuah link system optik sepanjang 4 km adalah sebesar 100 μW , serta daya yang diterima adalah sebesar 20 μW . Tentukanlah :

- 1) Redaman Sinyal Optik per Km
- 2) Redaman Sinyal Optik keseluruhan Link (dalam dB)
- 3) Redaman sinyal keseluruhan dengan panjang link 6 Km, menggunakan fiber yang sama dengan penyambung / konektor tiap 1 km sebesar 0.5 dB.

Jawab :

1) Redaman sinyal Optik per km berdasarkan rumus adalah :

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{10}{L} \log\left(\frac{P_i}{P_o}\right) \quad (\text{dB/Km}) \\ &= \frac{10}{4} \log\left(\frac{100 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-6}}\right) = 1.75 \text{ dB/Km}\end{aligned}$$

PENURUNAN DAYA (ATENUASI / REDAMAN)

CONTOH SOAL 2 :

Jawab :

2. Redaman sinyal optik keseluruhan Link adalah :

$$\mathcal{L} = \alpha L$$

$$= 1.75 \text{ dB/Km} \cdot 6 \text{ Km} = 10.5 \text{ dB}$$

3. Redaman Sinyal optik keseluruhan pada link sepanjang 6 km jika tiap 1 km menggunakan konektor sebesar 0.5 dB adalah :

Redaman Konektor keseluruhan :

$$\mathcal{L}_k = 6 \times 0.5 \text{ dB/Km} = 3 \text{ dB}$$

Sehingga Redaman Sinyal Optik Keseluruhan adalah :

$$\mathcal{L} = 10.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 13.5 \text{ dB}$$

PENURUNAN DAYA (ATENUASI / REDAMAN)

▶ Atenuasi disebabkan oleh :

- Absorpsi
- Hamburan
- Radiasi keluar
- Rugi pada bidang batas inti-selubung
- Rugi Fresnel

PENYERAPAN (ABSORPSI)

► Mekanisme absorpsi :

- ❑ Cacat atom dalam gelas
- ❑ Absorpsi ekstrinsik oleh ketidakmurnian
- ❑ Absorpsi intrinsik oleh atom-atom sendiri

Cacat atom :

- ❑ Molekul yang hilang, penumpukan molekul, dsb
- ❑ Radiasi nuklir (biasanya sedikit tapi dapat besar)

PENYERAPAN (ABSORPSI)

Ketidakhayuan :

- Paling dominan
- Disebabkan oleh atom Fe, Cr, Co, Cu, dan gugus OH⁻

Daerah ultra violet

$$\begin{aligned} \alpha_{uv} &\propto \exp\left(\frac{h \cdot \nu}{\text{konst.}}\right) \\ &\propto \exp\left(\frac{4.63}{\lambda}\right) \quad \text{dB/km} \end{aligned}$$

Daerah infra merah

$$\alpha_{ir} \propto \exp\left(\frac{-48.48}{\lambda}\right) \quad \text{dB/km}$$

Hamburan (*Rayleigh Scattering*)

Hamburan disebabkan oleh :

- ❑ Variasi mikroskopik pada kerapatan
- ❑ Fluktuasi komposisi
- ❑ Struktur yang tidak homogen atau cacat dalam fabrikasi

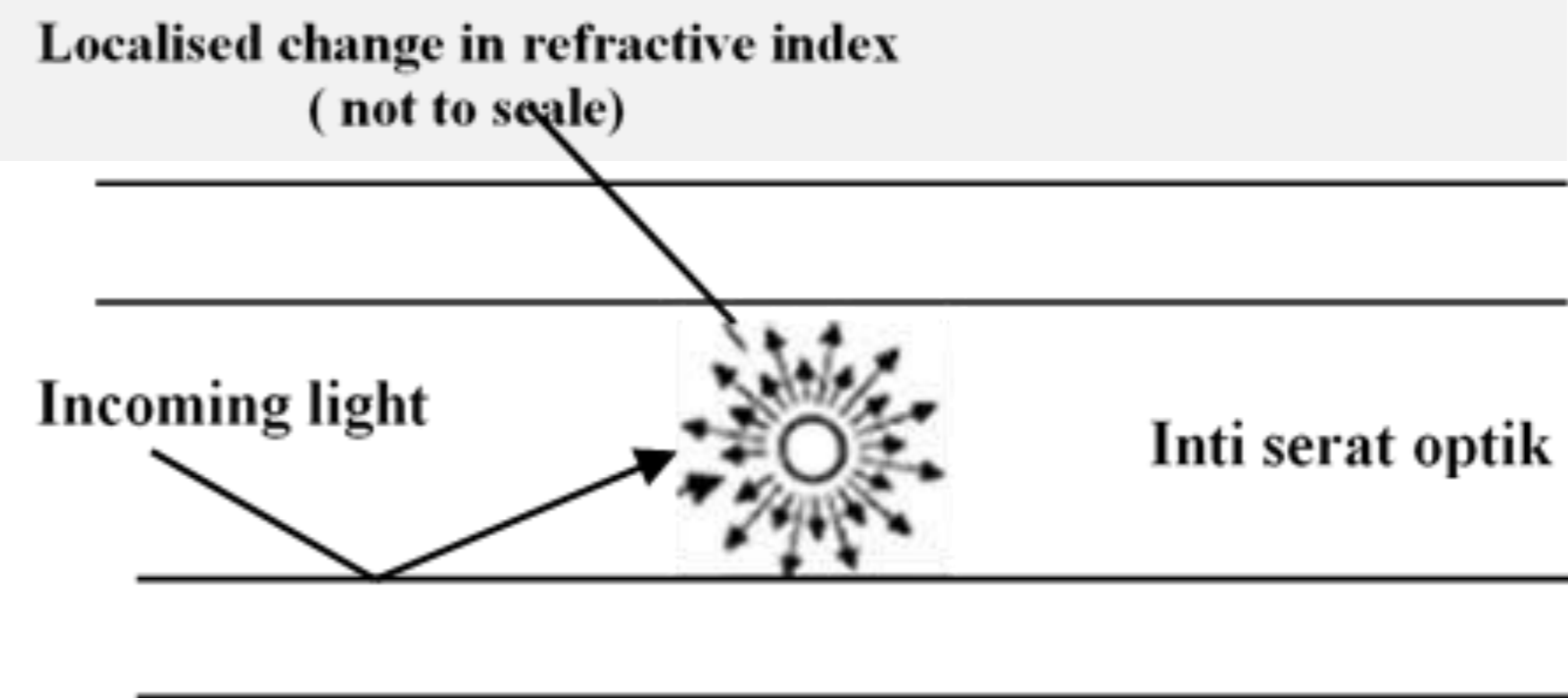
Untuk gelas komponen tunggal :

$$\beta_{\text{ham}} = \frac{8 \cdot \pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot (n^2 - 1)^2 \cdot k_b \cdot T_f \cdot \beta_T$$
$$= \frac{8 \cdot \pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot n^8 \cdot p^2 \cdot k_b \cdot T_f \cdot \beta_T$$

k_b = konstanta Boltzmann

β_T = kompresibilitas isothermal

p = koefisien fotoelastik



Gambar. *Rayleigh scattering*

Hamburan (*Rayleigh Scattering*)

► Untuk gelas multikomponen :

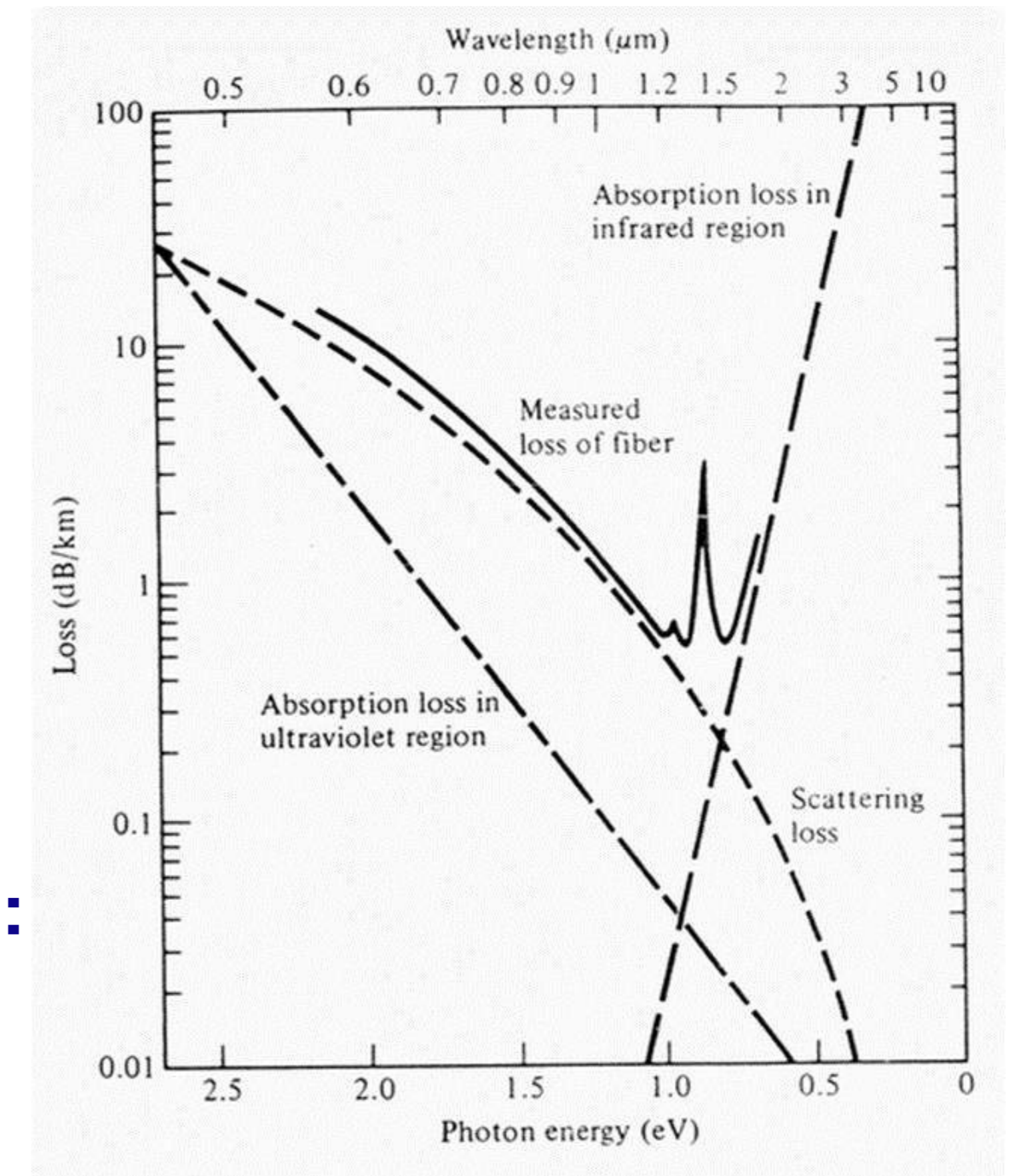
$$\beta_{\text{ham}} = \frac{8 \cdot \pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot (\delta n^2)^2 \cdot \delta V$$

Dalam dB :

$$(10 \cdot \log e) \cdot \beta_{\text{ham}} = 4.343 \cdot \beta_{\text{ham}}$$

Daerah panjang gelombang untuk komunikasi serat optik :

- ❖ 0.8 – 1.1 μm (generasi pertama)
- ❖ 1.3 μm (dispersi terkecil \rightarrow generasi kedua)
- ❖ 1.6 μm (atenuasi terkecil \rightarrow generasi ketiga)



RADIASI

- ▶ Rugi radiasi disebabkan oleh “kegagalan” pantulan dalam total karena adanya lengkungan atau bengkokan :
 - ❑ *Macrobending loss (bending loss)* : jari-jari kelengkungan \gg jari-jari inti serat optik
 - ❑ *Microbending loss* : jari-jari kelengkungan \gtrsim jari-jari inti serat optik

RADIASI

- ▶ Rugi radiasi disebabkan oleh “kegagalan” pantulan dalam total karena adanya lengkungan atau bengkokan :
 - ❑ *Macrobending loss (bending loss)* : jari-jari kelengkungan \gg jari-jari inti serat optik
 - ❑ *Microbending loss* : jari-jari kelengkungan \gtrsim jari-jari inti serat optik

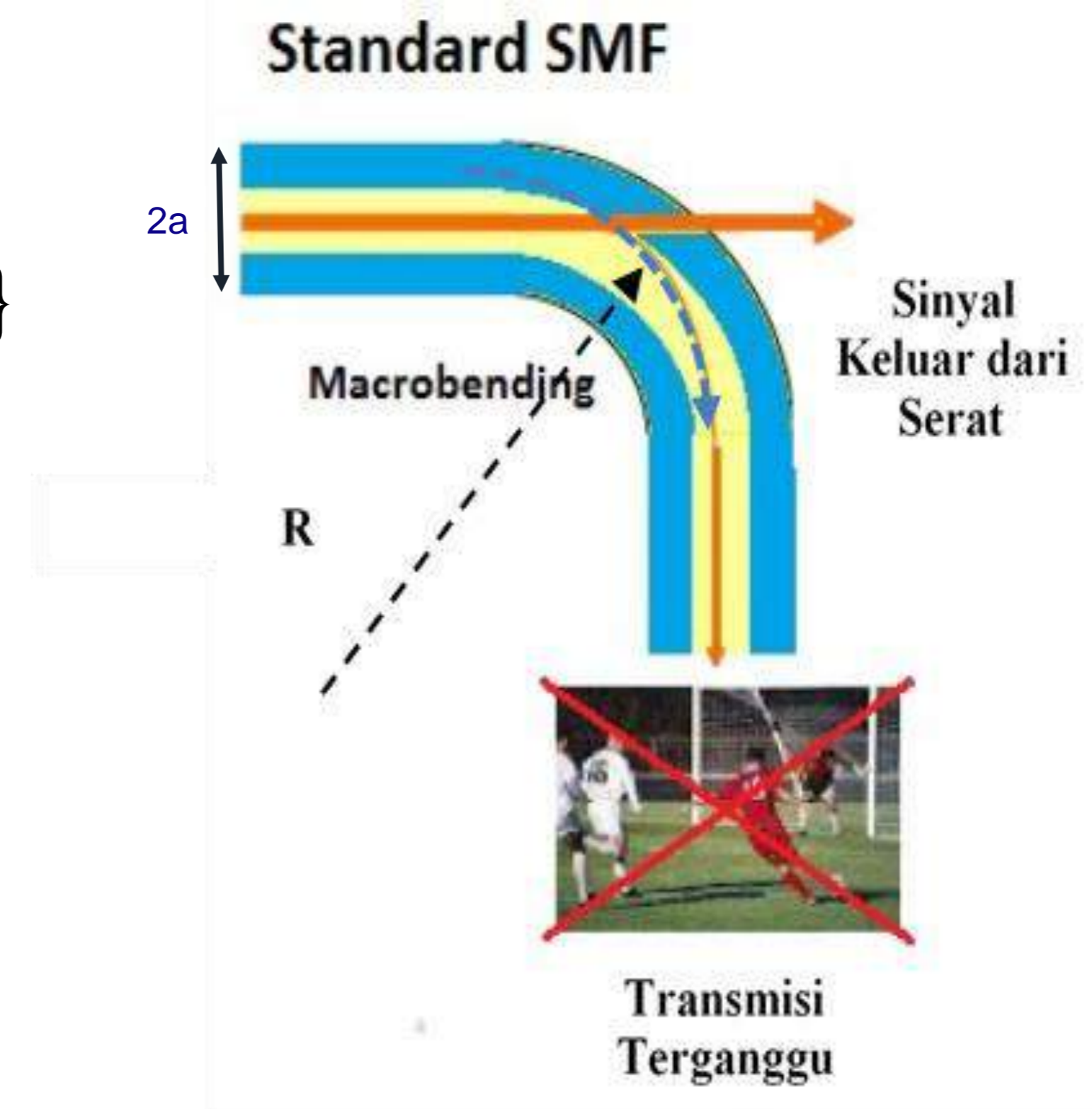
RADIASI – *Macrobending Loss*

- ▶ Terjadi akibat adanya tekukan (*bending*) di sepanjang daerah yang dibengkokkan saat penggelaran kabel serat optik

Jumlah mode :

$$N_{\text{eff}} = N_{\infty} \cdot \left\{ 1 - \frac{\alpha + 2}{2\alpha\Delta} \cdot \left[\frac{2a}{R} + \left(\frac{3}{2n_2 k R} \right)^{2/3} \right] \right\}$$

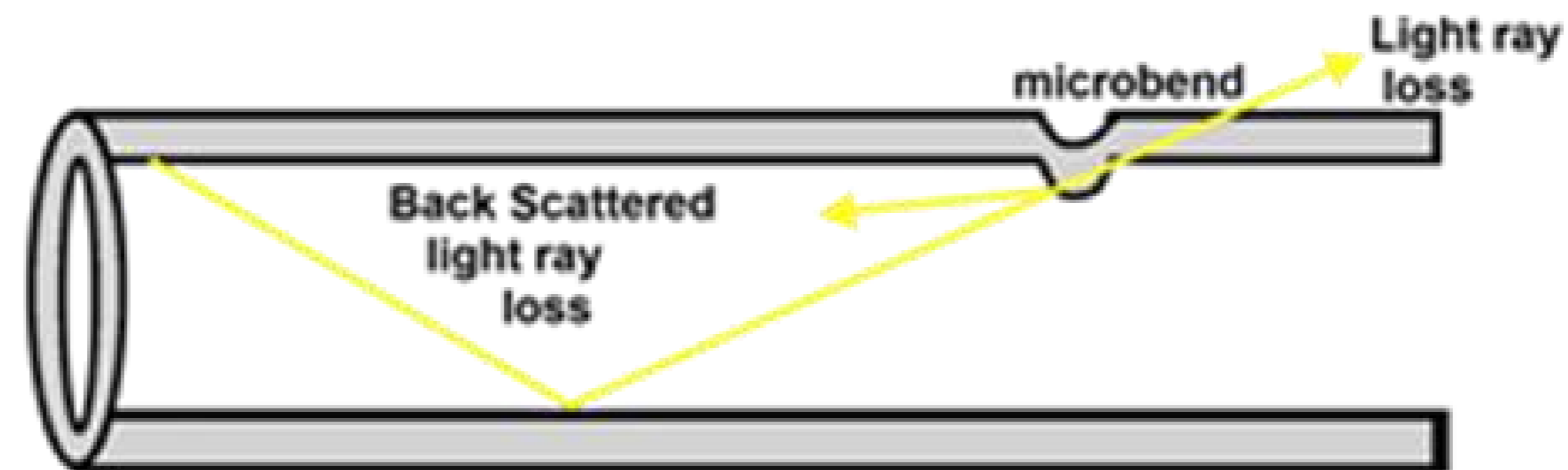
$$N_{\infty} = \frac{\alpha}{\alpha + 2} \cdot (n_1 k a)^2 \cdot \Delta$$



RADIASI – *Microbending Loss*

- ▶ Kerut-kerut di sepanjang serat optik, disebabkan oleh :
 - Ketidakrataan pada fabrikasi
 - Tekanan lateral yang tidak uniform

Akibatnya : kopling daya antar mode



RUGI PADA BIDANG BATAS INTI-SELUBUNG

Ditentukan oleh :

1. Kualitas bidang batas
2. Kualitas bahan selubung

Dinyatakan dengan :

$$T_b = (1 - b_b)^{\eta \ell}$$

dengan :

b_b = rugi bidang batas

η = jumlah pantulan per satuan panjang

$$= \tan \frac{\phi'}{2a}$$

a = jari - jari inti serat

RUGI FRESNEL

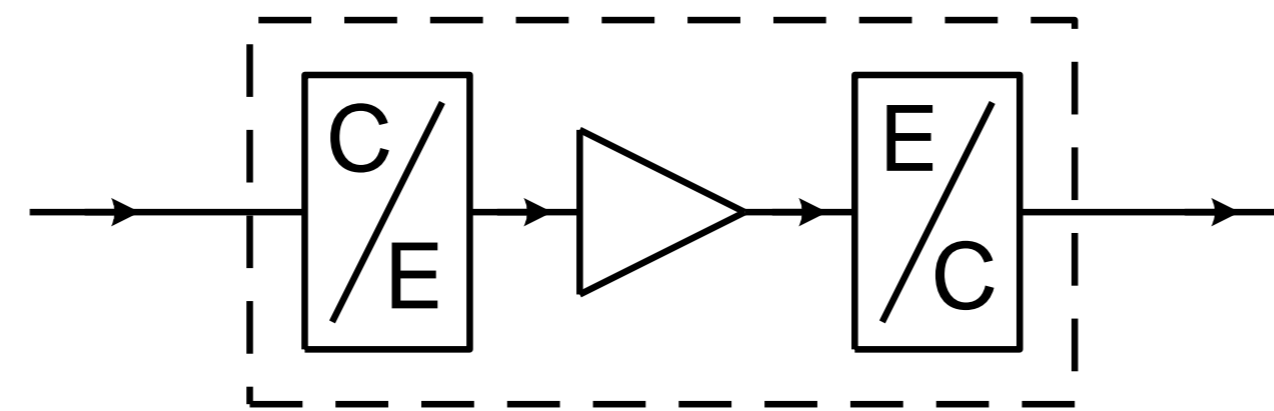
- ▶ Terjadi pada setiap bidang batas antara gelas/silika dan udara (permukaan pangkal dan ujung serat, coupler, dsb.)

Besarnya setiap kali untuk batas gelas ($n = 1,5$) -udara($n=1$):

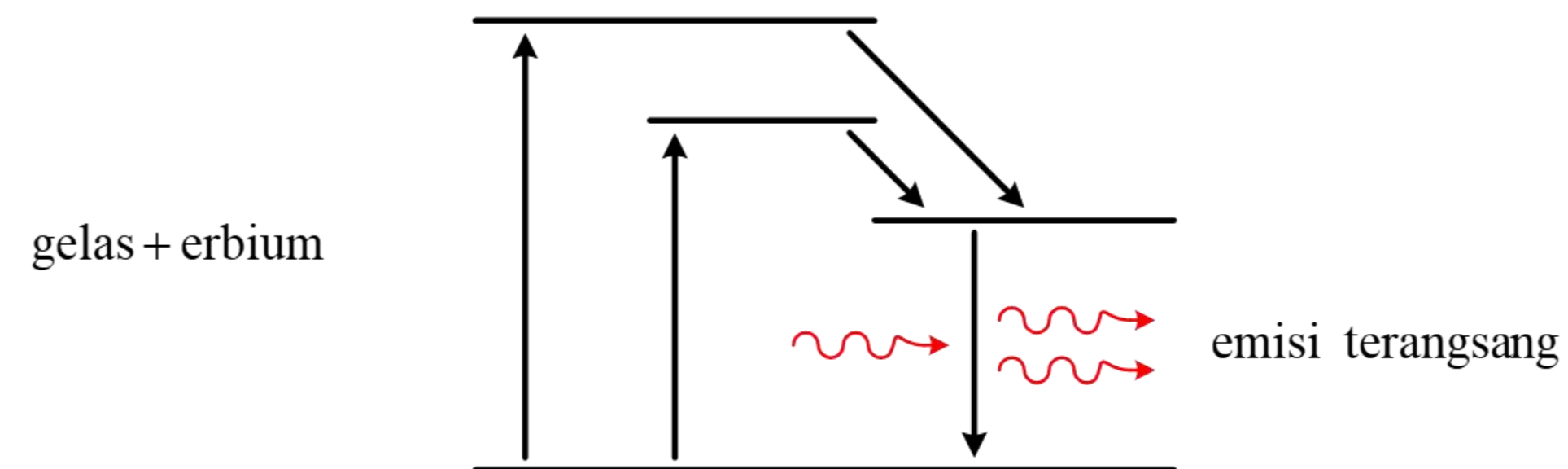
$$-10 \cdot \log \left[1 - \left(\frac{1.5 - 1.0}{1.5 + 1.0} \right)^2 \right] = 0.18 \text{ dB}$$

MENGATASI ATENUASASI / REDAMAN

► Repeater konvensional



□ Bahan inti serat optik disuntiki *erbium* :



□ Emisi terangsang : 1.52 – 1.56 μm



TERIMA KASIH
