



CAHAYA & TELESKOP

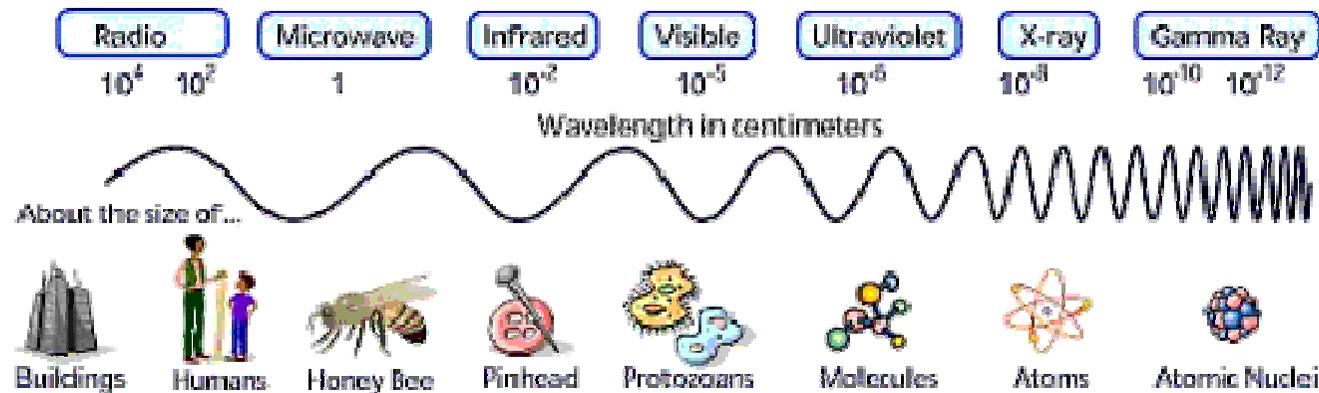
- Cahaya sebagai bentuk informasi dari langit
- Teleskop sebagai kolektor cahaya

Kompetensi Dasar:

Memahami konsep cahaya sebagai bentuk informasi dari langit dan mengembangkan kemampuan bernalar melalui penafsiran terhadap data dan informasi yang diperoleh dari hasil pengamatan

Bentuk-bentuk Informasi

- Empat macam bentuk informasi dari segala penjuru alam semesta:
 - **Radiasi EM:** Gelombang radio – Sinar gamma



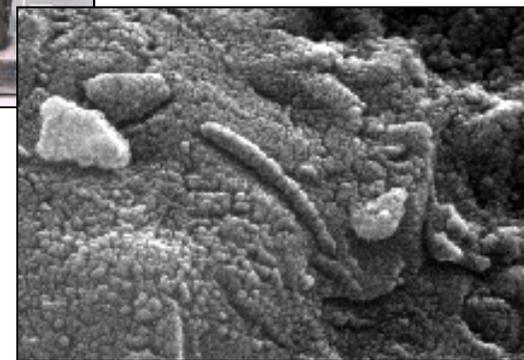
- **Partikel Sinar Kosmik:** Elektron, proton, netron, dan inti-inti berat berenergi tinggi
- **Neutrino (dan Antineutrino)**
- **Gelombang Gravitasi**

Karakteristik Masing-Masing

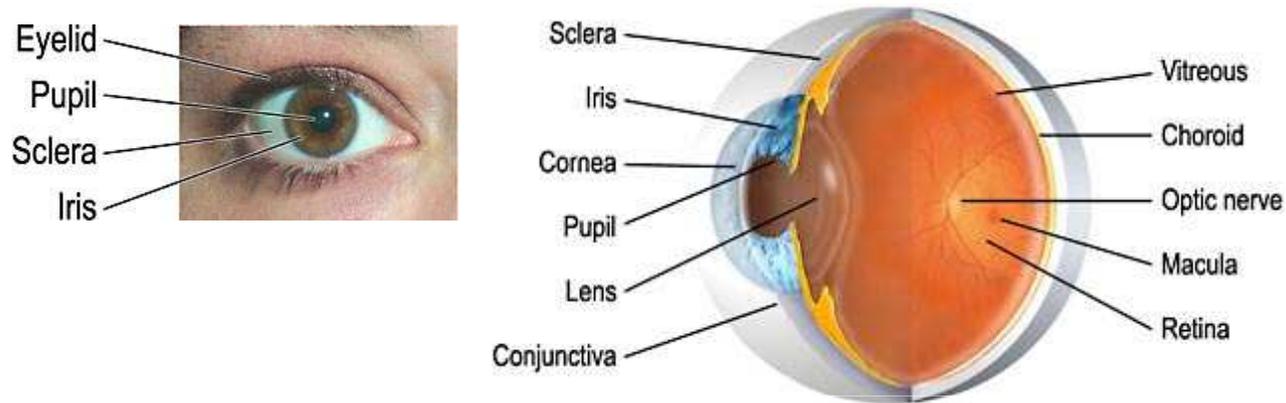
- Perbedaan antara **partikel sinar kosmik** dengan **radiasi EM** dan **Gelombang Gravitasi**:
 - sinar kosmik bergerak dengan kelajuan mendekati **c**
 - sinar kosmik memiliki massa diam positif
 - sinar kosmik dibelokkan oleh medan magnet kosmik
- **Neutrino**:
 - memiliki massa diam yang sangat kecil
 - tidak berinteraksi dengan materi yang dilaluinya
- **Gelombang gravitasi**:
 - belum berhasil dideteksi secara langsung
 - diprediksi dari perubahan gerakan orbit bintang ganda dekat kompak

Bentuk Lainnya...

Selain keempat bentuk di atas, bentuk informasi lainnya berupa material padatan dari ruang antarplanet ataupun ruang antarbintang.



Mengumpulkan Informasi



- Pupil sebagai pintu masuk cahaya → diafragma pada kamera!
- Diameter pupil: 2 – 8 mm
- Pengamatan sebelum era teleskop:
 - navigasi
 - kalender
 - astrologi
 - gerak planet → **Sistem Kopernikus & Hukum Kepler**

Fungsi Utama Teleskop

- **Mengumpulkan cahaya & memfokuskannya**
lebih besar diameter, lebih banyak cahaya yang dapat dikumpulkan



Fungsi Utama Teleskop

- **Mengumpulkan cahaya & memfokuskannya lebih besar diameter, lebih banyak cahaya yang dapat dikumpulkan**
- Kemampuan teleskop mengumpulkan cahaya → **Light Gathering Power (LGP)**

LGP \propto Luas Penampang

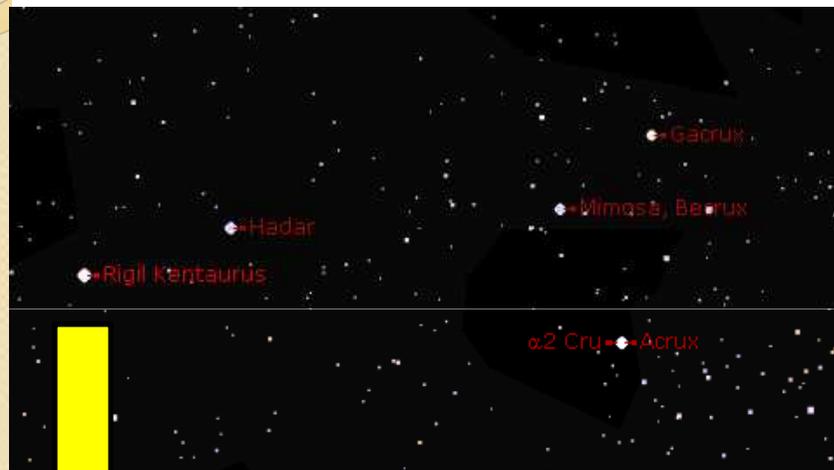
Contoh:

Berapakah perbandingan LGP teleskop dengan diameter objektif 10 cm terhadap mata saat bukaan pupil maksimum?

$$\frac{\text{Teleskop}}{\text{Mata}} = \frac{\frac{1}{4} \pi d_{\text{teleskop}}^2}{\frac{1}{4} \pi d_{\text{pupil}}^2} = \left(\frac{100\text{mm}}{8\text{mm}} \right)^2$$

$$\frac{\text{Teleskop}}{\text{Mata}} = 156,25$$

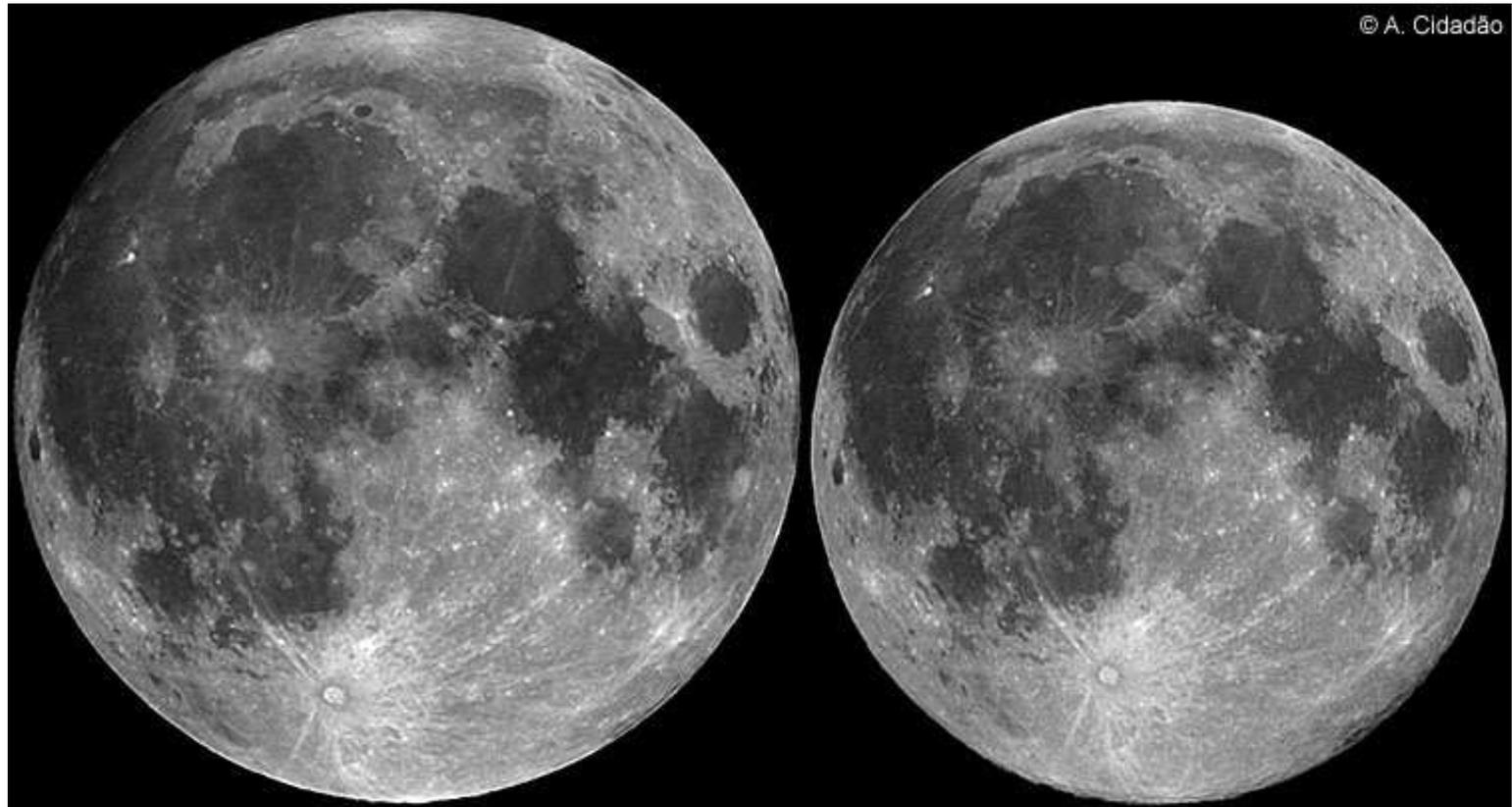
- **Memisahkan sudut yang kecil**
lebih besar diameter, lebih kuat kemampuan memisahkan sudut (daya resolusi)



$$\theta(\text{radian}) = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$
$$\theta(") = 2,52 \times 10^5 \frac{\lambda}{D}$$



- **Menguatkan / memperbesar**
membuat objek terlihat lebih besar (lebih dekat)

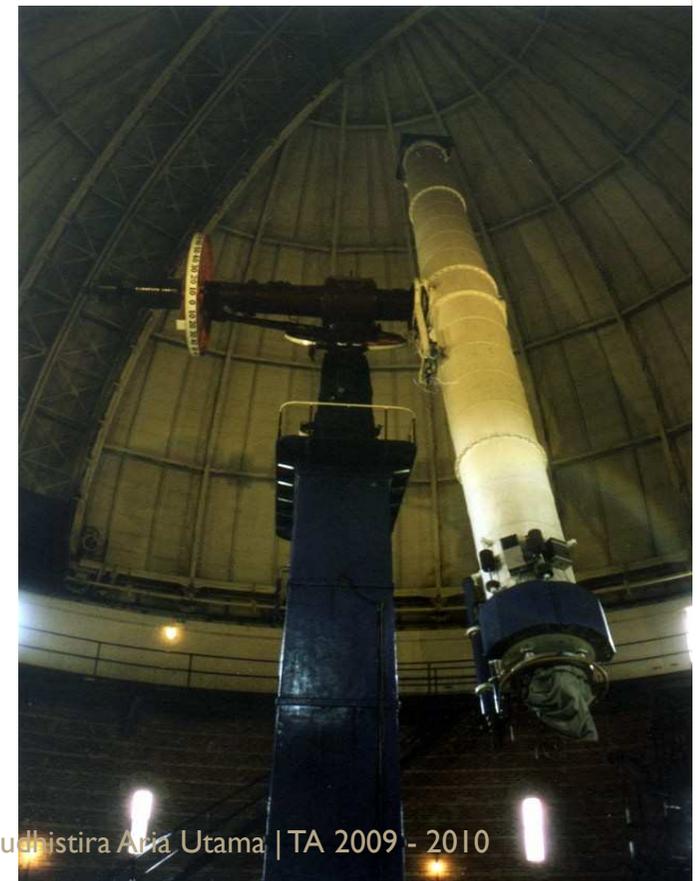
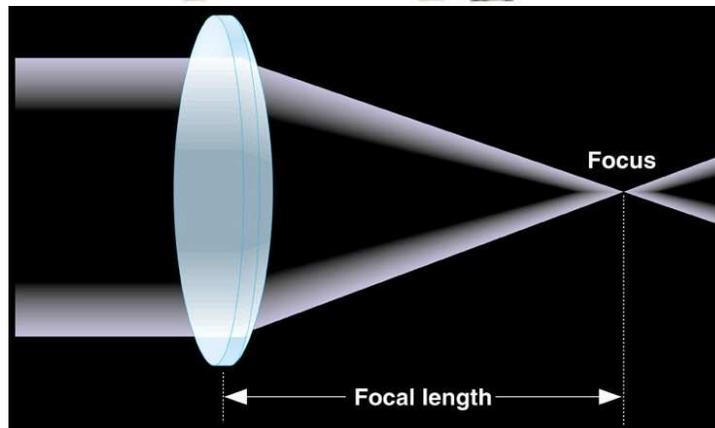


Ragam Teleskop

- Menurut pengumpul cahayanya:



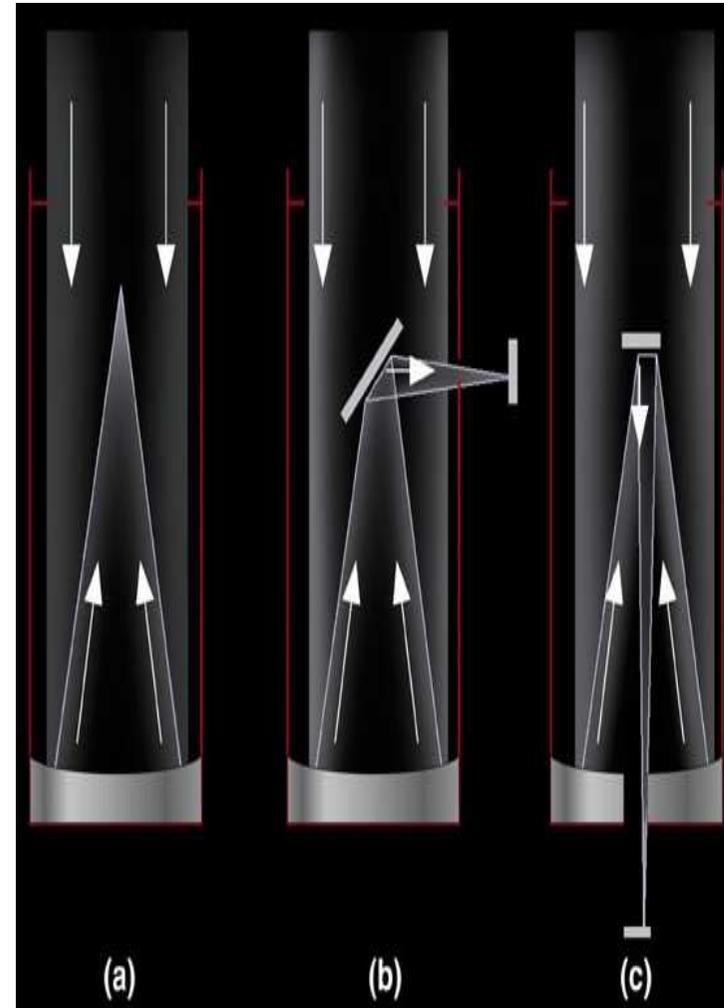
**Teleskop pembias
(refraktor)**





**Teleskop pemantul
(reflektor)**

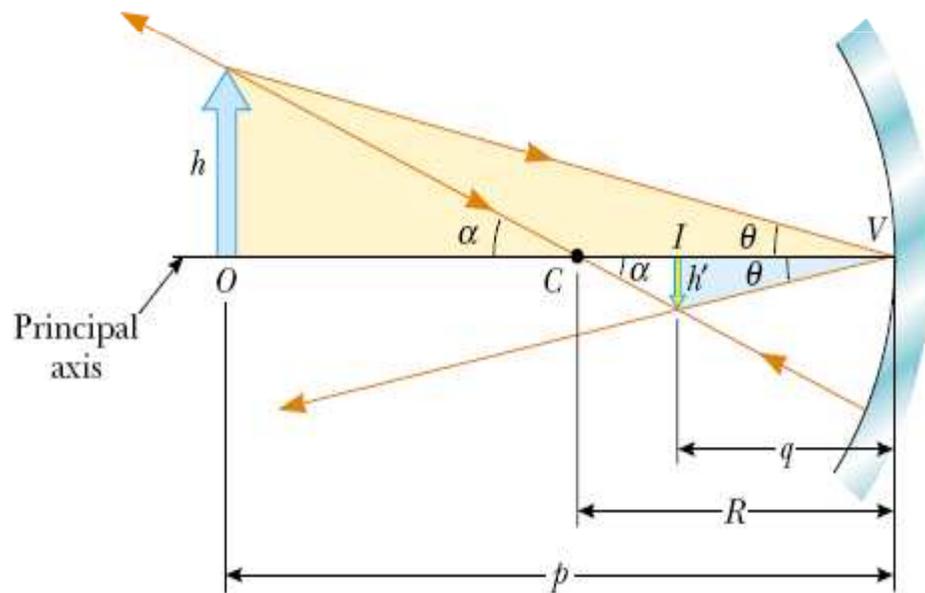
- Ragam Sistem Optik Teleskop Pemantul



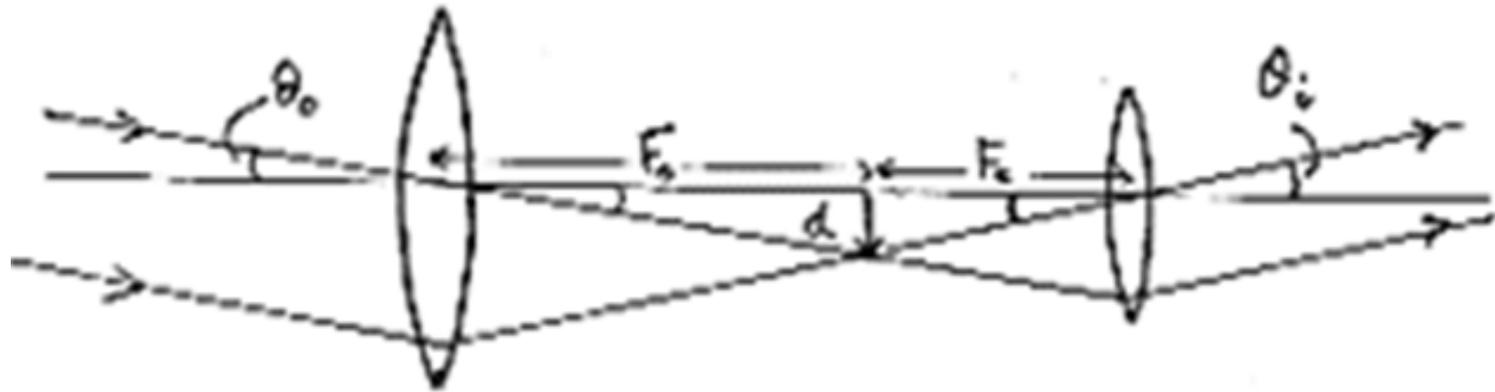
Parameter Optik Teleskop

- **Perbesaran linear & sudut**

Hanya ketika melakukan pengamatan dengan cara melihat langsung melalui lensa okuler (*eyepiece*).



$$\mathbf{M = \frac{h'}{h}}$$
$$\mathbf{\tan \theta = \frac{h}{p} = -\frac{h'}{q}}$$
$$\mathbf{\therefore M = -\frac{q}{p}}$$



$$\tan \theta_o = \frac{d}{F_o}, \tan \theta_i = \frac{d}{F_e}$$

$$\frac{\tan \theta_i}{\tan \theta_o} = \frac{F_o}{F_e}$$

Untuk $\theta \ll$

$$\frac{\theta_i}{\theta_o} = \frac{F_o}{F_e} = M$$

Untuk teleskop yang sama dapat diperoleh beragam perbesaran, bergantung pada ukuran panjang fokus lensa okuler yang digunakan.

Latihan:

Berapakah perbesaran yang dimiliki teleskop Meade 8" ($F_o = 2000 \text{ mm}$) ketika menggunakan lensa okuler dengan panjang fokus 20 mm dan 10 mm?

Batas Perbesaran Teleskop

- Perbesaran maksimum yang diizinkan dari kombinasi penggunaan lensa okuler (*eyepiece*) dengan lensa objektif adalah perbesaran yang masih membuat bayangan/citra benda terlihat dengan jelas.

Batas_bawah:

$$M \geq \frac{D(\text{mm})}{2} \quad (\text{pendekatan})$$

Batas_atas:

$$M \leq 27,8\sqrt{D(\text{mm})} \quad (\text{AturanWhittaker})$$

Berlaku untuk teleskop berdiameter kecil-menengah.

- **Daya resolusi**

Kriteria Rayleigh:

“Dua sumber titik akan terlihat terpisah bila **pusat pola difraksi** benda titik pertama berimpit dengan **minimum pertama pola difraksi** benda titik ke dua”

$$\theta(\text{radian}) = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\theta(") = 2,52 \times 10^5 \frac{\lambda}{D}$$

θ menyatakan sudut terkecil secara teoritis yang mampu dipisahkan oleh sebuah teleskop. Makin kecil sudut θ , makin kuat daya pisah teleskop yang bersangkutan.

Latihan:

Berapakah diameter teleskop yang diperlukan untuk dapat melihat kawah bergaris tengah 2 km di permukaan Bulan bila pengamatan dilakukan pada panjang gelombang visual ($\lambda=5500\text{\AA}$)? Diketahui jarak Bumi–Bulan 384.400 km.

- **Medan pandang**

Merupakan ukuran sudut (*angular size*) maksimum yang terlihat melalui sistem optik.

Secara umum, bila **perbesaran meningkat**, **medan pandang akan berkurang**.



Mata



2,4x



4,2x

- Lensa okuler (eyepiece) memiliki **apparent field of view** (medan pandang lihat), yaitu sudut maksimum sebagaimana dilihat melalui lensa itu sendiri. Pada praktiknya, dalam sebuah teleskop lensa okuler berpasangan dengan lensa objektif.
- Ada besaran lain dari lensa okuler yang disebut **actual field of view**, yang didefinisikan sebagai:

$$\text{Eyepiece actual FOV} = \frac{\text{Eyepiece apparent FOV}}{M}$$

Contoh:

Diberikan lensa okuler dengan panjang fokus 25 mm dengan apparent FOV 40° . Jika digunakan pada teleskop dengan panjang fokus lensa objektif 2000 mm, berapakah actual FOV untuk pengamatan tanpa akomodasi (mata rileks)?

$$M = \frac{F_o}{F_e} = \frac{2000\text{mm}}{25\text{mm}}, \quad \text{Actual FOV} = \frac{\text{Apparent FOV}}{M}$$

$$M = 80 \quad \text{Actual FOV} = \frac{40^\circ}{80} = 0,5^\circ$$

- **Angka banding-f (*f-ratio*)**

Merupakan rasio antara panjang fokus lensa/cermin utama terhadap diameternya.

Contoh:

Sebuah lensa dengan panjang fokus $F = 1000$ mm dan $D = 100$ mm mempunyai angka banding- $f = 10$, yang biasa dituliskan $f:10$ atau $f/10$.

- Berkenaan dengan angka banding-f ini, dikenal istilah **teleskop cepat** dan **teleskop lambat**.

Teleskop cepat:

- Angka banding-f kecil (< 6)
- Secara fisik bertabung pendek untuk suatu diameter tertentu
- Memiliki FOV yang luas (untuk eyepiece yang sama bila dibandingkan dengan teleskop lambat)
- Baik untuk pengamatan dengan M rendah

Teleskop lambat:

- Angka banding-f besar (> 8)
- Secara fisik bertabung panjang untuk suatu diameter tertentu
- Memiliki FOV yang sempit (untuk eyepiece yang sama bila dibandingkan dengan teleskop cepat)
- Baik untuk pengamatan dengan M tinggi

- **Skala bayangan (SB)**

Menggambarkan ukuran sudut benda langit dari tiap milimeter citra/bayangannya yang terbentuk di bidang fokus teleskop.

$$SB(" / \text{mm}) = \frac{206265}{F_o}$$

Contoh:

Berapa besar sudut yang digambarkan oleh tiap milimeter bayangan yang terbentuk di bidang fokus teleskop berpanjang fokus objektif 2032 mm?

$$SB = \frac{206265"}{2032\text{mm}}$$

$$SB = 101,5" / \text{mm}$$

Artinya, setiap mm bayangan yang terbentuk menggambarkan sudut sebesar 101,5" atau $0,03^{\circ}$ di langit.

- Untuk benda langit membentang (Bulan, galaksi, nebula), citra yang diperoleh dari potret benda tersebut akan dipusatkan dalam suatu daerah di bidang fokus. *Energi cahaya yang dipusatkan untuk tiap satuan luas citra* → **kecerahan bayangan (B)**.

Sumber cahaya membentang:

$$\mathbf{B} \propto \left(\frac{\mathbf{D}}{\mathbf{F}_o} \right)^2 = \left(\frac{\mathbf{I}}{\text{angka banding} - \mathbf{f}} \right)^2$$

Sumber cahaya titik:

$$\mathbf{B} \propto \mathbf{D}^2$$

- Tidak ada teleskop yang sempurna. Artinya tidak mungkin membentuk citra/bayangan yang sempurna ketajamannya (ada pembatasan oleh difraksi).

- **Ambang magnitudo**

Menyatakan objek teredup yang masih dapat dilihat oleh teleskop yang bersangkutan secara teoritik.

Untuk pengamatan langsung dengan mata, ambang magnitudo teleskop dapat didekati dengan hubungan:

$$m_{\text{limit}} = 16 + 5 \log \left(\frac{D(\text{mm})}{10} \right)$$