

Bintang
Bintang

Obrolan tentang bintang



Dapatkah melihat
bintang di siang hari ?

Ya, enggak atuh ?

Obrolan tentang bintang

Berapa jumlah bintang ?

Ya... berapa ya ?
Pokoknya banyak lah !

Obrolan tentang bintang



Berapa jarak bintang ?

Ya... Ribuan sampai jutaan km lah !

Obrolan tentang bintang



Mengapa bercahaya ?
Apa sumbernya?
Sampai kapan bercahaya?

Ada apinya !

Obrolan tentang bintang



Kayanya sih
berbeda-beda ?

Bagaimana Warna,
Suhu, dan Terang
Bintang ?

Obrolan tentang bintang



Apakah bintang
bermacam-macam?

Iya ... kali

Obrolan tentang bintang

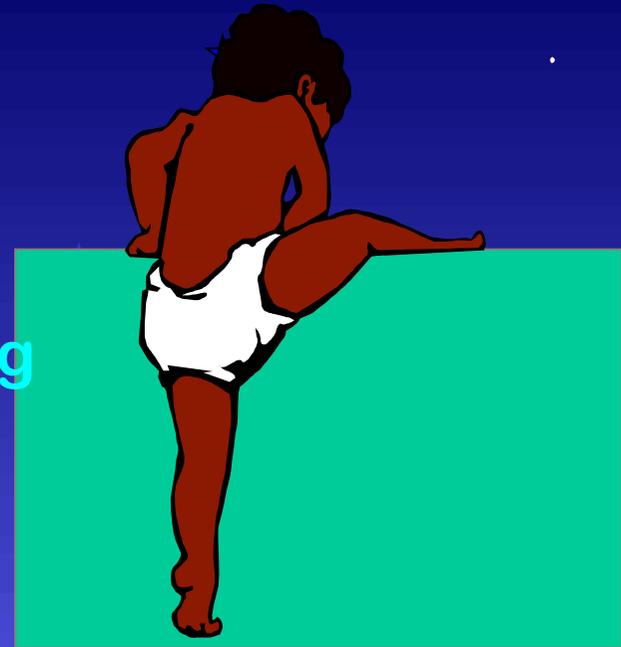
Bagaimana gerak bintang ?
Bagaimana pula kecepatannya ?

Gerakannya
★ lambat,
hampir diam



Adakah pertanyaan seperti ini pada diri Anda:

- Dapatkah melihat bintang di siang hari?
- Berapa jarak bintang ?
- Berapa jumlah bintang ?
- Mengapa Bercahaya ?
Apa sumbernya ?
- Sampai kapan bercahaya ?
- Bagaimana Warna, Suhu, dan Terang Bintang ?
- Bagaimana gerak suatu bintang ?
- Bagaimana pula kecepatannya ?
- Apakah bintang bermacam-macam ?



Berapa jumlah bintang ?

Tanpa teropong

5 ribu bintang

Dengan teropong
diameter 10 cm

2 juta bintang

Dengan teropong
diameternya 5 m

1 milyar bintang

tak ada seorang
astronom pun yg
dpt menghitung
jml bintang

Mengapa Matahari Bercahaya ? Apa sumbernya ?



Mengapa Matahari Bercahaya ? Apa sumbernya ?

1939, Hans Bethe:
Sumber tenaga matahari
berasal dari reaksi nuklir :



dipancarkan
sebagai panas

hanya mungkin bila
suhunya sangat tinggi

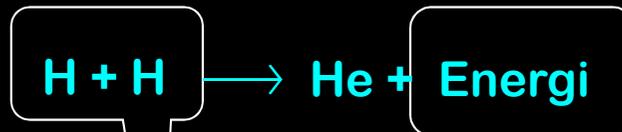
Suhu di pusat mth
cukup tinggi utk
menghasilkan reaksi ini

Hidrogen melimpah
di matahari

Reaksi Fusi

Sampai kapan Matahari bercahaya ?

Di pusat Matahari :



Setiap 1 detik :

564 juta ton

4 juta ton lenyap

- Berapa ton matahari kehilangan materinya setiap menit ?
- Berapa ton dalam sehari ?
- Berapa ton dalam setahun ?
- dan selama umur matahari yang lebih dari 3 milyar tahun itu ?

Sampai kapan Matahari bercahaya ?

Menurut perhitungan matahari tidak akan kehabisan materinya sampai 10 milyar tahun

Diperkirakan matahari sudah memancarkan cahayanya sekitar 5 milyar tahun

Masih tersisa sekitar 5 milyar tahun lagi

Perhitungan manusia, kita tidak tahu kalau yang **Maha Penciptanya** menentukan lain

Warna, Suhu, dan Terang Bintang

memotret dengan berbagai film yang peka pada cahaya-cahaya tertentu.

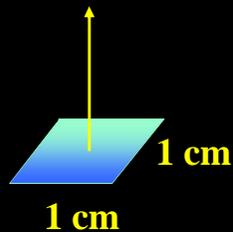
Dgn membandingkan hasil-hasil pemotretan

kecenderungan bintang yg panas, mempunyai cahaya yg terang

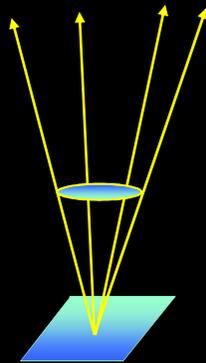
Paling terang, magnitudo satu, Agak lemah magnitudo dua, dan seterusnya, sampai yg hampir tidak terlihat mata mempunyai magnitudo enam.

Resume

Intensitas spesifik $B(T) = I$

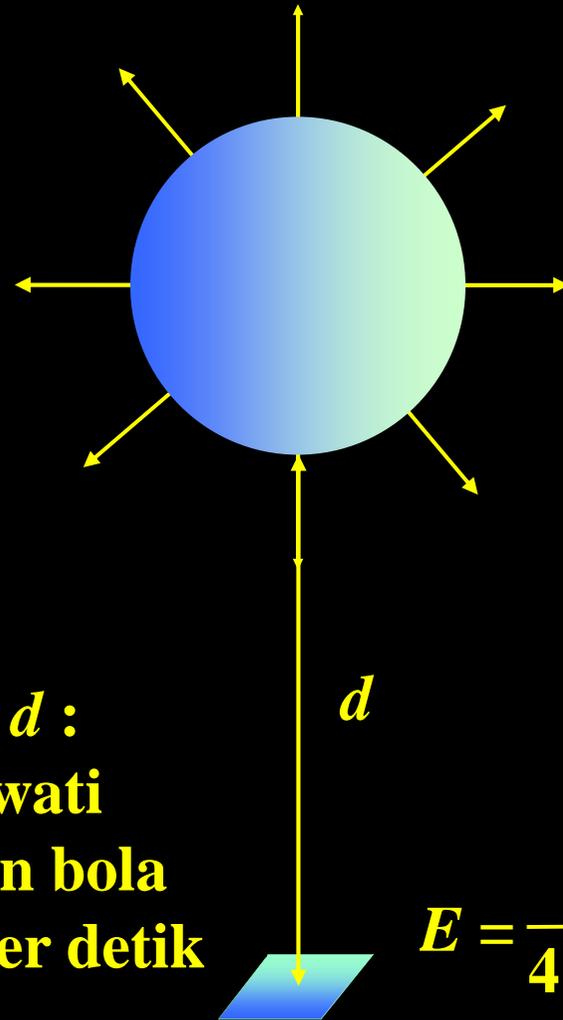


Fluks $F = \sigma T^4$



Fluks pada jarak d :
Energi yang melewati
sebuah permukaan bola
yang beradius d per detik
per cm^2

Luminositas $L = 4 \pi R^2 \sigma T^4$



$$E = \frac{L}{4 \pi d^2}$$

Contoh :

Luminositas sebuah bintang 100 kali lebih terang daripada matahari, tetapi temperturnya hanya setengahnya dari temperatur matahari. Berapakah radius bintang tersebut dinyatakan dalam radius matahari ?

Jawab : Untuk bintang : $L_* = 4 \pi R_*^2 \sigma T_{ef*}^4$

Untuk Matahari : $L_{\odot} = 4 \pi R_{\odot}^2 \sigma T_{ef\odot}^4$

$L_* = 100 L_{\odot}, \quad T_{ef*} = 0,5 \sigma T_{ef\odot}$

$$\frac{R_*}{R_{\odot}} = \left[\frac{L_*}{L_{\odot}} \right]^{1/2} \left[\frac{T_{ef\odot}}{T_{ef*}} \right]^2 = \left[\frac{100 L_{\odot}}{L_{\odot}} \right]^{1/2} \left[\frac{T_{ef\odot}}{0,5 T_{ef\odot}} \right]^2$$

$$= (100)^{1/2} \left[\frac{1}{0,5} \right]^2 = (10)(4) = 40$$

Fotometri Bintang

❖ Sistem Magnitudo

- Terang suatu bintang dalam astronomi dinyatakan dalam satuan *magnitudo*
- Hipparchus (abad ke-2 SM) membagi terang bintang dalam 6 kelompok,
 - ⇒ Bintang paling terang tergolong magnitudo ke-1
 - ⇒ Bintang yang lebih lemah tergolong magnitudo ke-2
 - ⇒ demikian seterusnya hingga yang paling lemah yang masih bisa dilihat dengan mata termasuk magnitudo ke-6

- **John Herschel mendapatkan bahwa kepekaan mata dalam menilai terang bintang bersifat logaritmik**
 - ⇒ **Bintang yang magnitudonya satu ternyata 100 kali lebih terang daripada bintang yang magnitudonya enam**
- **Berdasarkan kenyataan ini, Pogson pd th 1856 mendefinisikan skala satuan magnitudo**

Hubungan magnitudo dengan fluks

$$m = -2,5 \log E + \text{tetapan} \dots\dots\dots (i)$$

magnitudo semu ← ↓ ↓ → *fluks*

Rumus Pogson

Apabila bintang berada pada jarak 10 pc, maka magnitudo bintang disebut magnitudo mutlak (*M*), dan persamaan (i) menjadi,

$$M = -2,5 \log E' + \text{tetapan} \dots\dots\dots (ii)$$

└→ *magnitudo mutlak*

$$E = \frac{L}{4 \pi d^2} \quad \text{dan} \quad E' = \frac{L}{4 \pi 10^2} \dots\dots\dots (iii)$$

Kurangi pers (i) dengan pers (ii), maka diperoleh,

$$m - M = -2,5 \log E/E' \dots\dots\dots (iv)$$

**Masukan harga E dan E' dalam pers (iii) ke pers (iv),
maka diperoleh,**

$$m - M = -2,5 \log \left(\frac{L}{4 \pi d^2} \frac{4 \pi 10^2}{L} \right)$$

$$m - M = -5 + 5 \log d \dots\dots\dots (v)$$

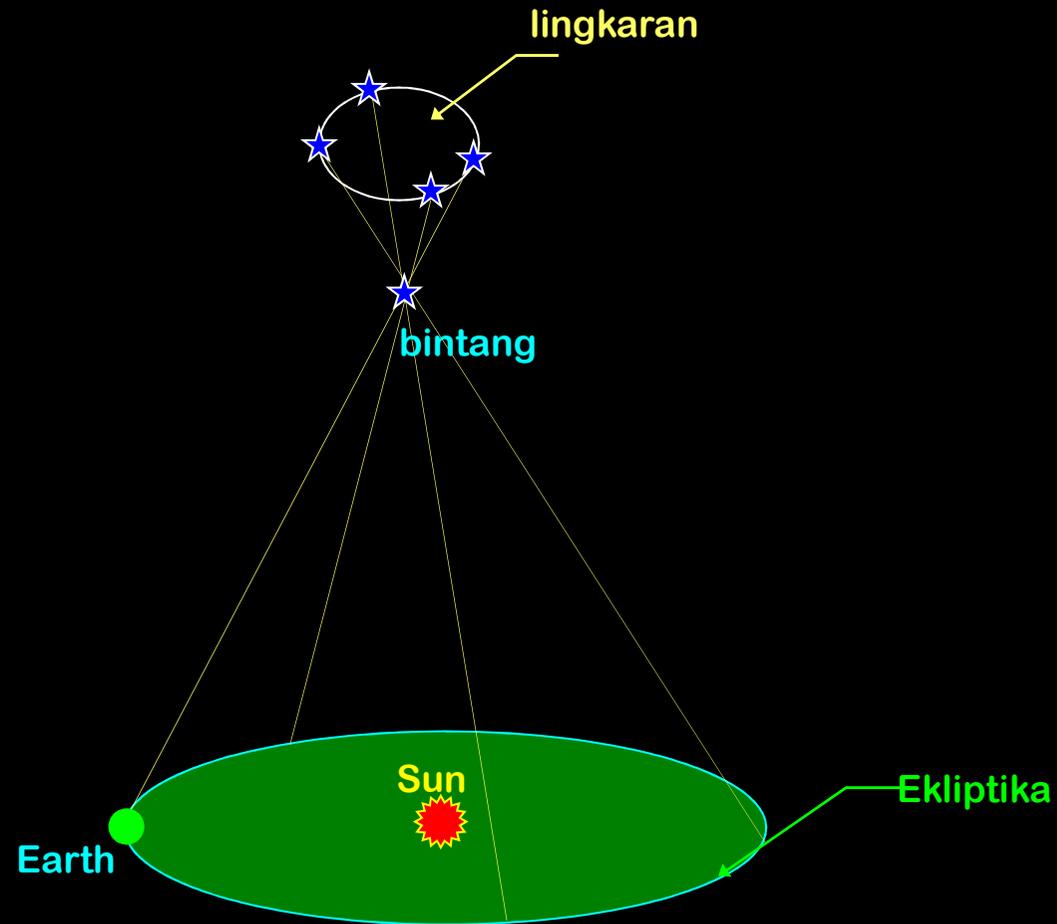
$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{modulus jarak}} \quad \swarrow \text{ } d \text{ dalam pc}$

Gerak dan Jarak

BINTANG

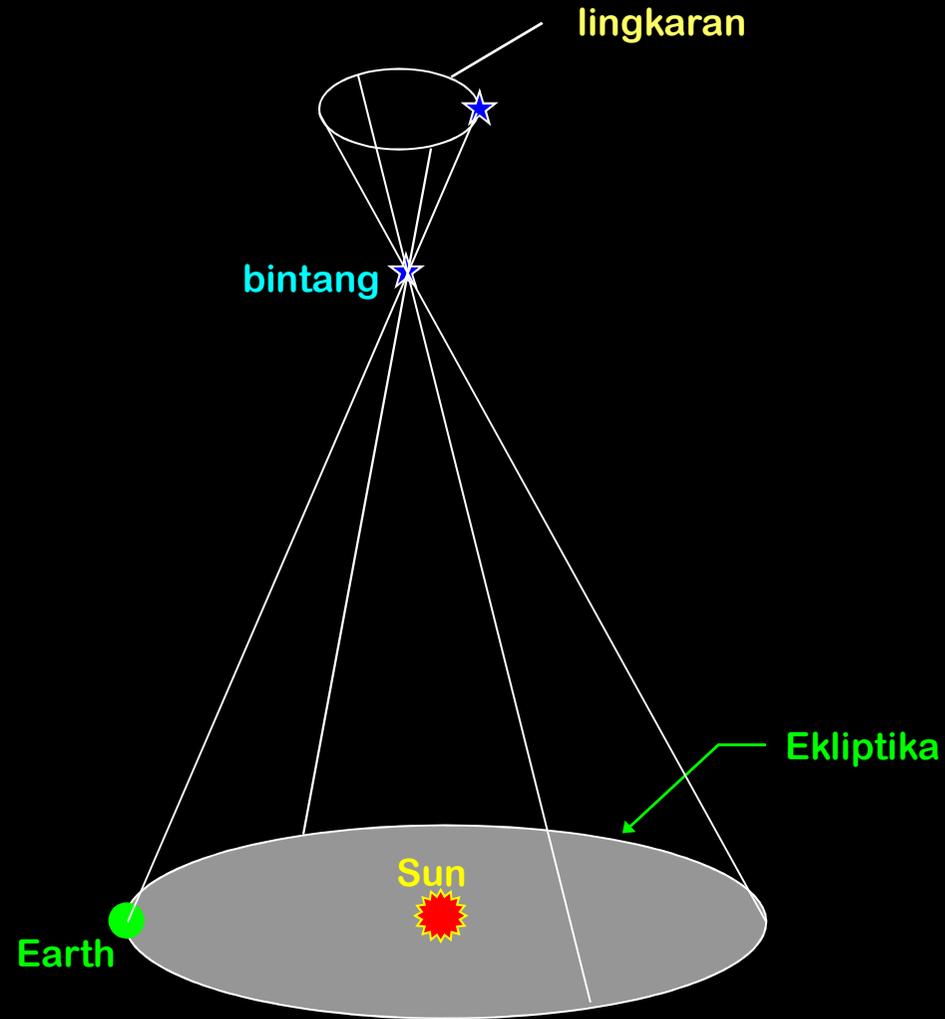
Gerak Bintang

Bintang terletak pada kutub ekliptika :



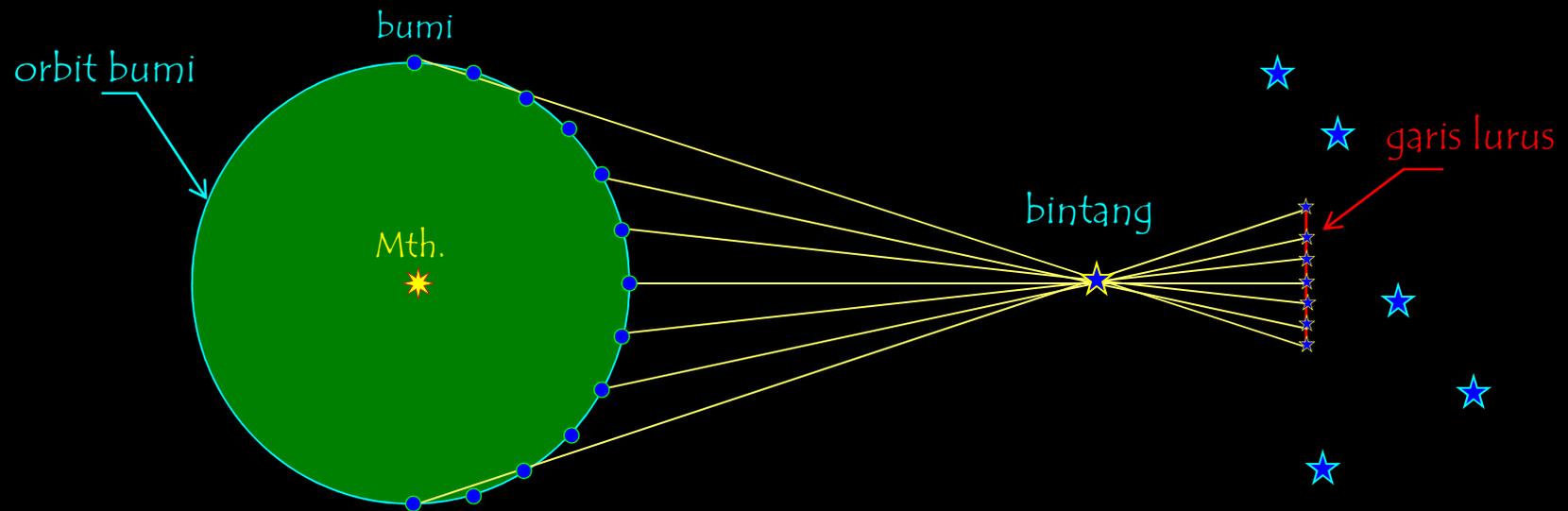
Gerak Bintang

Bintang terletak pada kutub ekliptika :



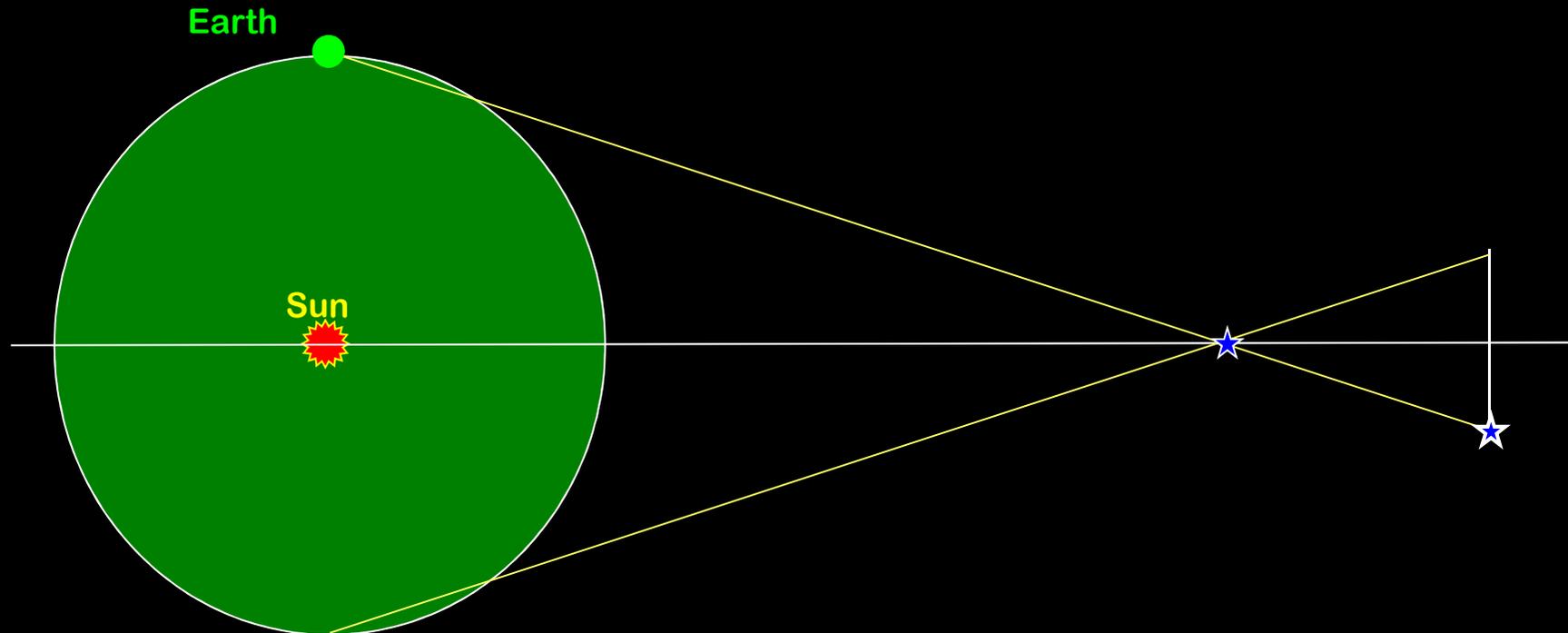
Gerak Bintang

Bintang terletak pada bidang ekuatorial :



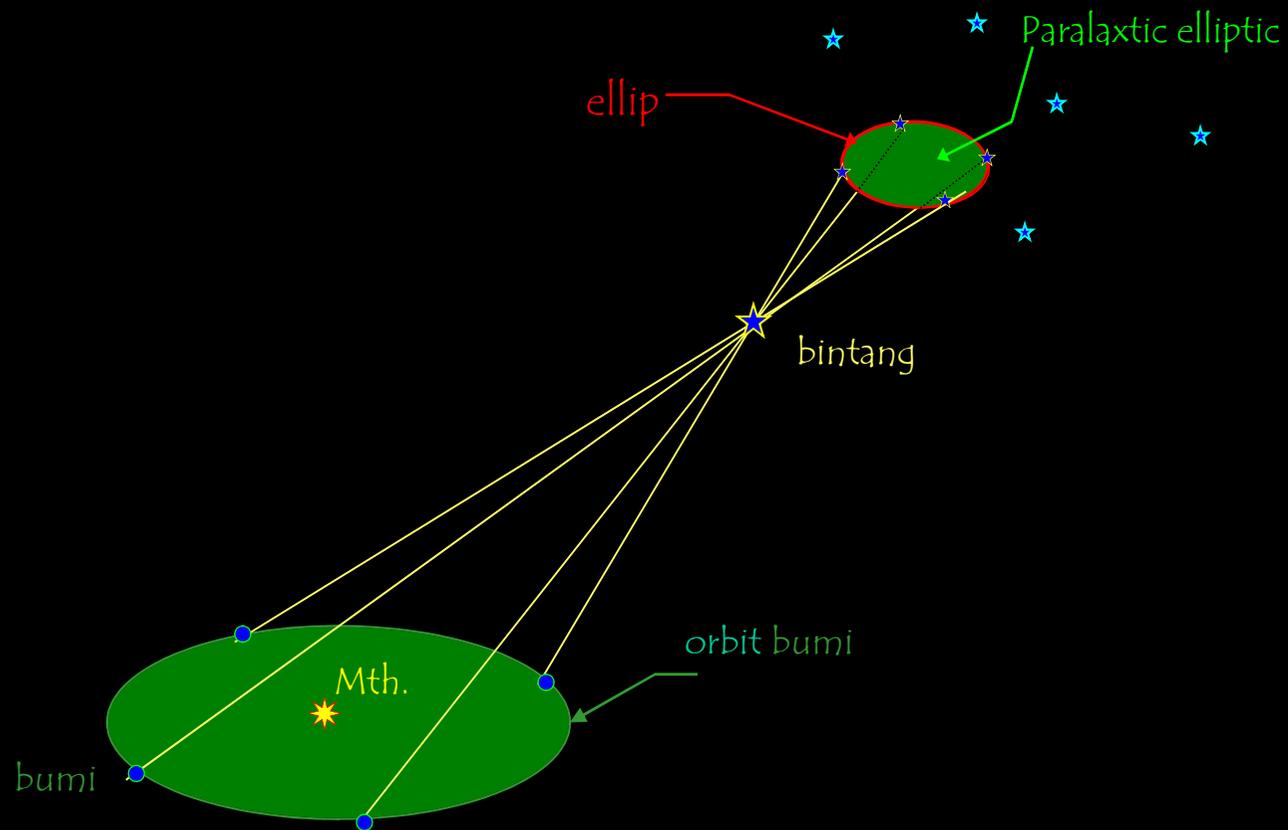
Gerak Bintang

Bintang terletak pada bidang ekuatorial :



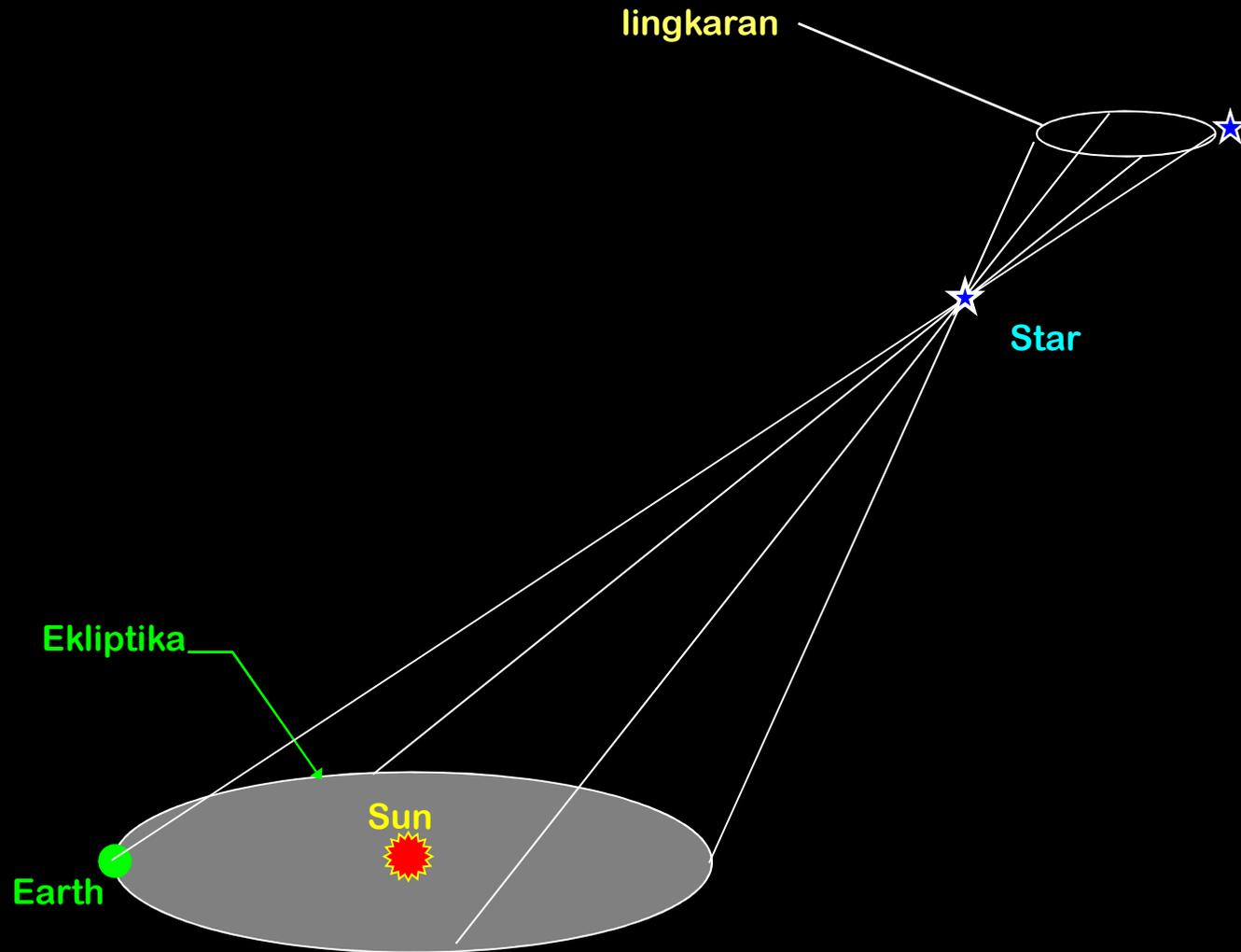
Gerak Bintang

Bintang terletak antara kutub dan bidang ekuatorial :



Gerak Bintang

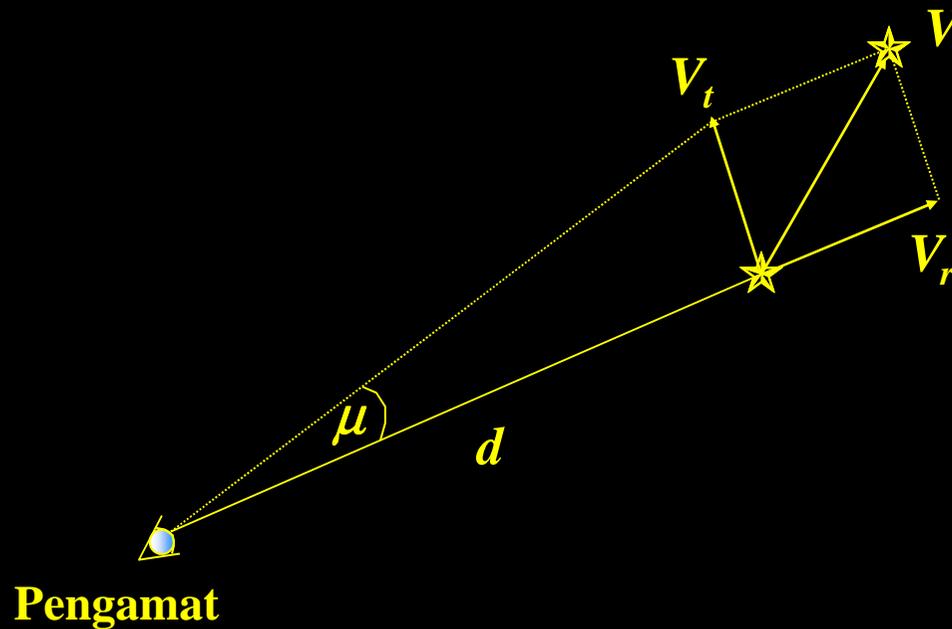
Bintang terletak antara kutub dan bidang ekliptika :



Gerak Bintang

Bintang tidak diam, tapi bergerak di ruang angkasa. Pergerakan bintang ini sangat sukar diikuti karena jaraknya yang sangat jauh, sehingga kita melihat bintang seolah-olah tetap diam pada tempatnya sejak dulu hingga sekarang

Laju perubahan sudut letak suatu bintang disebut **gerak sejati** (*proper motion*). Gerak sejati biasanya diberi simbol dengan μ dan dinyatakan dalam detik busur pertahun. Bintang yang gerak sejatinya terbesar adalah bintang Barnard dengan $\mu = 10'',25$ per tahun (dalam waktu 180 tahun bintang ini hanya bergeser selebar bulan purnama)



Hubungan antara kecepatan tangensial (V_t) dan gerak sejati :

$$V_t = \mu d \dots\dots\dots (i)$$

d = jarak bintang. Apabila μ dinyatakan dalam detik busur per tahun, d dalam parsec dan V_t dalam km/s, maka

$$V_t = 4,74 \mu d \dots\dots\dots (ii)$$

$$V_t = 4,74 \mu/p \dots\dots\dots (iii)$$

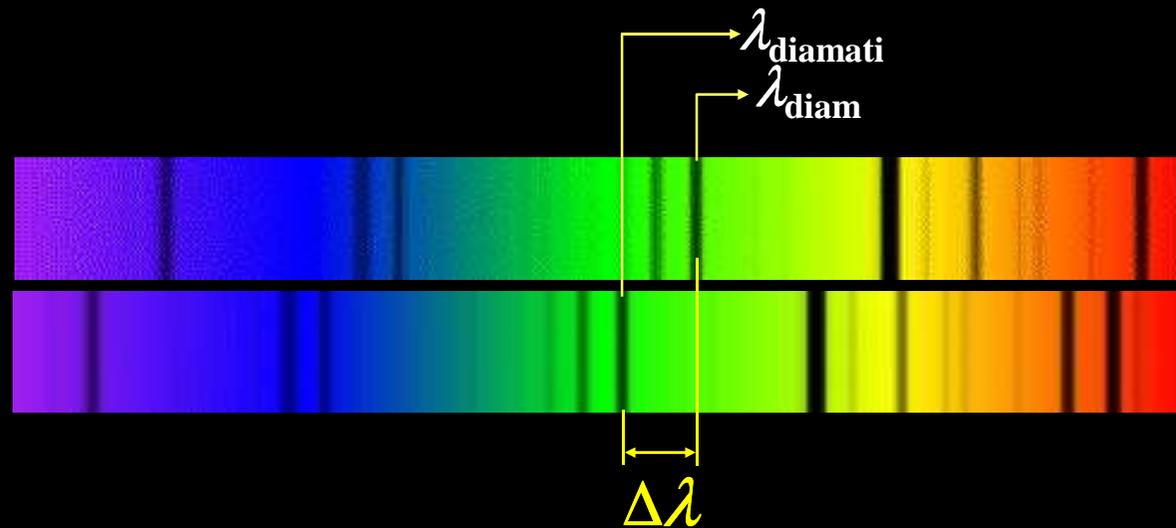
***p* paralaks bintang dalam detik busur.**

Selain gerak sejati, informasi tentang gerak bintang diperoleh dari pengukuran kecepatan radial, yaitu komponen kecepatan bintang yang searah dengan garis pandang

Kecepatan radial bintang dapat diukur dari efek Dopplernya pada garis spektrum dengan menggunakan rumus :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V_r}{c} \dots\dots\dots (iv)$$

$\lambda = \lambda_{\text{diam}}$, $V_r =$ kecepatan radial, $c =$ kecepatan cahaya



$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{diamati}} - \lambda_{\text{diam}}$$

V_r berharga negatif. garis spektrum bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih pendek } *pergeseran biru*



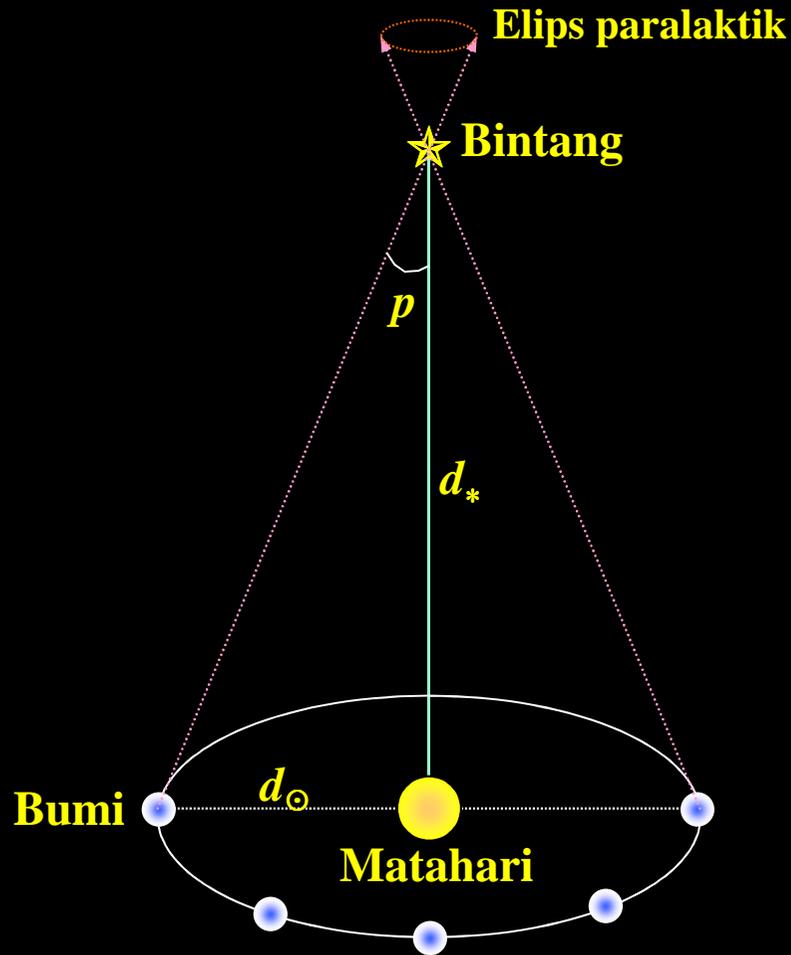
pergeseran merah

V_r berharga positif. garis spektrum bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih panjang

Karena V_t dapat ditentukan dari per (iii) dan V_r dapat ditentukan dari pers (iv), maka kecepatan linier bintang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$V^2 = V_t^2 + V_r^2 \dots \dots \dots (v)$$

Jarak Bintang



Jarak bintang-bintang yang dekat dapat ditentukan dengan cara paralaks trigonometri

d_{\odot} = Jarak Matahari-Bumi
= $1,50 \times 10^{13}$ cm = 1 AU
(AU = Astronomical unit)

d_* = Jarak Matahari - Bintang

p = Paralaks Bintang

$$\tan p = d_{\odot} / d_* \quad \dots \dots \dots (i)$$

Karena p sangat kecil, maka pers (i) dapat dituliskan,

$$p = d_{\odot} / d_* \dots \dots \dots (ii)$$

p dalam radian

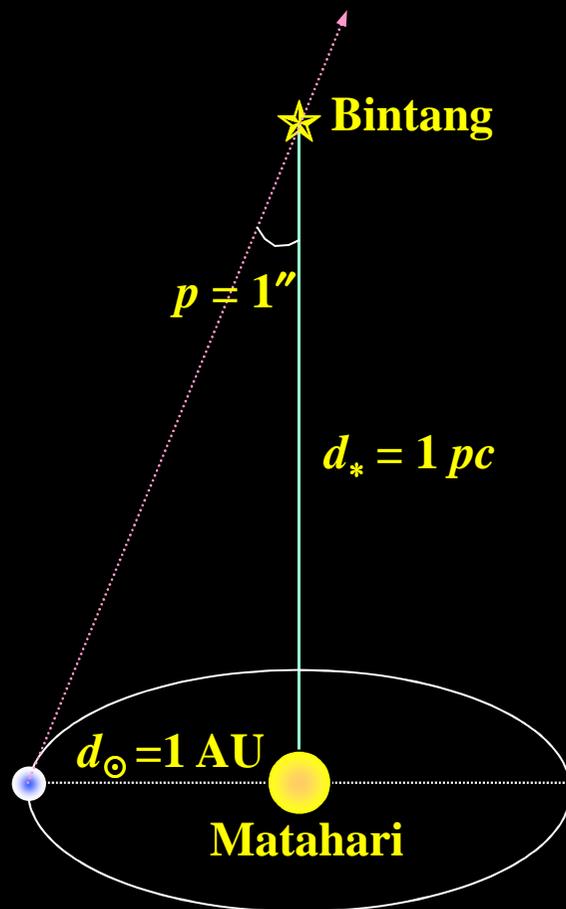
Apabila p dinyatakan dalam detik busur dan karena 1 radian = 206 265'' , maka

$$p = 206\ 265\ d_{\odot} / d_* \dots \dots \dots (iii)$$

Jika jarak dinyatakan dalam AU, maka $d_* = 1\ \text{AU}$ sehingga pers. (iii) menjadi,

$$p = 206\ 265 / d_* \dots \dots \dots (iv)$$

Selain AU, dalam astronomi digunakan juga satuan jarak lainnya yaitu satuan *parsec* disingkat *pc*.



➤ Satu parsec (*parallax second*) didefinisikan sebagai jarak sebuah bintang yang paralaksnya satu detik busur.

➤ Dengan demikian, jika $p = 1''$ dan $d_* = 1 pc$, maka dari persamaan (iv) diperoleh,

$$1 pc = 206\,265 AU$$

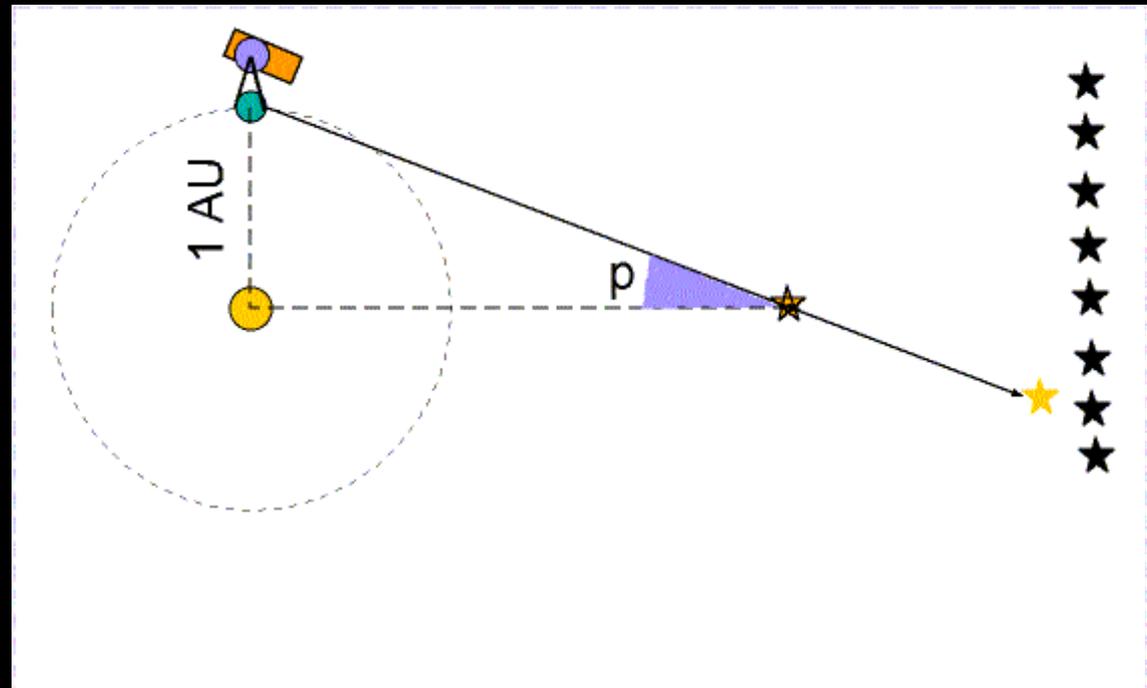
Satuan lain yang sering digunakan dalam astronomi untuk menyatakan jarak adalah tahun cahaya ($1y = \textit{light year}$)

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ ly}$$

Apabila paralaks dinyatakan dalam detik busur dan jarak dinyatakan dalam pc, maka pers menjadi,

$$p = 1/d_*$$

Animasi paralaks



Bintang-bintang yang terdekat dengan matahari yang sudah ditentukan paralaksnya

Bintang	Paralaks (")	Jarak (pc)	Jarak (ly)
Proxima Centauri	0,76	1,31	4,27
Alpha Centauri	0,74	1,35	4,40
Barnard	0,55	1,81	5,90
Wolf 359	0,43	2,35	7,66
Lalande 21185	0,40	2,52	8,22
Sirius	0,38	2,65	8,64

Macam Bintang

Bintang dikelompokkan berdasarkan:

- **Spektrum**
- **Ukuran**
- **Sifat**

- kekuatan relatif dalam absorpsi dan emisi
- bergantung pada temperatur dan urutan spektranya.
- Annie Jump Cannon (1863-1941) diadopsi secara internasional 1910.

- Giant (raksasa)
- Dwarf (kerdil)

- Binary Stars
- Nova, Supernova
- Variabel Stars

Macam Bintang, Berdasarkan Spektrum

Tipe	Temperatur (°C)	Warna	%	Contoh
O	24.700 – 49.700	Violet	0.1	Mintaka (δ Orionis) Alnitak (ζ Orionis)
B	10.700 – 24.700	Cyan	0.1	Rigel (β Orionis) Regulus (α Leonis)
A	7.230 – 10.700	Putih	1	Vega (α Lyrae) Sirius (α Canis Majoris)
F	5.730 – 7.230	Kuning	2	Procyon (α Canis Minoris) Polaris (α Ursae Minoris)
G	4.730 – 5.730	Orange	4	Sun Capella (α Aurigae)
K	3.230 – 4.730	Orange	14	Arcturus (α Bootis) Aldebaran (α Tauri)
M	1.730 – 3.230	Coral	72	Betelgeuse (α Orionis) Antares (α Scorpii)

Macam Bintang, Berdasarkan Ukurannya

A. Bintang raksasa

❖ Antares (rasi Scorpio) :

- berwarna merah
- suhu permukaanya hanya 2500°C
- 2000 kali lebih terang dari matahari
- jauh lebih besar dari matahari
- diameternya 220 kali diameter matahari
- berapa kali diameter bumi ? (23.980 kali diameter bumi)
- berapa kali volume bumi ?(13 ribu milyar lebih besar dari bumi)

} Aneh bukan ?

❖ Betelgeuse (rasi Orion) :

- diameter bintang ini berubah-ubah
- 700 kali sampai 1000 kali diameter matahari

berdenyut-denyut

Macam Bintang, Berdasarkan Ukurannya

B. Bajang Putih

❖ Sirius-B, Walter S. Adam, 1914

- suhu permukaannya 8500°C
- 400 kali lebih lemah dr mth.

Aneh bukan ?

Bagaimana ini bisa terjadi ?

- diameter hanya 40.00 km
(35 kali lebih kecil dr matahari)

massa besar dihipitkan
dlm ruang yg kecil

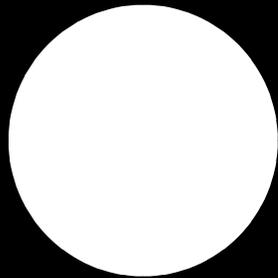
- setiap 1 cm^3 massanya 65 kg
dalam 1 liter massanya 65 ton !

Luar biasa !

Matahari



Bumi



Bajang Putih

Perbandingan Bajang Putih, Bumi dan Matahari

Macam Bintang, Berdasarkan Sifatnya

A. Bintang Ganda

❖ **Mizar, Riccioli, 1650 :**

- Letak kedua bintang sangat berdekatan
- tidak terpisahkan dengan mata telanjang.
- yang pertama kali ditemukan

❖ **Castor, William Herschel, 1804 :**

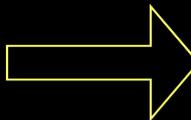
- bukti bahwa bintang ganda merupakan pasangan yg sebenarnya
- keduanya saling mengitari seperti pasangan penari dansa

❖ **Algol (rasi Persus), John Goodrick, 1782 :**

- cahayanya berubah-ubah secara periodik, dgn perioda tiga hari
- dalam gerakannya salah satu bintang melintas menutupi bintang pasangannya

Macam Bintang, Berdasarkan Sifatnya

❖ Sirius, F.W. Bessel, 1844

- bergerak berkelok-kelok  bintang ganda, pasangannya tidak terlihat
- yg terang disebutnya Sirius-A
- yg tidak terlihat disebut Sirius-B
- Alvan Clark, 1863, berhasil melihat bintang Sirius-B

Macam Bintang, Berdasarkan Sifatnya

B. Yang Berdenyut

❖ Delta Cephei (rasi Cepheus), John Goodrick, 1784 :

- suatu saat terang, pada saat lainnya redup, dgn perioda sekitar 5 hari
- suhu berubah bersamaan dgn perubahan cahayanya
- saat mengkerut, bintang menjadi panas dan cahayanya kuat
- saat mengembang suhunya turun dan cahayanya menjadi lemah
- disebut *Variabel Cepheid*.

Macam Bintang, Berdasarkan Sifatnya

C. Yang Meledak

↳ Flare:

- cahayanya berubah-ubah tidak periodik
- meletup-letup

↳ Nova:

- cahayanya tiba-tiba menjadi terang
- puluhan juta kalinya

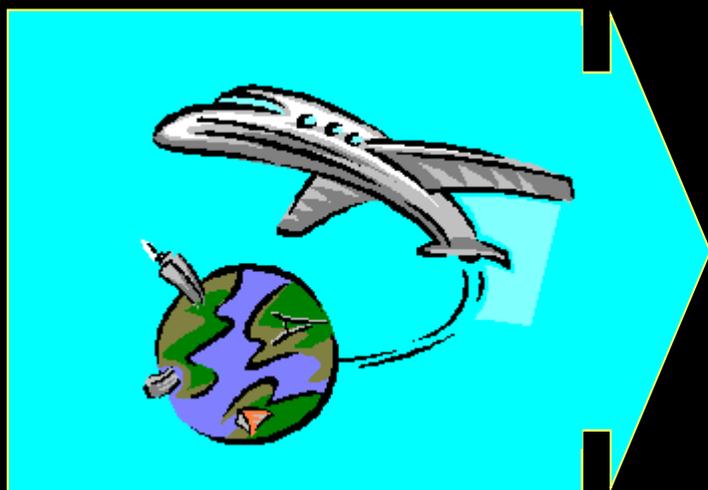
↳ Supernova :

- lebih dahsyat dari nova
- cahayanya menjadi ratusan juta kali lebih terang dari cahaya mulanya

Materi Antar Bintang

Di alam tidak ada ruang yang benar-benar hampa

- 1 cm³ udara di permukaan laut mengandung $3 \cdot 10^{19}$ atom
- 1 cm³ udara pada ketinggian 400 km mengandung 10^7 atom
- 1 cm³ di ruang antar bintang mengandung 1 atom



Menumbuk atom/partikel jauh lebih banyak dalam penerbangan 10 km pertamanya, dari pada jumlah gas/partikel yg akan ditumbuknya dalam seluruh perjalanannya

Materi Antar Bintang

Materi antar bintang memang sangat renggang

jagat raya ini
sangat luas

jumlah materinya luar
biasa banyaknya

Galaksi Bima Sakti
mengandung 10^{37} atom

cukup untuk membuat milyaran
bintang seukuran matahari.

Materi Antar Bintang

Materi antar bintang
terlalu jauh untuk
mempengaruhi kita

Mengapa kita peduli ?

5 milyar thn yg lalu,
telah tumbuh dan
berkembang sebuah
awan antar bintang

Kondensasi, gravitasinya sangat kuat.
Gas jatuh ke pusat awan, menjadi poros
dan mulai bersinar dgn kecemerlangan
sebuah bintang matahari

Gas yg mengitari bintang baru ini berkumpul
berkelompok dan menjadi dingin. Satu kelompok
kecil membentuk bumi, litosfer, hidrosfer, atmosfer,
dan

penghuninya, termasuk kita ?

Riwayat Bintang

terdapat campuran gas dan debu

Ruang antar bintang tidaklah kosong

- berkelompok karena gaya gravitasi
- makin lama semakin mampat
- suhu di dalamnya semakin tinggi

Mulai bercahaya

proto bintang

janin sebuah bintang yang akan lahir

Riwayat Bintang

Suhu pada proto bintang semakin tinggi

terjadinya reaksi inti : $H + H \longrightarrow He + Energi$

lahir sebuah
bintang

- Bintang tidak lagi mengkerut, karena tekanan di bagian dalam mampu menahan lapisan luar
- Persediaan hidrogen di dalam bintang melimpah, karena sebagian besar bintang terdiri dari hidrogen

Apakah bintang yang massanya besar, lebih lama umurnya ?

Bintang yang besar boros menghamburkan energinya

Bintang yg massanya 10 x massa matahari,
memancarkan cahaya 10.000 x cahaya matahari

lebih boros 10.000 kali dari pada matahari

- Walaupun bahan bakarnya 10 kali lebih besar, tetapi karena borosnya itu, umurnya 1000 kali lebih pendek dari matahari.
- Bila matahari diperkirakan umurnya 10 milyar tahun, maka bintang tadi umurnya hanya 10 juta tahun
- Bintang-bintang raksasa & maharaksasa umurnya hanya jutaan/ puluhan juta tahun. Dalam jangka waktu itu, bintang tsb belum jauh dari tempat lahirnya, dekat kabutnya, masih diselimuti kabut, seperti bintang-bintang biru dalam gugus Pleiades

Bagaimana bila Hidrogen di Matahari habis ?

mengembang menjadi bintang raksasa merah

permukaan matahari akan mencapai planet Mars

Merkurius, Venus, & Bumi akan ditelan matahari, hancur luluh menguap

Berlangsung sampai Hidrogen di intinya habis

Bagaimana bila Hidrogen di inti Matahari habis ?

Bagaimana bila Hidrogen di Matahari habis ?

bila Hidrogen di inti Matahari habis

Tidak ada lagi tekanan yg menahan lapisan luar yg berat

mengkerut

- matahari semakin mampat dan panas, menjadi kecil, menjadi bintang bajang putih seperti Sirius-B
- setiap satu cm^3 materi matahari, massanya mencapai puluhan bahkan ratusan kilogram
- Setelah tidak mempunyai energi lagi, matahari menjadi dingin, jadilah ia sebagai bajang gelap