

# Riwayat Bintang

**Alexandre Costa, Beatriz García,  
Ricardo Moreno, Rosa M Ros**

*International Astronomical Union  
Escola Secundária de Loulé, Portugal  
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina  
Colegio Retamar de Madrid, Spain  
Universidad Politécnica de Cataluña, Spain*



# Tujuan

- Memahami perbedaan magnitudo yang nampak dengan magnitudo mutlak.
- Memahami diagram Hertzsprung-Russel sebagai diagram warna / magnitudo.
- Memahami konsep-konsep supernova, bintang neutron, black hole dan pulsar.

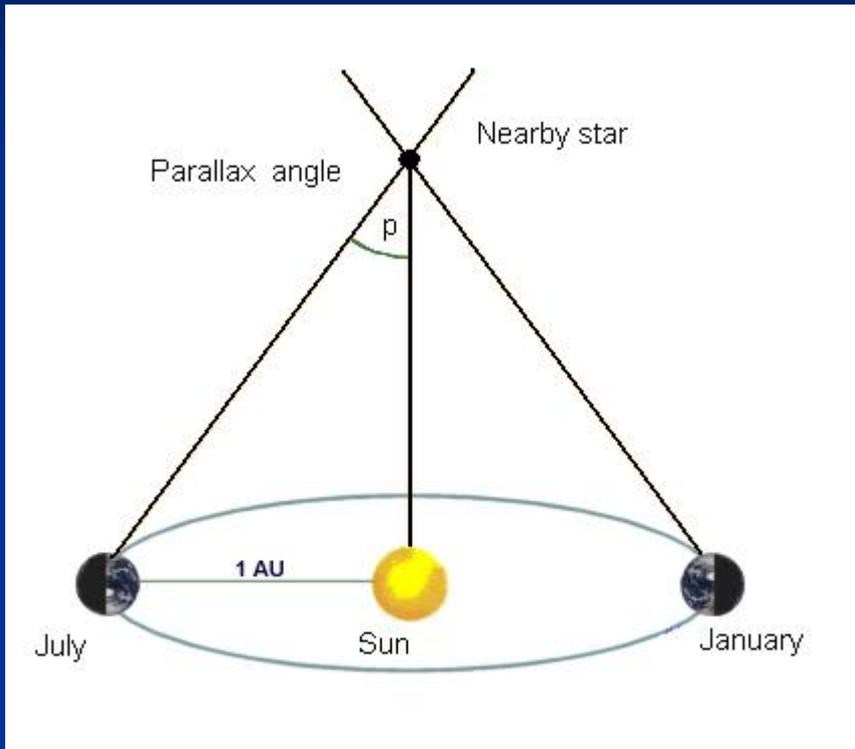


# Aktivitas 1: simulasi parallax



- Acungkan ibu jari keatas luruskan lengan ke depan.
- Perhatikan, mula-mula bukalah hanya mata kiri, kemudian hanya mata kanan. Apa yang anda lihat?
- Sekarang geser jari mendekat kearah hidung dan ulangi pengamatan. Apa yang anda lihat?

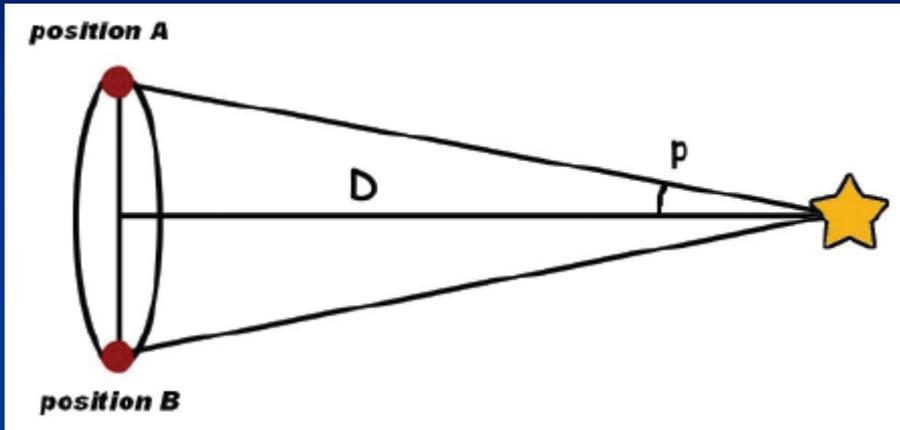
# Parallax



Sumber: Columbia University.

- Parallax adalah perbedaan penampakan posisi obyek saat dilihat dari arah yang berbeda.
- Posisi bintang yang dekat di langit nampak berubah, dilihat dari Bumi sekarang dan enam bulan kemudian.
- Maka, kita dapat mengukur jarak bintang-bintang yang dekat.

# Parallax



$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB/2}{p}$$

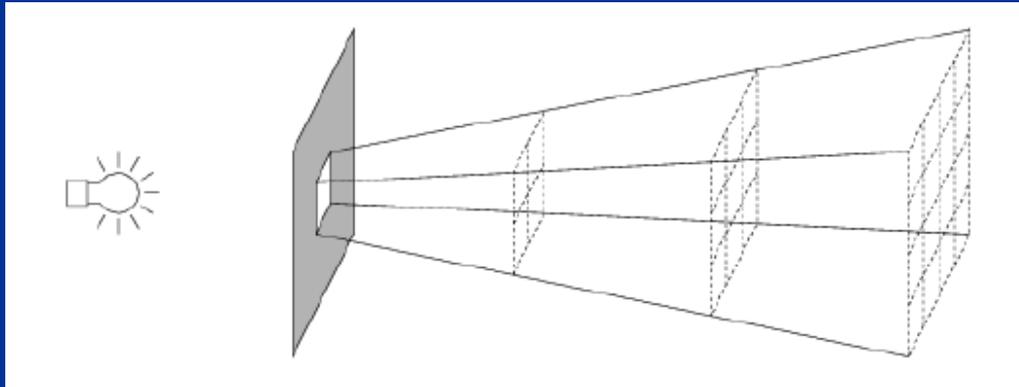
$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ l.y.}$$

1 pc = 3.26 tahun cahaya

$$d = 1/p$$

## Aktivitas 2: Hukum kuadrat kebalikan

Bintang memancarkan radiasi ke semua arah. Energi radiasi yang mencapai jarak  $D$  adalah luminositas  $L$  (daya) dibagi luas permukaan bola yang berpusat di bintang itu.



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

## Aktivitas 2: Hukum kuadrat kebalikan

Jika jarak dibuat dua kali, luas permukaan bola menjadi empat kali, dan energi cahaya (yang tiba di permukaan bola per satuan luas) akan menjadi empat kali lebih kecil.

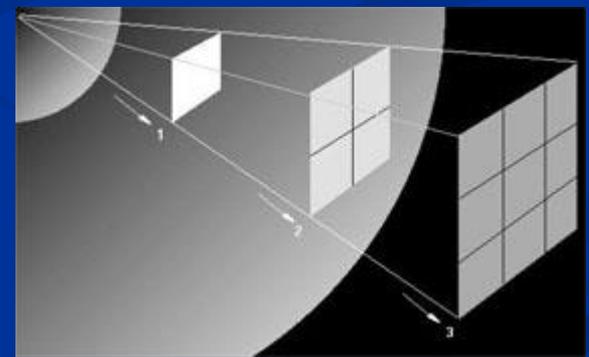
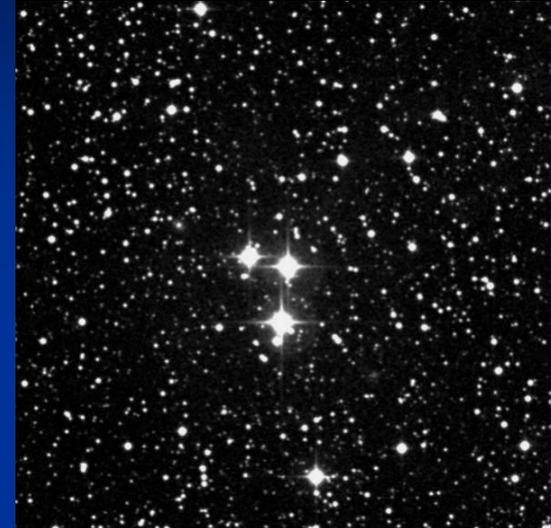
Kecerlangan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber.



# Sistem magnitudo

Bintang-bintang nampak berbeda-beda kecerlangannya. Bintang-bintang yang nampak paling terang mungkin kecil dan dekat, atau besar dan jauh. Kecerlangan dapat didefinisikan sebagai:

$$B = F = \frac{L}{4\pi D^2}$$



# Sistem magnitudo

Hipparchus lahir di Nicaea (sekarang Iznik, Turki) pada 190 SM. Ia wafat di Rhodes, Yunani, pada 120 SM.

125 tahun Sebelum Masehi ia menciptakan sistem magnitudo.



# Sistem magnitudo

Hipparchus menyebut bintang-bintang paling terang sebagai bintang-bintang magnitudo pertama. Yang sedikit lebih redup disebut magnitudo kedua, selanjutnya hingga kelompok yang paling redup disebut magnitudo keenam.

Sistem itu, dengan sedikit perubahan, masih digunakan hingga sekarang, semakin besar angka magnitudo suatu bintang, semakin redup.

Astronom menggambarkan kecerlangan bintang ketika bicara tentang magnitudo.



# Sistem magnitudo

Tahun 1850, Robert Pogson mengusulkan bahwa perbedaan 5 magnitudo sama dengan rasio kecerlangan  $100/1$ .

Ini adalah definisi formal dari skala magnitudo yang digunakan para astronom sekarang.



# Hukum Pogson

Untuk kebutuhan perhitungan, akan sangat memudahkan apabila digunakan skala logaritma untuk menyatakan hubungan tersebut:

$$2.5 \log (B_1/B_2) = m_2 - m_1$$

Contoh :

- Sirius, bintang paling terang di angkasa, memiliki magnitudo -1.5
- Magnitudo Venus -4,
- Bulan -13, dan
- Matahari -26.8



# Magnitudo relatif dan mutlak

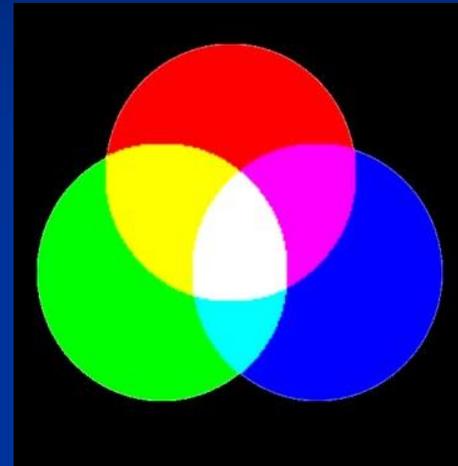
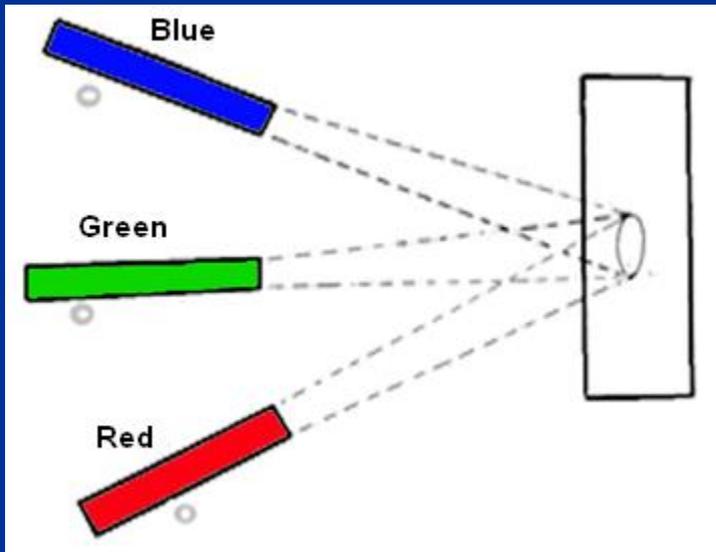
- Akan tetapi bintang yang sangat terang tetapi jauh dapat memiliki magnitudo  $m$  yang sama dengan bintang yang agak redup tapi dekat.
- Astronom telah membuat konsep magnitudo mutlak absolute magnitude  $M$ , yaitu magnitudo bintang jika jaraknya 10 parsek (32 tahun cahaya) dari kita.
- Dengan magnitudo mutlak kita dapat membandingkan “kecerlangan sebenarnya” dari dua bintang, yaitu membandingkan daya atau luminositasnya.
- Hubungan matematis antara  $m$  dan  $M$  adalah:

$$M = m + 5 - 5 \log d$$

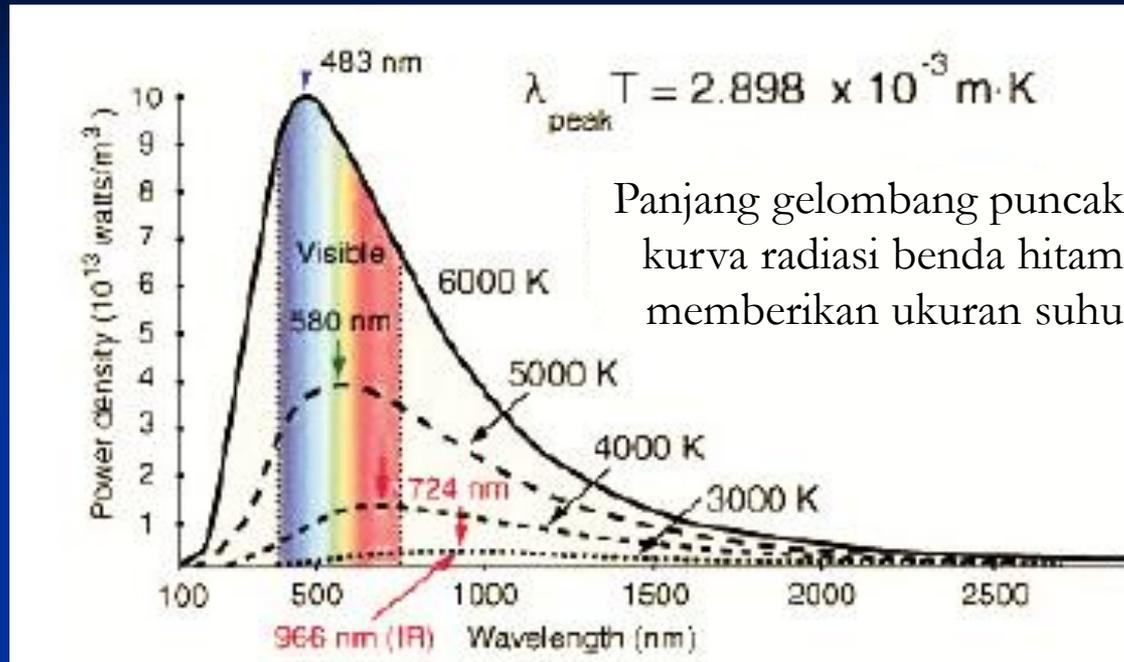
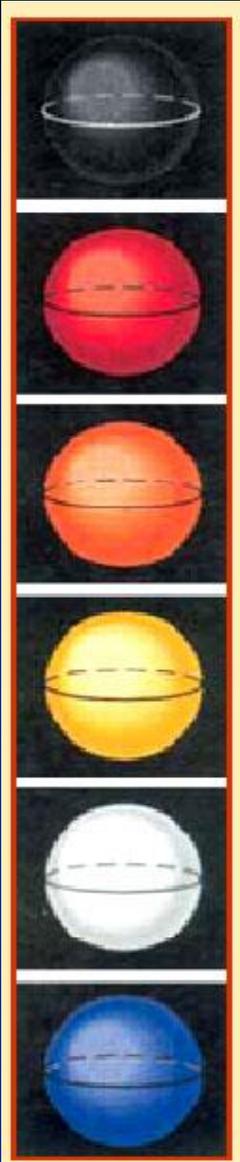
dengan "d" adalah jarak sebenarnya



# Aktivitas 3: warna bintang

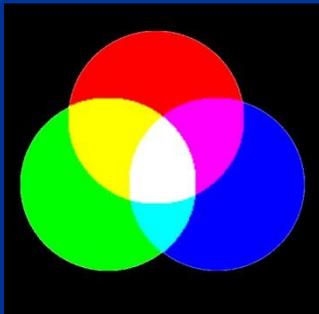


# Aktivitas 3: Warna Bintang



Panjang gelombang puncak kurva radiasi benda hitam memberikan ukuran suhu

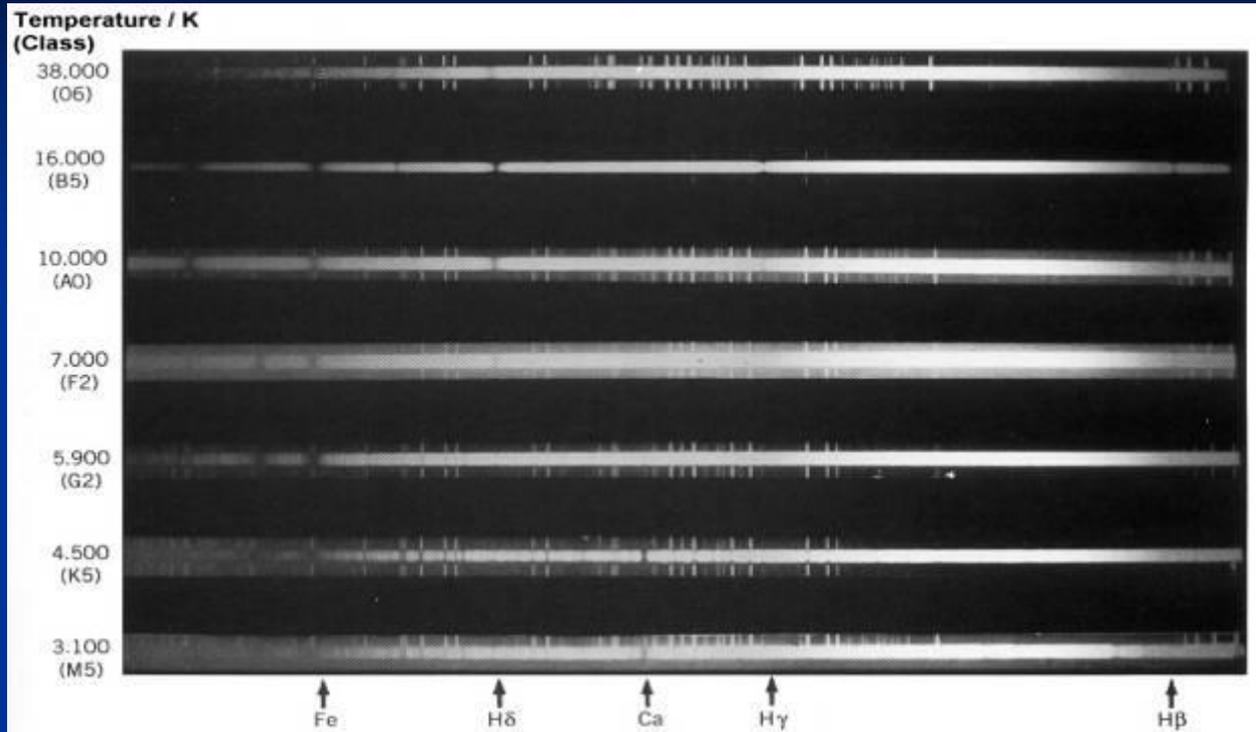
Bintang-bintang memperlihatkan warna yang berbeda terkait dengan suhu permukaan mereka.



Bintang-bintang bersuhu menengah memperlihatkan emisi maksimum dalam cahaya hijau, namun demikian mereka juga banyak memancarkan cahaya merah dan biru. Hasilnya secara rata-rata adalah cahaya pada panjang gelombang kasat mata dan jumlah seluruh warna pada spektrum ini adalah putih.

Itu sebabnya tidak ada bintang berwarna hijau!

# Kelas Spektrum



Hubungan kelas spektrum, temperatur dan warna bintang

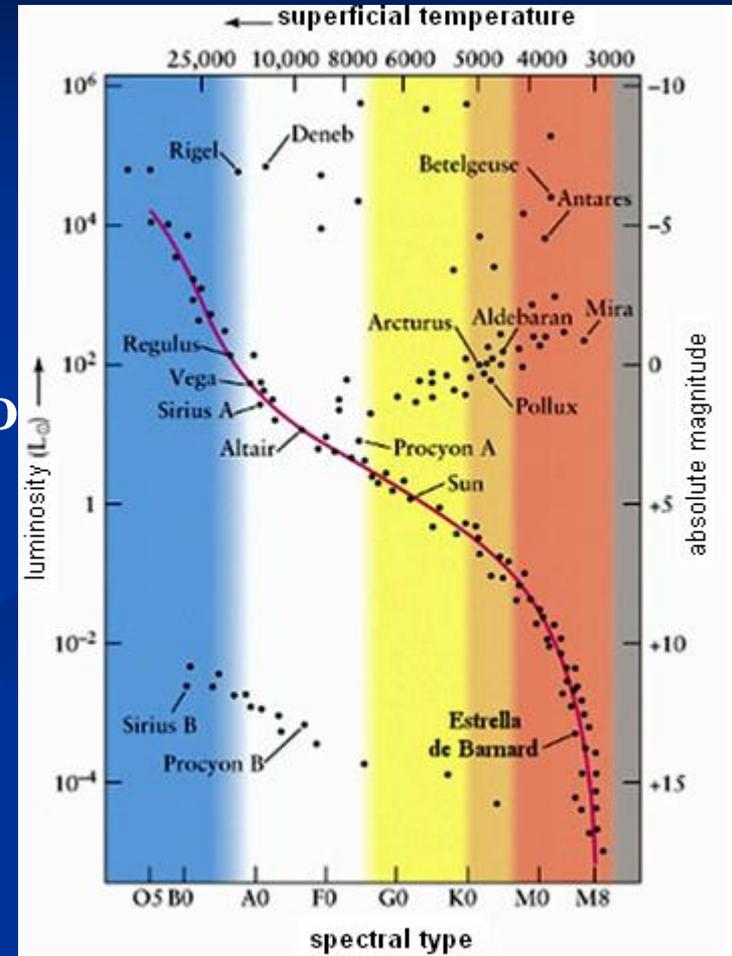


# Diagram Hertzsprung-Russell

Bintang-bintang dapat disajikan dalam suatu diagram empiris, menggunakan temperatur permukaan (atau tipe spektrum) dan kecerlangan (atau magnitudo mutlak).

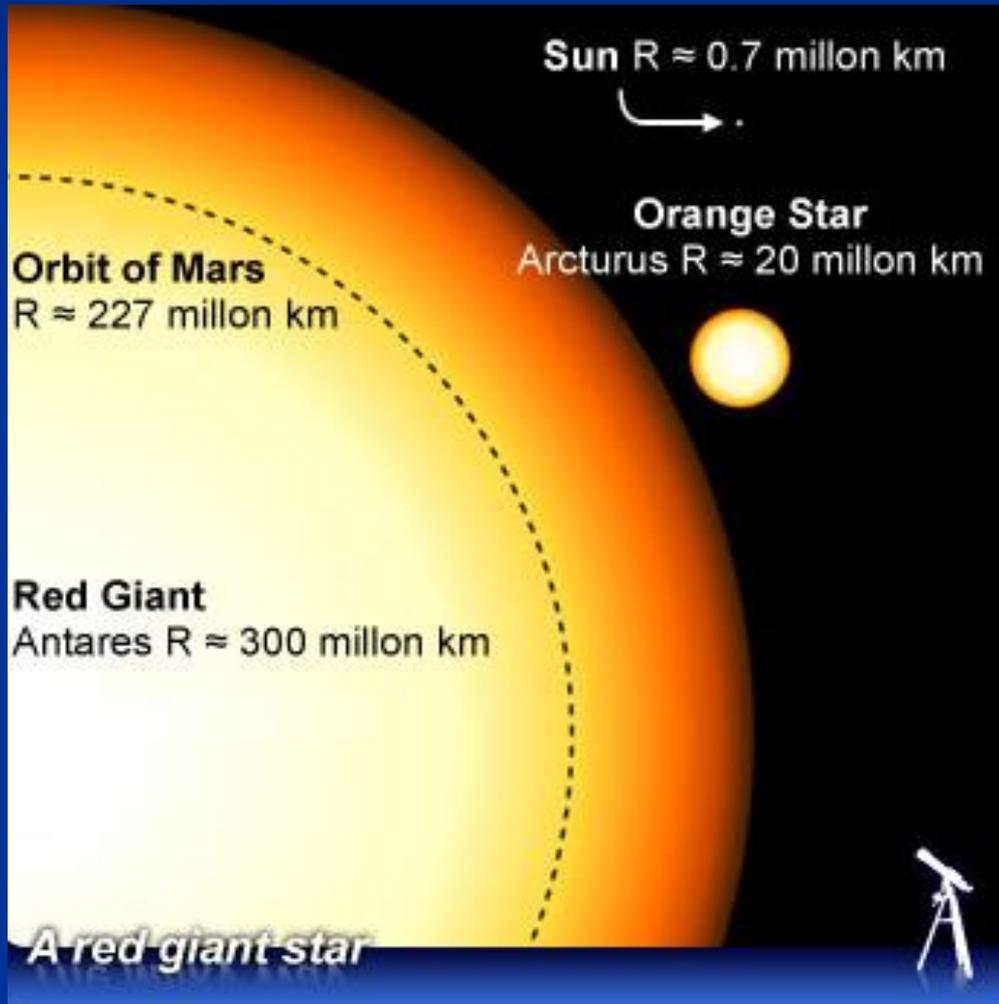
Secara umum, bintang-bintang menempati daerah tertentu pada diagram.

Kita dapat mengetahui tipe bintang dan tahap evolusinya.



# Evolusi Bintang

## Pembentukan Raksasa Merah



Bintang-bintang berevolusi dengan cara berbeda, bergantung pada massanya

# Evolusi Bintang

## Pembentukan katai putih



Bintang yang bermassa kecil atau menengah, seperti Matahari, berevolusi menjadi bintang katai putih, suatu cara kematian bintang yang tenang.



# Nebula Helix



Obyek di pusat, kecil dan putih, adalah sebuah bintang katai putih, bintang yang sudah mati, yang sudah tidak memproduksi energi melalui reaksi fusi, dan dapat terlihat karena temperaturnya yang sangat tinggi.



# Nebula Mata Kucing



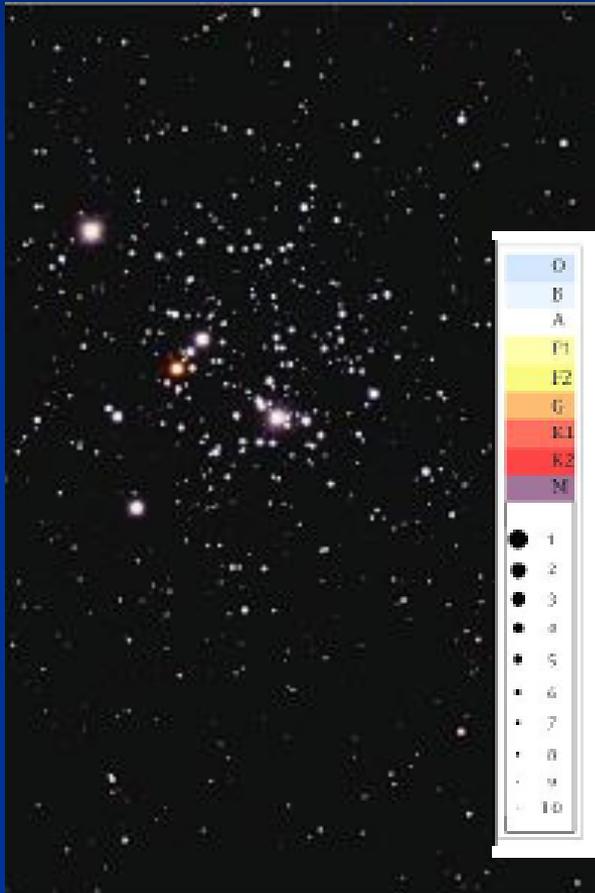
Nebula Mata Kucing adalah sebuah planetary nebula yang sangat cantik. Disini anda dapat melihat fotonya di daerah cahaya tampak, (kiri, Hubble Space Telescope) dan sinar-X (kanan, Chandra Telescope).

# Aktivitas 4: Usia gugus bintang terbuka

Anda dapat memperoleh usia gugus bintang dengan cara membandingkan diagram HRnya dengan diagram HR gugus lain yang telah diketahui usianya.



# Aktivitas 4: Usia gugus bintang terbuka



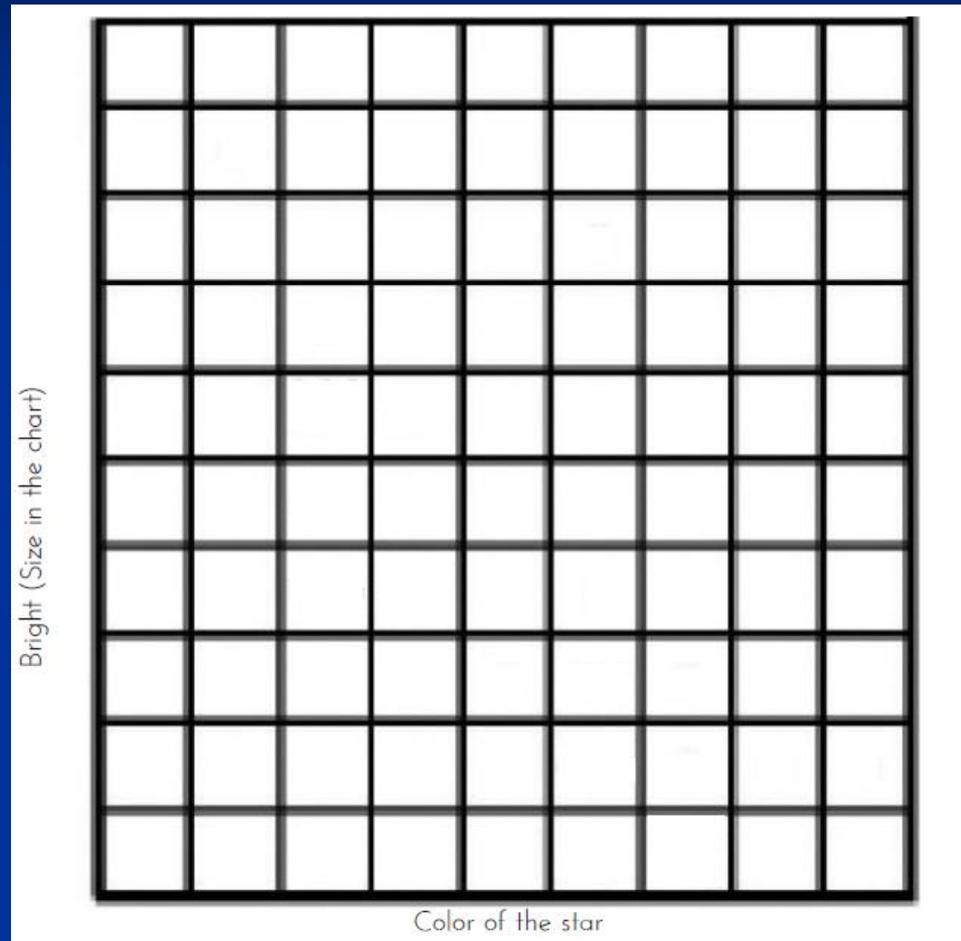
Kappa Crucis

- Gambar bujur sangkar dengan sisi 4 cm berpusat di gugus.
- Taksir kecerlangan bintang dengan membandingkannya dengan titik-titik pada acuan di samping.
- Taksir warna dengan menggunakan warna acuan di samping.



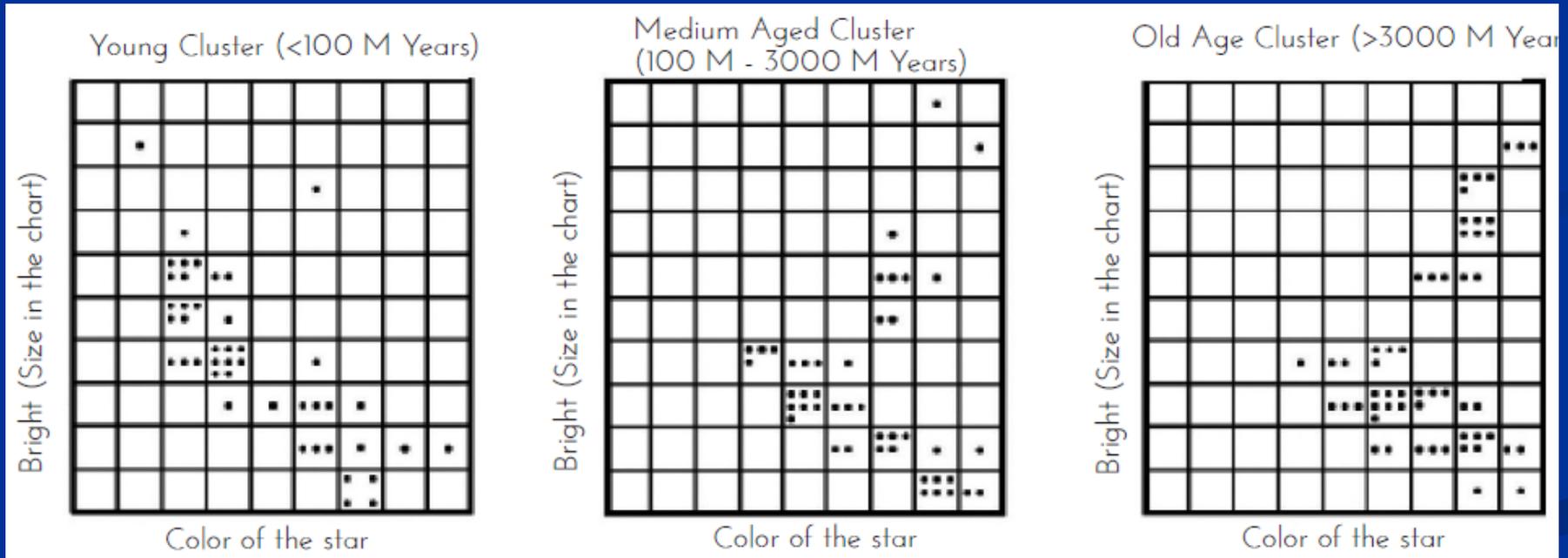
# Aktivitas 4: Usia gugus terbuka

- Pasang data bintang itu pada kotak-kotak di sebelah kanan.
- Ulangi untuk semua bintang.

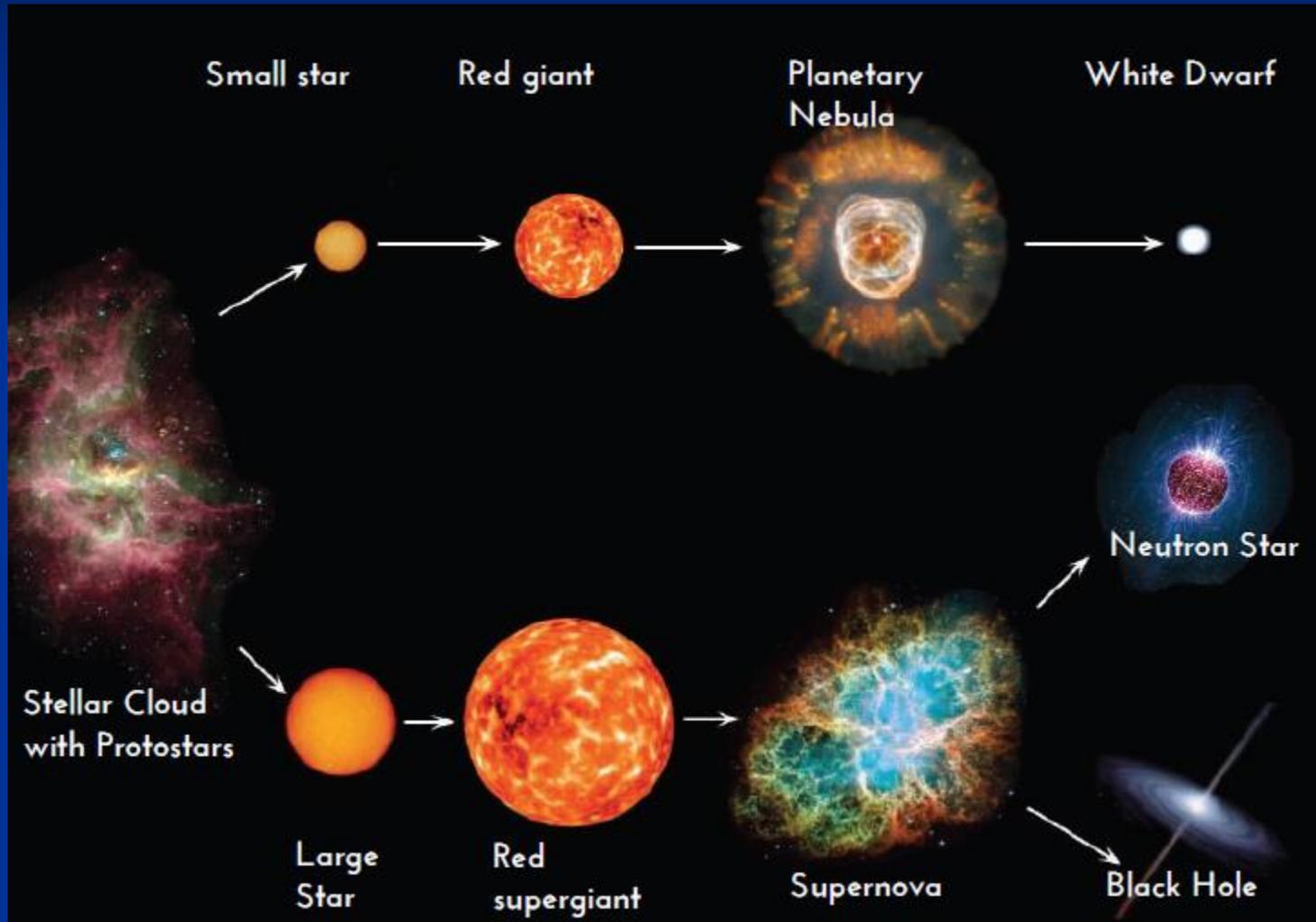


# Aktivitas 4: Usia gugus terbuka

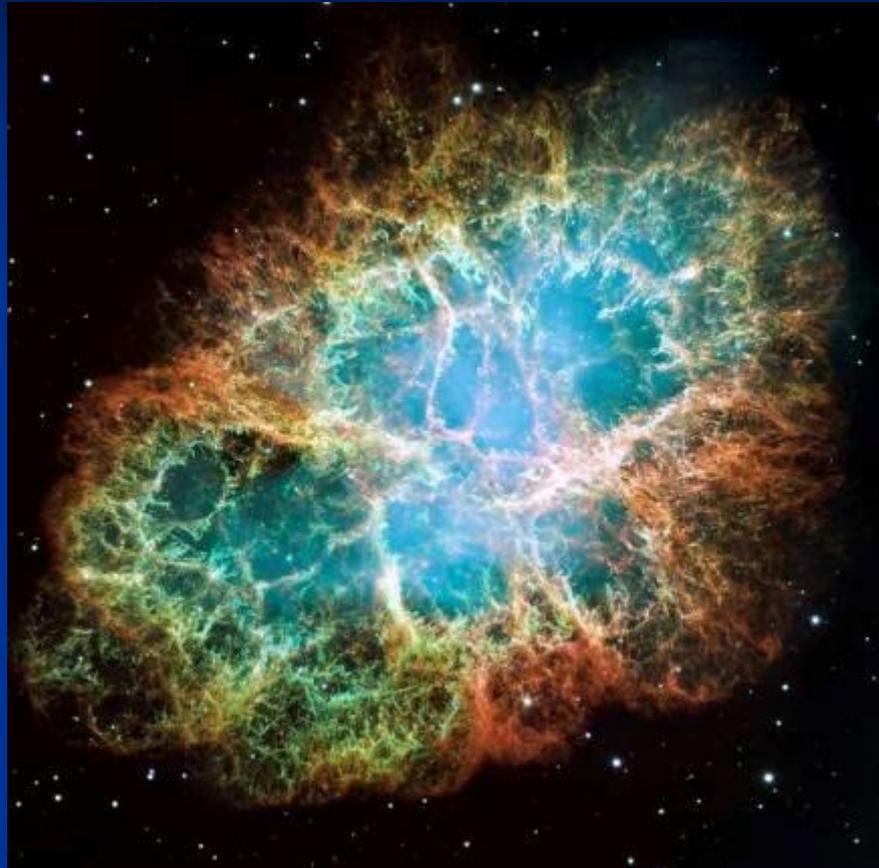
Bandungkan diagram yang diperoleh dengan diagram di bawah ini. Berapa usianya?



# Hubungan antara massa dengan kematian bintang



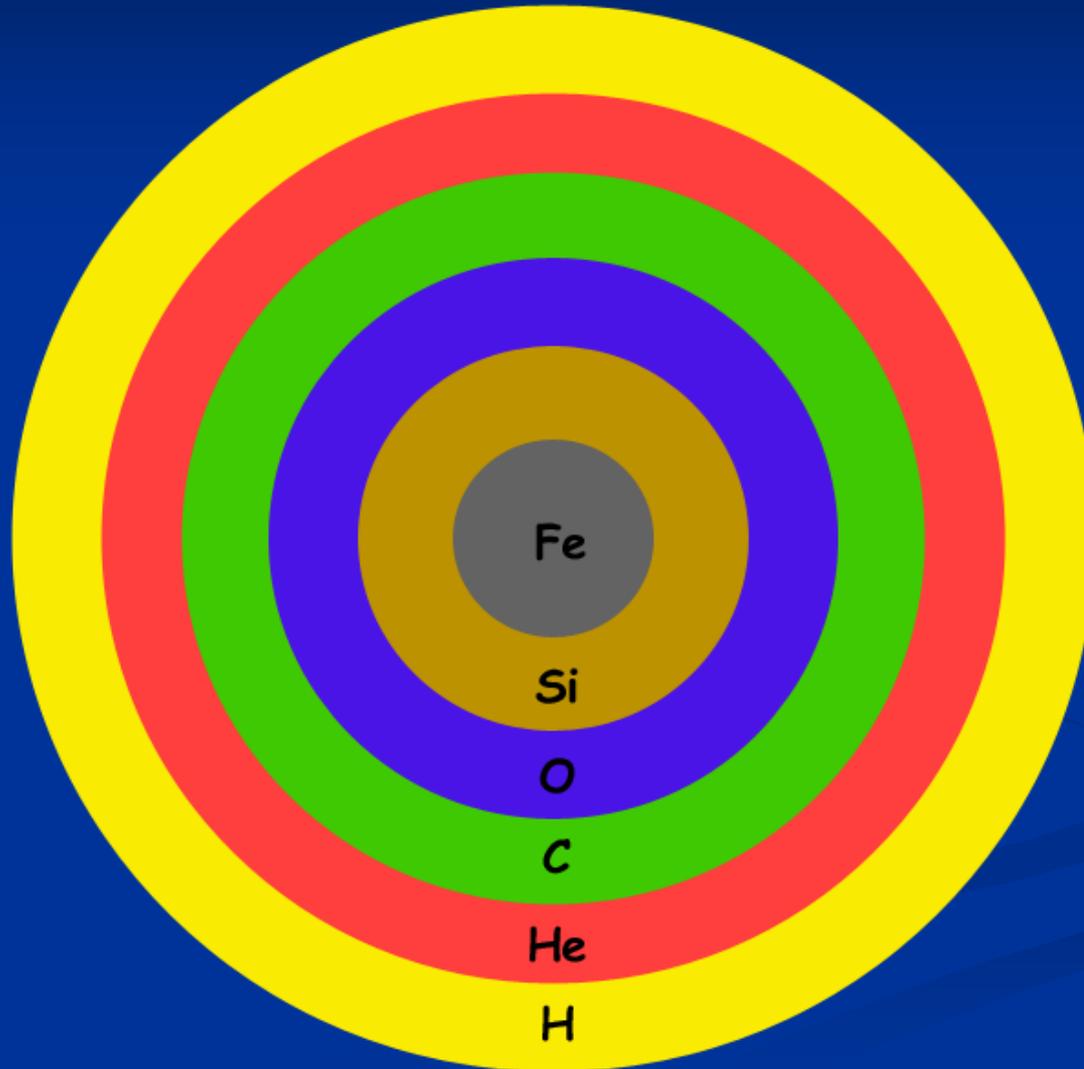
# Kematian bintang bermassa besar

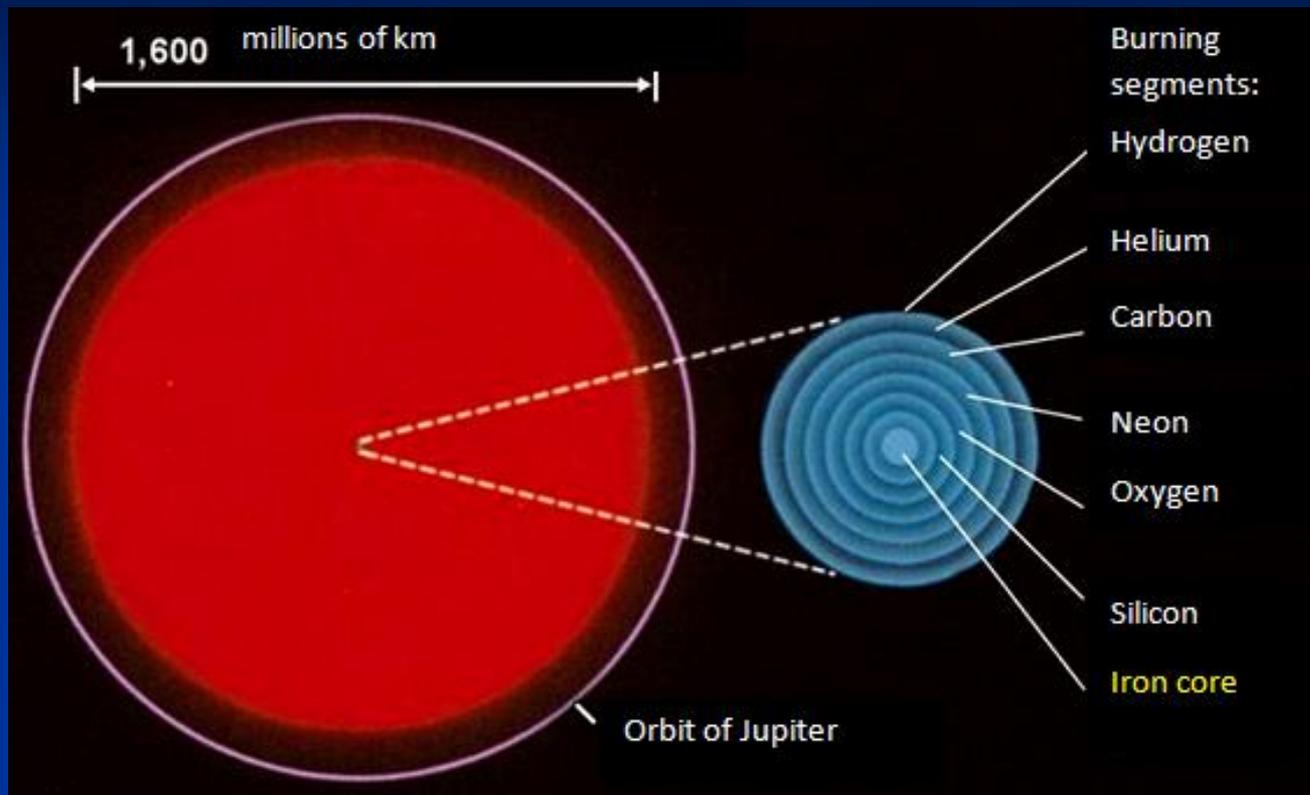


**M1: Nebula Kepiting di Taurus adalah sisa supernova yang teramati tahun 1054.**



# Bintang segera meledak sebagai supernova





Ciri-ciri bintang yang akan meledak  
sebagai supernova



# Bintang bermassa 20 massa Matahari:

- 10 juta tahun membakar hidrogen di pusatnya (deret utama).
- 1 juta tahun membakar helium
- 300 tahun membakar karbon
- 200 hari membakar oksigen
- 2 hari membakar silikon : ledakan supernova segera terjadi.



# Supernova 1987A



Supernova 1987A teramati tahun 1987 di Awan Magelan Besar. Awan itu terletak pada jarak 168,000 tahun cahaya: waktu yang diperlukan cahayanya mencapai Bumi



# Supernova 1987A 10 tahun kemudian



Materi yang dilontarkan setelah ledakan bergerak menjauhi bintang dengan kecepatan tinggi.

Foto SN 1987A ini diambil oleh Hubble Space Telescope tahun 1997.





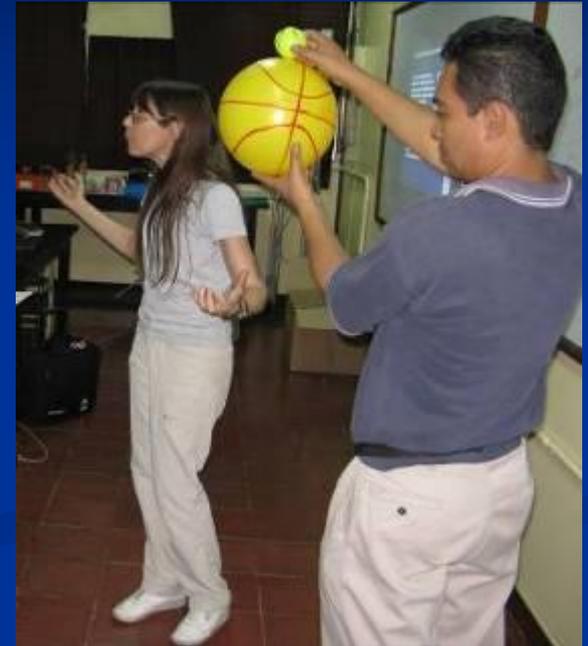
Contoh supernova di sebuah galaksi yang jauh. Secara rata-rata di setiap galaksi terjadi satu supernova setiap abad.

Di Bima Sakti, tidak terdeteksi adanya supernova dalam 400 tahun terakhir.



# Aktivitas 5: Simulasi ledakan supernova

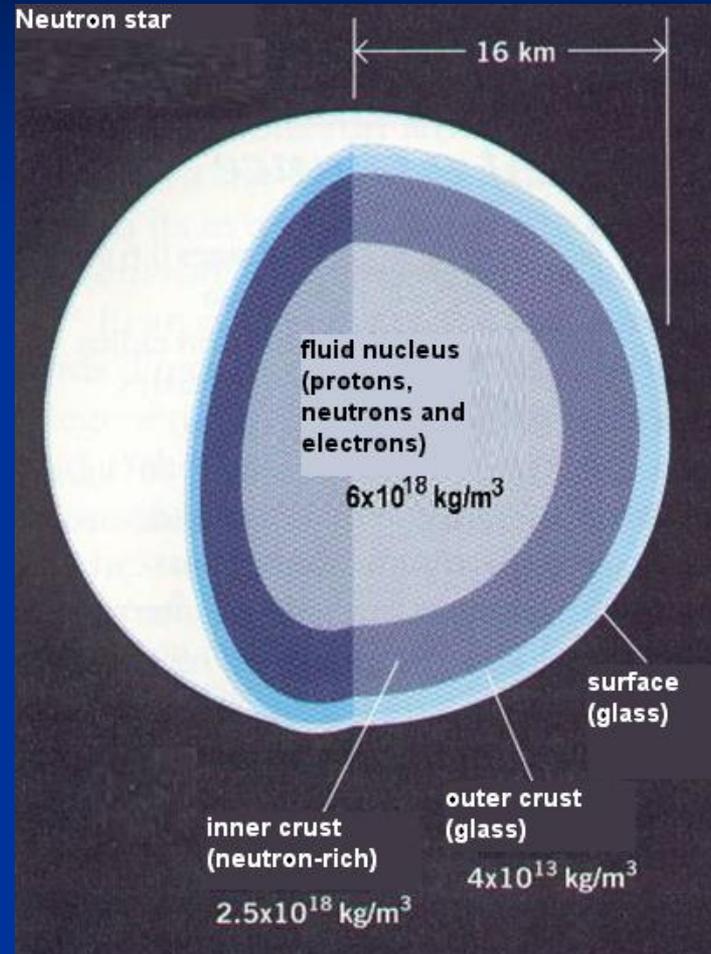
Ketika sebuah bintang meledak sebagai supernova, atom-atom ringan dari lapisan yang lebih luar jatuh ke dalam ke atom-atom yang lebih berat, and menabrak inti yang padat.



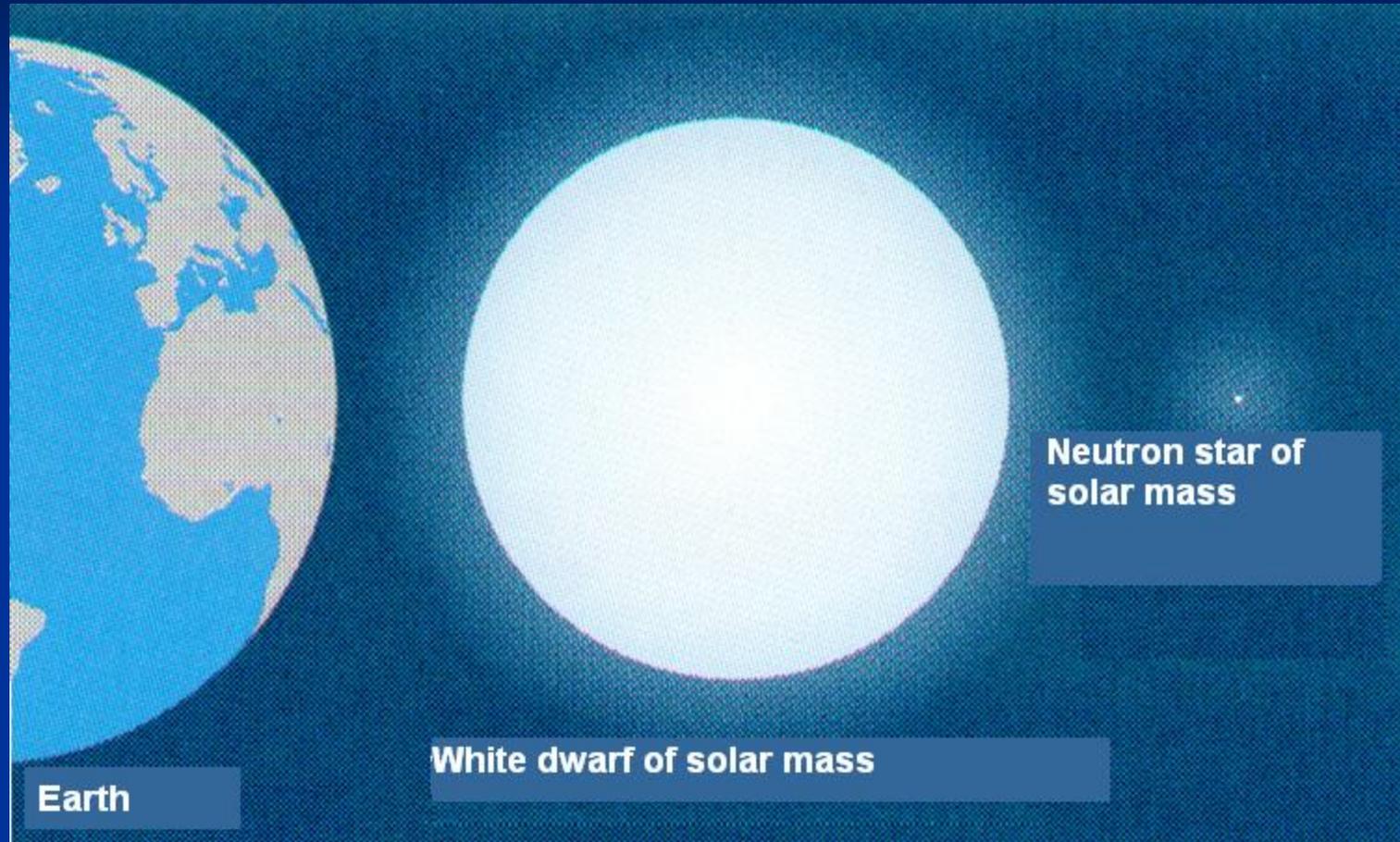
Pada model ini, lantai sebagai inti padat bintang neutron, bola basket adalah atom berat yang terpantul, yang mendorong atom ringan yang datang belakangan, dimisalkan dengan bola tenis.

# Bintang Neutron

Bentuk lain bintang yang mati adalah bintang neutron dan pulsar

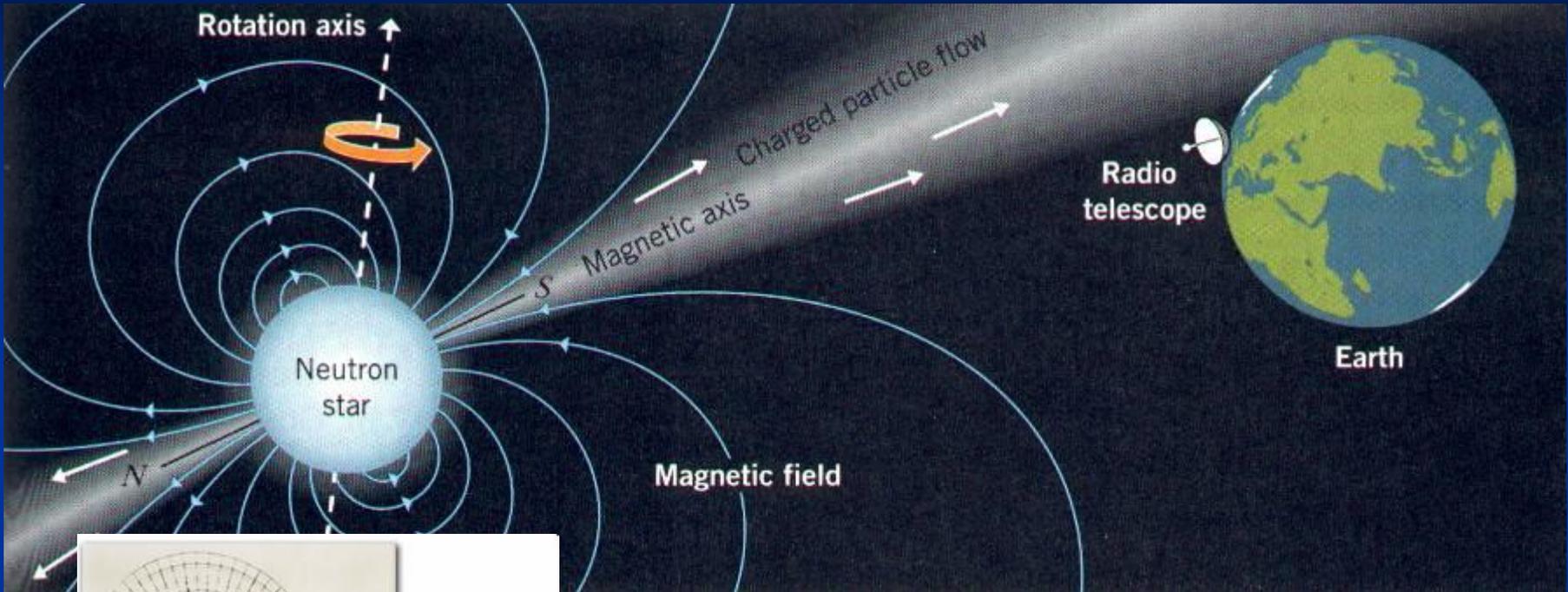


# Bintang Neutron



Perbandingan ukuran

# Pulsar



Bagaimana radiasi dari pulsar terlihat dari Bumi.

Jocelyn Bell, penemu pulsar.



# Aktivitas 6: Simulasi pulsar

Pulsar adalah bintang neutron, bermassa besar, dan berotasi cepat. Bintang ini memancarkan radiasi tapi sumber radiasinya tidak tepat di sumbu rotasi, maka sumber emisi berputar seperti lampu mercusuar.

Ketika sumber itu menghadap Bumi, yang teramati adalah radiasi yang berubah-ubah seperti pulsa dengan frekuensi beberapa kali dalam satu detik.



Pemasangan



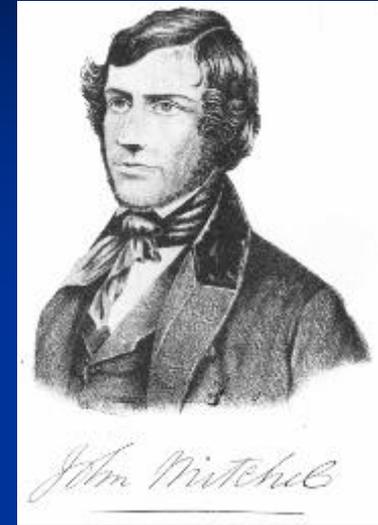
Berputar



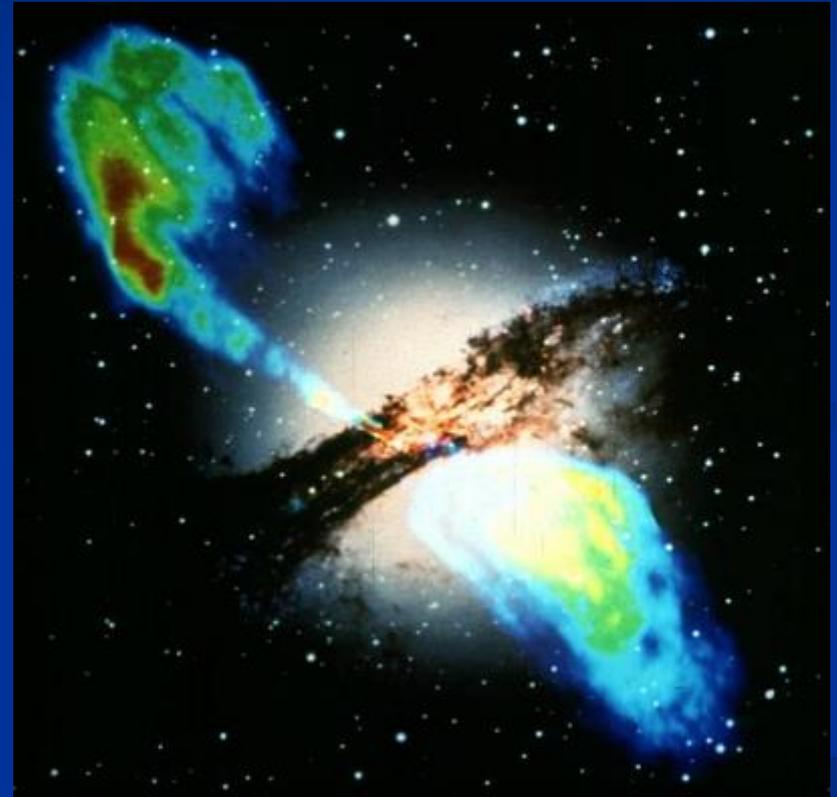
# Bentuk ke-3 dari kematian bintang: Black Hole

John Mitchell dan Simon Laplace mengemukakan kemungkinan adanya runtuh gravitasi sebuah benda bermassa besar di akhir hidupnya.

Mereka menyebutnya black hole, tidak terlihat dalam daerah cahaya tampak, karena gravitasinya sangat kuat sehingga apapun tak mampu keluar dari benda itu, bahkan juga cahaya.



# Evolusi Bintang: Black Hole



Ada black hole bermassa sangat besar di pusat galaksi-galaksi

# Aktivitas 7: Simulasi kurvatur ruang dan black hole

Kita dapat mensimulasi kurvatur ruang yang dibentuk oleh black hole dengan menggunakan selembar kain elastis (Lycra) dan balon berisi air.



Lintasan bola tenis tidak garis lurus, melainkan melengkung.

# Aktivitas 7: Simulasi kurvatur ruang dan black hole

Jaring elastis, yang dijual di apotik, dapat digunakan.

Jika kita tarik tengah jaring itu ke bawah, nampak sumur yang lebih besar dan itu mensimulasikan black hole.



Thank you very  
much  
for your attention!

Terima kasih atas  
perhatiannya!