

# POWER LAUNCHING

Ref : Keiser

# POWER LAUNCHING

- **Penyaluran daya optis dr sumber ke fiber :**
  - **Fiber :**
    - **NA fiber**
    - **Ukuran inti**
    - **Profil indeks bias**
    - **Beda indeks bias inti-kulit**
  - **Sumber :**
    - **Ukuran**
    - **Radiansi/brightness (daya yg diradiasikan pd satu satuan sudut ruang tiap satuan luas permukaan emisi [W/(Cm<sup>2</sup>.steradial)])**
    - **Distribusi daya angular**


# Penyaluran daya dr sumber ke fiber

**Efisiensi gandengan, ukuran daya emisi sumber yg dpt digandeng ke fiber :**

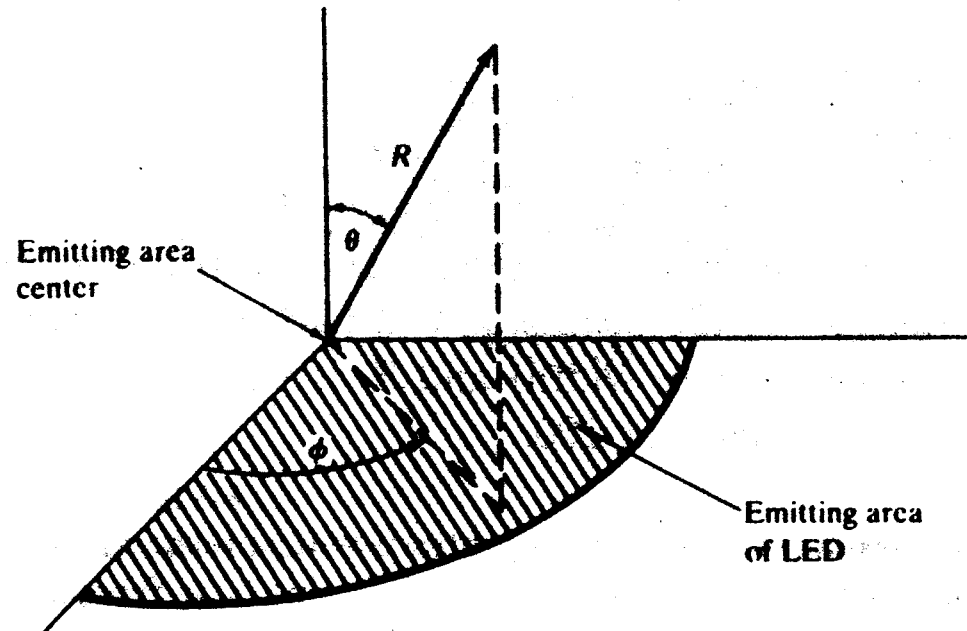
$$\eta = \frac{P_F}{P_S}$$

**$P_F$  : daya yg digandeng ke fiber**

**$P_S$  : daya yg diemisikan oleh sumber**

**Daya yg digandeng ke fiber  radiansi → Parameter radiansi lebih penting dr daya keluaran total dlm efisiensi gandengan**

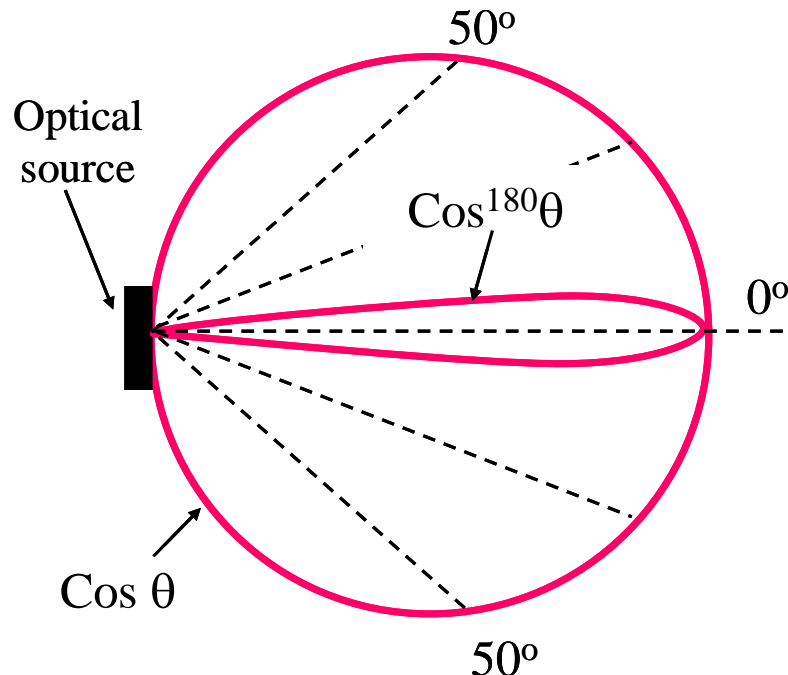
# Pola keluaran sumber



**Sistem koordinat bola utk pencirian pola emisi sumber cahaya**

LED emisi permukaan memiliki pola keluaran lambertian yi sumber sama cerah jika dilihat dr setiap arah.

Daerah proyeksi permukaan emisi bervariasi  $\cos \theta$  thd arah penglihatan  $\rightarrow$  daya dikirim pd sudut  $\theta$  bervariasi  $\cos \theta$  (diukur relatif thd garis tegak lurus permukaan emisi).



Pola radiansi sumber lambertian dan keluaran lateral dioda laser sangat terarah. Keduanya memiliki  $B_0$  normalisasi = 1

**Pola emisi sumber lambertian :  $B(\theta, \phi) = B_0 \cos \theta$**

**$B_0$  : radiansi sepanjang garis tegak lurus thd permukaan emisi.**

**LED emisi ujung dan laser memiliki pola emisi yg lebih kompleks.**

**Perangkat tsb memiliki radiansi berbeda pd bidang sejajar  $B(\theta, 0)$  dan bidang tegak lurus  $B(\theta, 90)$  thd bidang emisi.**

**Radiansi dpt didekati dng formula umum :**

$$\frac{1}{B(\theta, \phi)} = \frac{\sin^2 \phi}{B_0 \cos^T \theta} + \frac{\cos^2 \phi}{B_0 \cos^L \theta}$$

**L : koefisien distribusi daya lateral (bil asli)**

**L = 1 → lambertian**

**T : koefisien distribusi daya transversal (bil asli)**

**T : umumnya jauh lebih besar dr L (laser L > 100)**

# Contoh

Dioda laser memiliki HPBW  $2\theta = 10^\circ$  pada arah lateral ( $\Phi = 0^\circ$ )

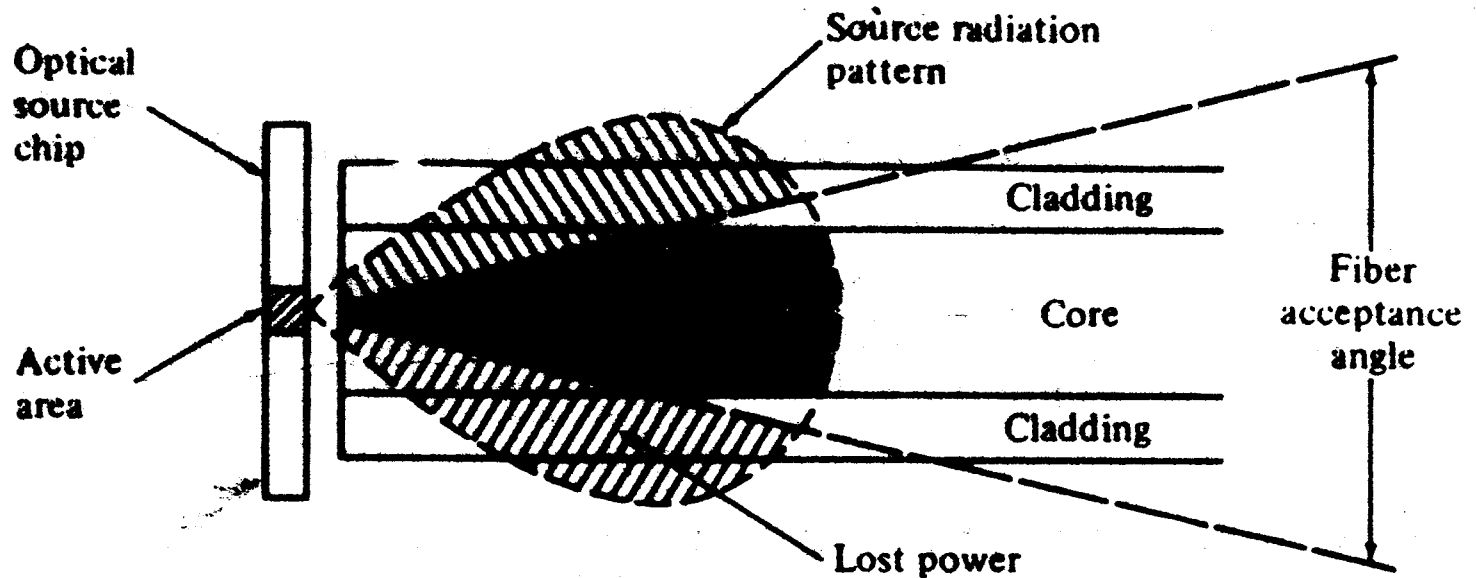
Hitung L .

Berarti :  $\sin \Phi = 0$  dan  $\cos \Phi = 1$

Shg  $\rightarrow B(\theta=5^\circ, \Phi=0^\circ) = B_0(\cos 5^\circ)^L = \frac{1}{2} B_0$

Jadi :  $L = \log 0,5 / \log(\cos 5^\circ) = \log 0,5 / \log 0,9962 = 182$

# Perhitungan gandengan daya



**Gambar sumber optik digandeng ke fiber optik.  
 Daya diluar sudut penerimaan akan loss/hilang**



## Serat Step Index

Daya diteruskan ke fiber :

$$P_{\text{LED,step}} = P_s (\text{NA})^2 \quad r_s \leq a$$

$$P_{\text{LED,step}} = (a/r_s)^2 P_s (\text{NA})^2 \quad r_s > a$$

$$P_s = \pi^2 r_s^2 B_0 ;$$

$r_s$  : jari-jari daerah aktif (Cm);

$B_0$  : radiansi sepanjang garis tegak lurus terhadap permukaan emisi ( $\text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{sr})$ );

sr = steradian

NA : numerical aperture serat optik

a : jari-jari inti serat (Cm).

# Contoh

**LED ,  $r_s = 35 \mu\text{m}$ , pola emisi lambertian pd arah aksial  $150 \text{ W}/(\text{Cm}^2.\text{sr})$**

**Fiber step index 1 :  $a_1 = 25 \mu\text{m}$ ,  $\text{NA} = 0,20$**

**Fiber step index 2 :  $a_2 = 50 \mu\text{m}$ ,  $\text{NA} = 0,20$**

**Bandingkan daya di gandeng oleh kedua fiber tsb.**

## Serat Graded Index

$$P_{LED,GI} = 2P_s n_1^2 \Delta \left( 1 - \frac{2}{\alpha + 2} \left( \frac{r_s}{a} \right)^\alpha \right) \quad r_s \leq a$$

$$P_{LED,GI} = 2\pi^2 a^2 B_0 n_1^2 \Delta \left( 1 - \frac{2}{\alpha + 2} \left( \frac{r_s}{a} \right)^\alpha \right) \quad r_s > a$$

Jika indeks bias medium  $n$  berbeda dgn indeks bias inti  $n_1$ , daya digandeng ke fiber berkurang dgn faktor :

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

$$P_{\text{coupled}} = (1-R) P_{\text{emitted}}$$

**R** : faktor koefisien refleksi Fresnell di permukaan ujung fiber

# Gandengan daya thd panjang gelombang

Daya optk yg digandeng ke fiber tidak tergantung pd panjang gelombang tetapi hanya  $\downarrow$  brightness/radiansi.

Pd fiber optik MM, jumlah modus yg menjalar :

$$M = \frac{\alpha}{\alpha + 2} \left( \frac{2\pi a n_1}{\lambda} \right)^2 \Delta$$

Daya diradiasikan setiap modus  $P_s/M$ , dr sumber pd suatu panjang gelombang tertentu :

$$\frac{P_s}{M} = B_o \lambda^2$$

Dr kedua pers tsb, dua sumber dengan panjang gelombang berbeda tetapi memiliki radiansi yg sama menghasilkan gandengan ke fiber sama besarnya.

# Keseimbangan NA

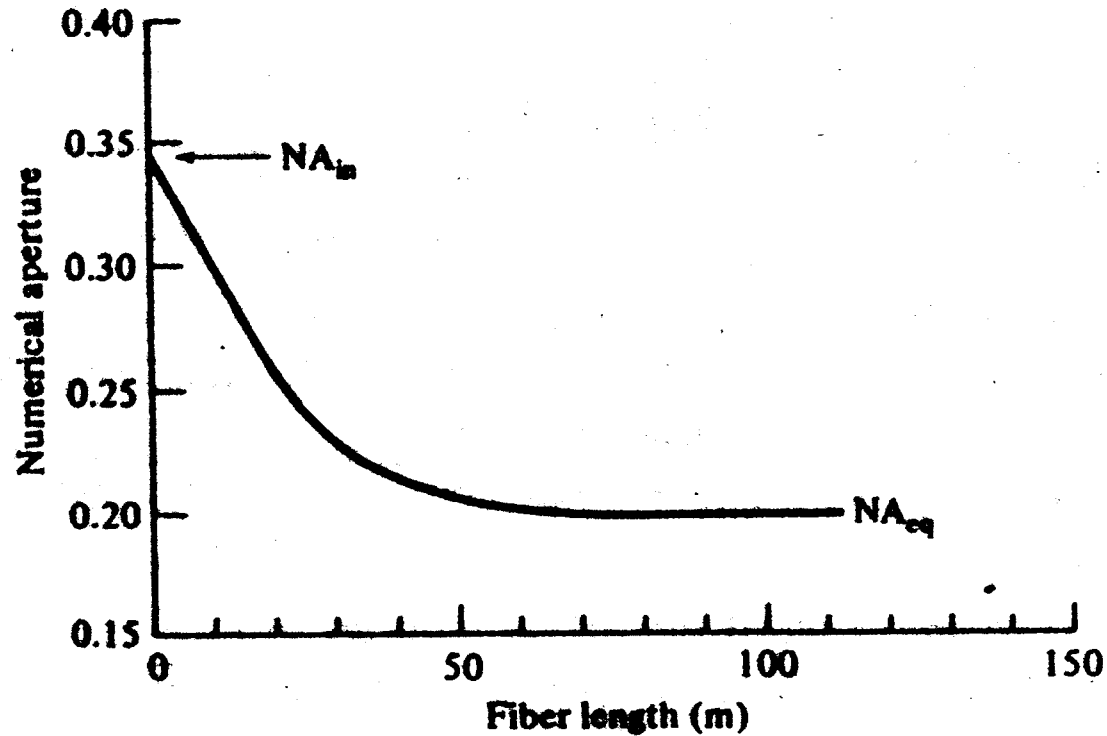
- Suatu sumber sering dilengkapi dgn flylead.
- $NA_{fly} = NA_f$  dan  $a_{fly} = a_f \rightarrow$  loss gandengan kecil
- Beberapa puluh meter pertama modus tak merambat dlm fiber  $\rightarrow$  terjadi excess power loss :
  - LED emisi permukaan terpengaruh efek tsb
  - Laser kurang terpengaruh
- Modus yg menjalar terjadi keseimbangan setelah beberapa puluh meter (sekitar 50 m)

• Daya di ttk keseimbangan :

$$P_{eq} = P_{50} \left( \frac{NA_{eq}}{NA_{in}} \right)$$

-  $P_{50}$  : daya diharapkan pd ttk 50 m berdasar launch NA ( $NA_{in}$ )

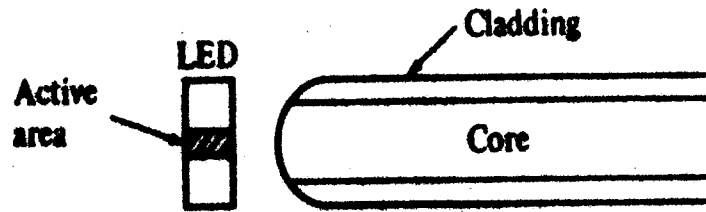
# Keseimbangan NA



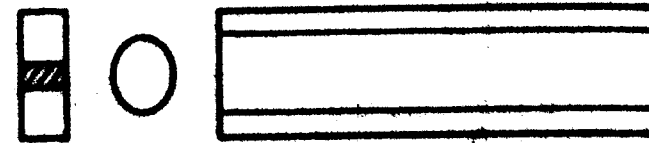
Contoh perubahan NA sbg fungsi panjang fiber

# Peningkatan gandengan

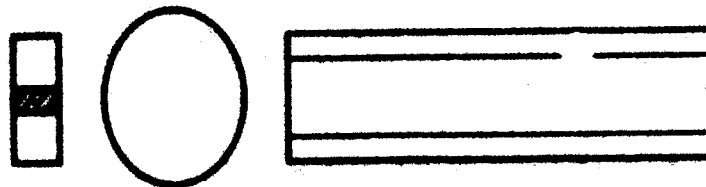
- Jika luas permukaan sumber  $>$  luas inti fiber  $\rightarrow$  daya dpt dpt digandeng maksimum.
- Jika luas permukaan sumber  $<$  luas inti fiber  $\rightarrow$  utk meningkatkan efisiensi perlu dipasang lensa mini yg diletakkan diantara sumber dan fiber.
- Fungsi lensa mini utk (seolah-olah) memperbesar daerah emisi sumber shg sepadan dng daerah permukaan inti fiber.
- Jika faktor pembesaran daerah emisi  $M \rightarrow$  daya yg digandeng ke fiber akan meningkat dgn faktor yg sama.
- Masalah dlm penggunaan lensa  $\rightarrow$  kesulitan pabrikan dan penanganannya (taper ended fiber)



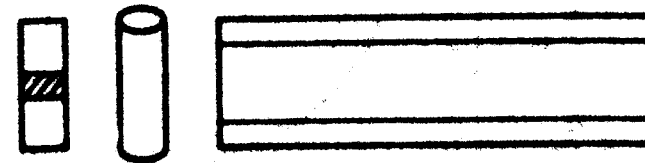
**Rounded-end fiber**



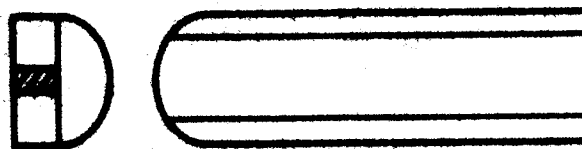
**Nonimaging microsphere**



**Imaging sphere**



**Cylindrical lens**



**Spherical-surfaced LED and spherical-ended fiber**



**Taper-ended fiber**

**Beberapa skema pelensaan yang mungkin utk peingkatan efisiensi gandingan sumber ke fiber**



# Microsphere tanpa bayangan

- **Asumsi :**
  - Lensa bulat memiliki indeks bias  $n \pm 2,0$
  - Media celah udara ( $n' = 1$ )
  - Daerah emisi lingkaran
  - Permukaan pengemisi terletak di fokus lensa
- **Lensa gaussian :**

$$\frac{n}{s} + \frac{n'}{q} = \frac{n' - n}{r}$$

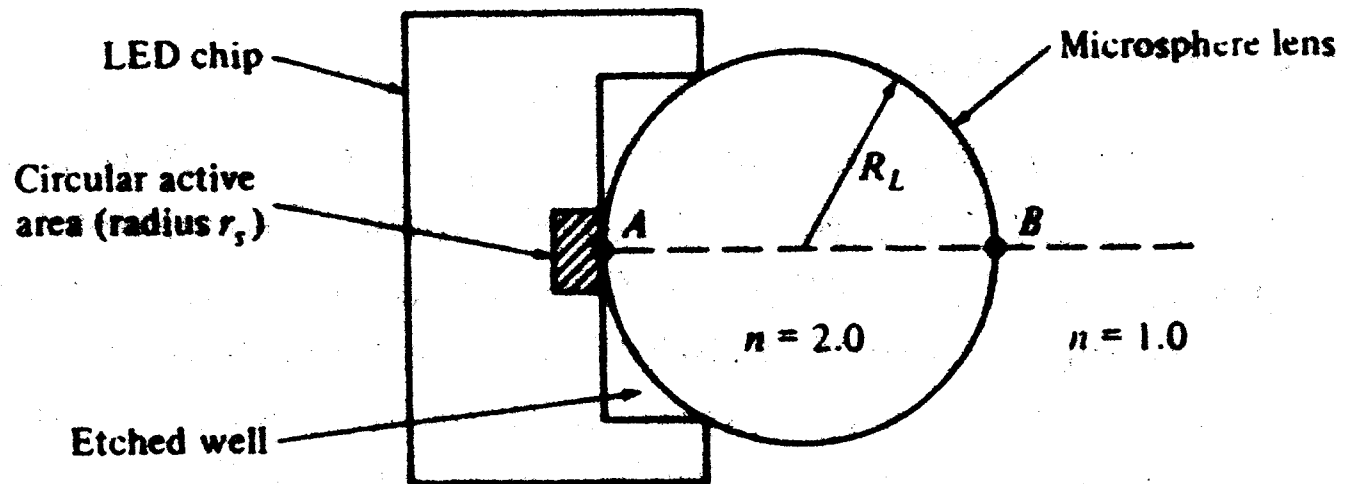
**s : jarak sumber dr pusat lensa**

**q : jarak bayangan dr pusat lensa**

**n : indeks bias lensa**

**n' : indeks bias media celah**

**r : jari-jari kelengkungan lensa**



LED dgn lensa microsphere

## Konvensi :

- Cahaya menjalar dr kiri ke kanan
- Jarak objek diukur ke kiri → positif, kekanan → negatif
- Jarak bayangan ke kanan → positif, kekiri → negatif
- semua permukaan cembung dilihat dr sumber memiliki jari-jari kelengkungan positif dan permukaan cekung → jari-jari negatif

Dengan  $q = \infty$ ,  $n = 2,0$ ;  $n' = 1$  dan  $r = - R_L$  maka diperoleh:

$$S = f = 2 R_L$$

Berarti fokus terletak di titik A.

Menempatkan LED di dekat permukaan lensa, perbesaran daerah emisi  $M$  :

$$M = \frac{\pi R_L^2}{\pi r_S^2} = \left( \frac{R_L}{r_S} \right)^2$$

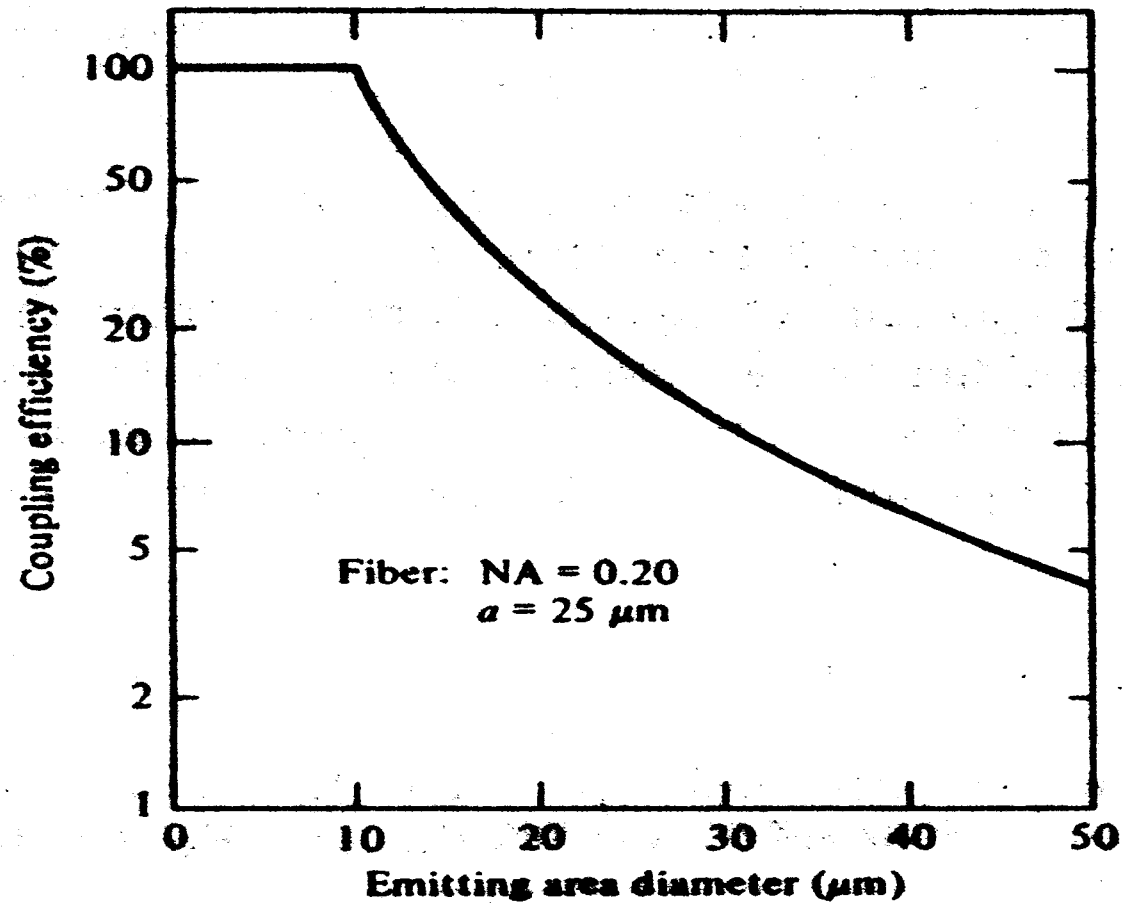
**Daya dpt di gandeng ke fiber dgn sudut penerimaan penuh  $2\theta$  :**

$$P_L = P_S \left( \frac{R_L}{r_S} \right)^2 \sin^2 \theta$$

**$P_S$  : daya keluaran total sumber tanpa lensa**

**Efisiensi gandengan maksimum :**

$$\eta_{\max} = \begin{cases} \left( \frac{a}{r_S} \right)^2 (NA)^2 & \text{utk } \frac{r_S}{a} > NA \\ 1 & \text{utk } \frac{r_S}{a} \leq NA \end{cases}$$



# Gandengan dioda laser - fiber

- Dari hasil pengukuran Laser memiliki pola emisi dgn Full Width at Half Maximum (FWHM) :
  - **Bidang tegak lurus** : **30 – 50°**
  - **Bidang sejajar** : **5 – 10°**
  - **Near field sejajar** : **3 – 9  $\mu\text{m}$**
- Distribusi keluaran angular > sudut penerimaan fiber dan daerah emisi  $\ll$  luas penampang inti fiber  $\rightarrow$  dpt digunakan lensa bulat, silindris atau fiber taper utk meningkatkan efisiensi.



Fiber collimator



Pigtail collimator