

Sejarah Alam Semesta dan Kehidupan di Bumi

Workshop Guru

11 Desember 2021

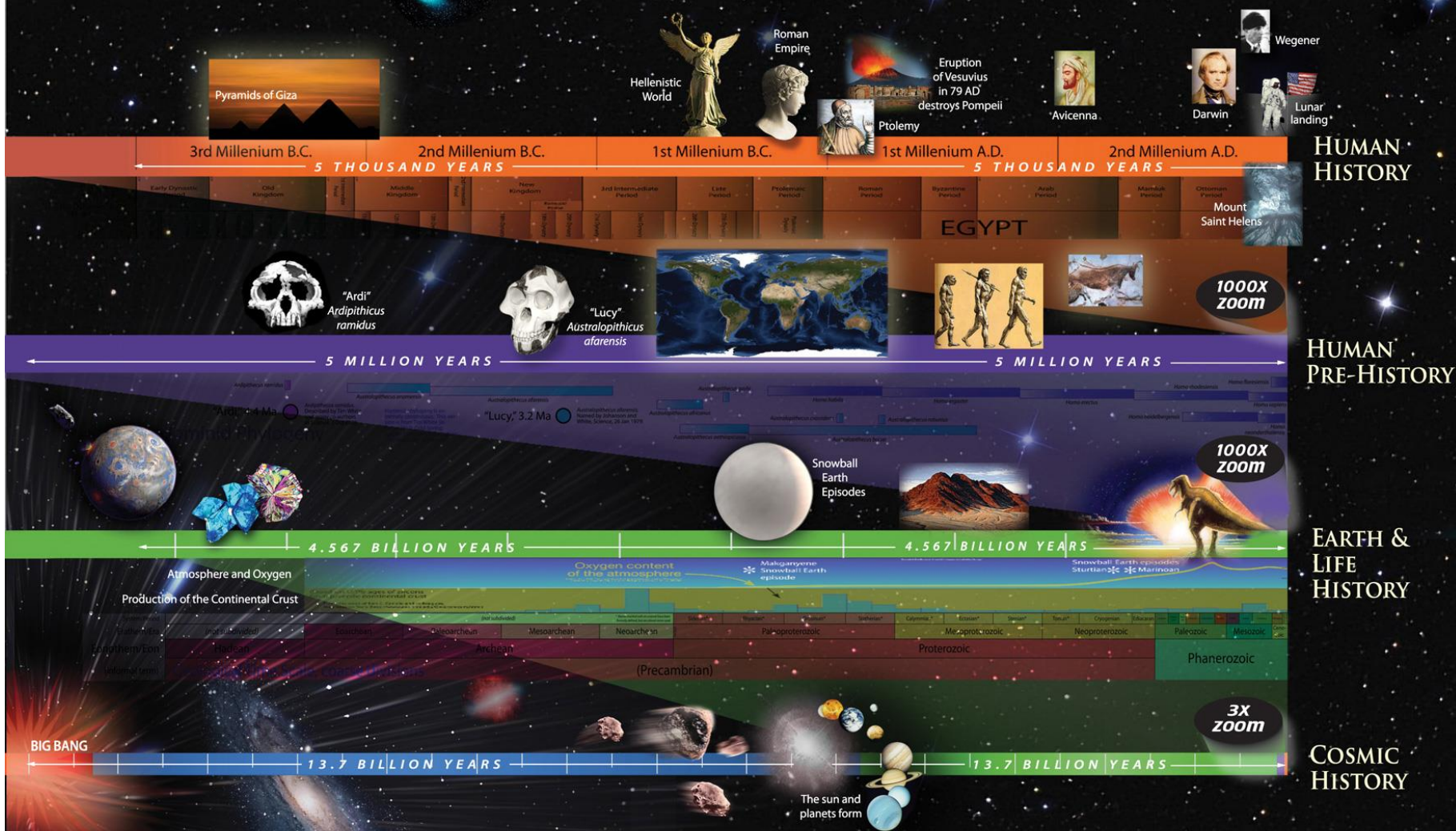
Observatorium Bosscha - FMIPA - Institut Teknologi Bandung
International Astronomical Union – Office of Astronomy for Development

UNAWA Indonesia, FSRD ITB, IIEE, STEP Ganesha 83, STF Driyarkara, FST UNDANA, 3t4c

Renaissance Geology Group

Walter Alvarez
David Shimabukuro
Roland Saekow
Cheyenne Waldman
Ana Isabel Martínez Poza

Introducing Big History and *ChronoZoom*

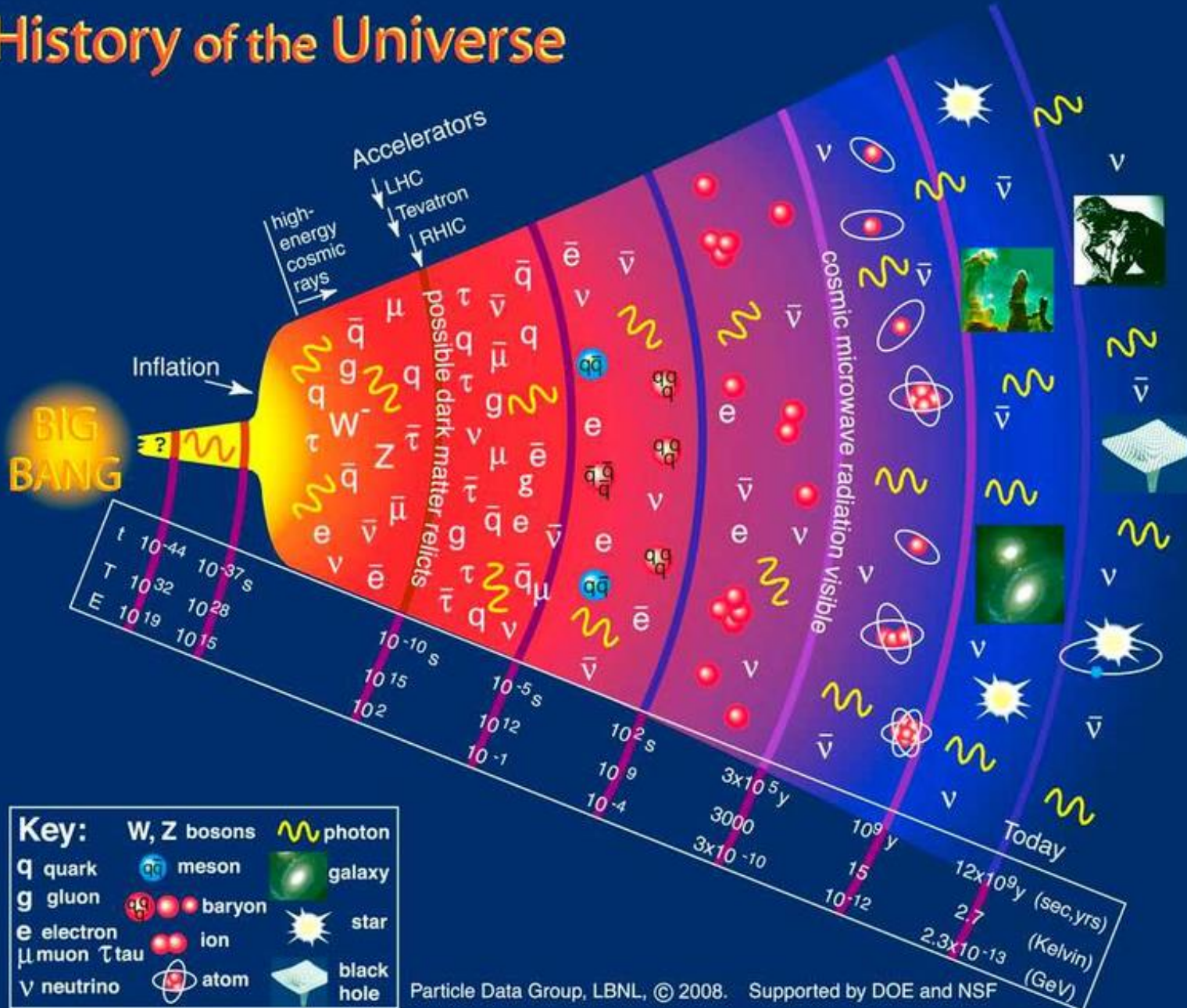


Menjahitkan
potongan-potongan
cerita tentang alam
hingga
peradaban manusia

www.bighistoryproject.com

Aldi image courtesy of Gen Suwa; Lucy image from "Bone Clones" 2010; early Earth image from NASA/JPL; Pyramid photo by Jerzy Strzelecki.

History of the Universe



Particle Data Group, LBNL, © 2008. Supported by DOE and NSF

Memulai cerita dari Semesta

Dari Awal Alam Semesta hingga Bintang Generasi Pertama

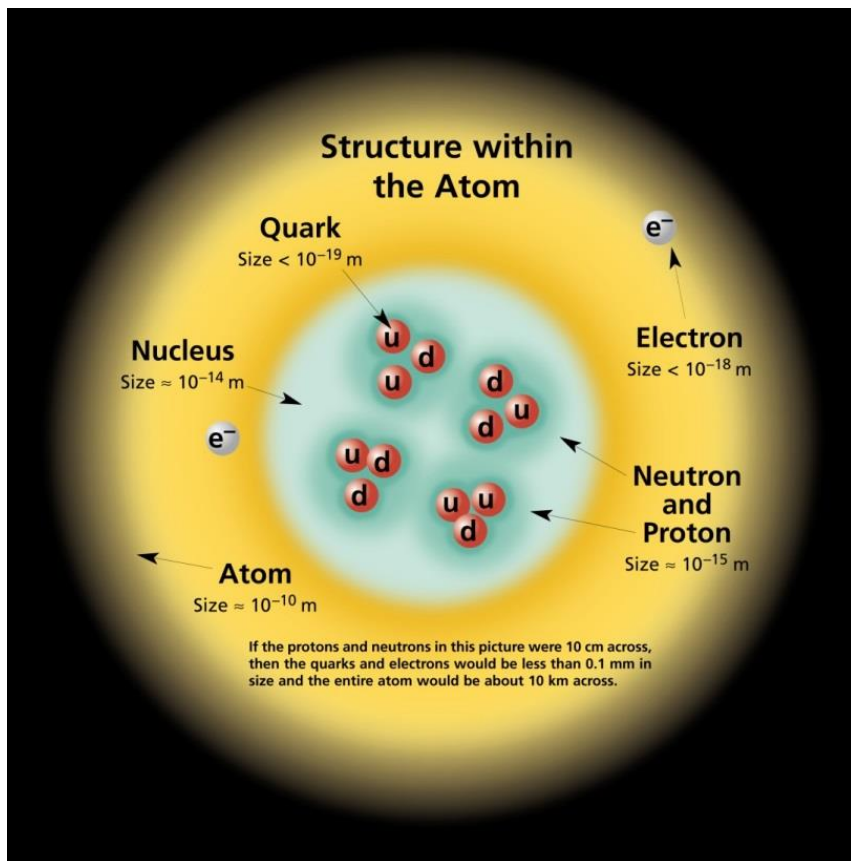
- **Big Bang**

Kekekalan energi total: alam semesta memuai, suhu turun

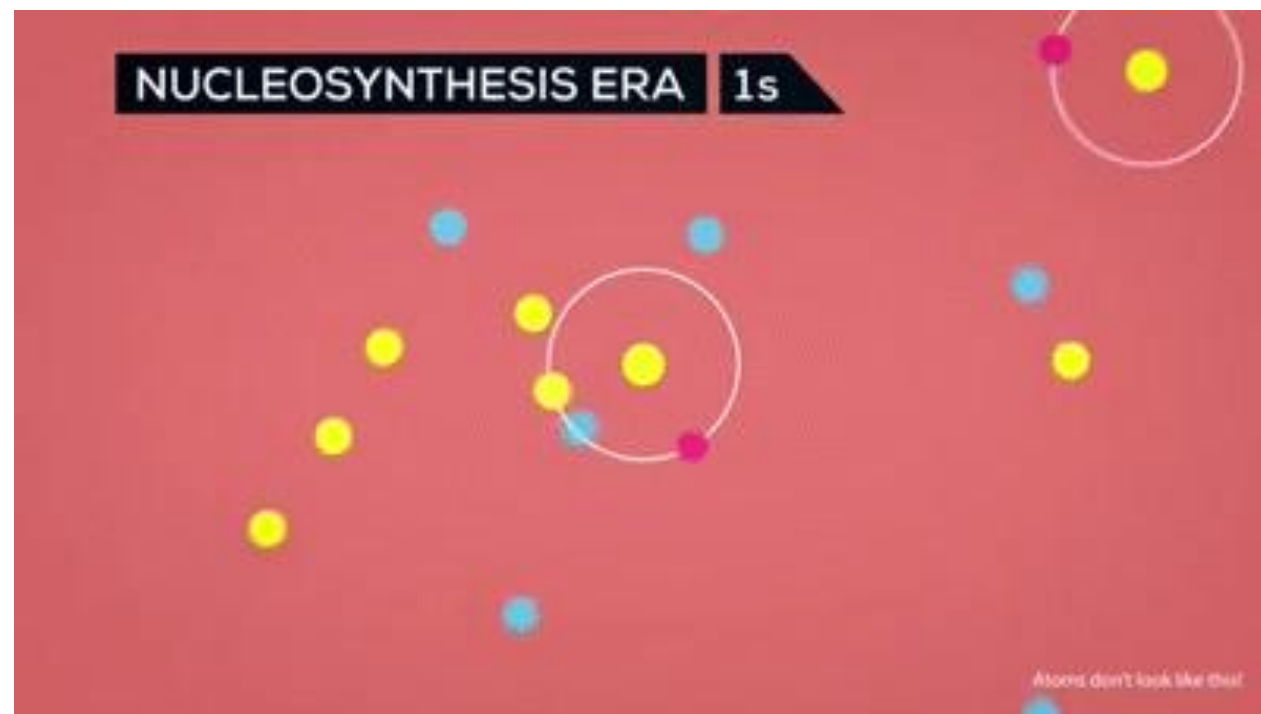
- **detik-detik awal**: Kondisi awal Alam Semesta: kecil, panas, kerapatan tinggi, semua berenergi tinggi, keadaan sederhana dan amat seragam
- **3 menit**: Pembentukan inti atom sederhana: hydrogen dan helium
- **400ribu tahun**: alam semesta netral: elektron terikat pada atom
 - Gravitasi menjadi efektif: awan hydrogen saling tarik menarik membentuk kelompok-kelompok masif
- **Beberapa juta tahun**: bintang-bintang generasi pertama terbentuk: pembentukan inti atom yang lebih berat dan beragam
- **Beberapa milyar tahun**: bintang-bintang masif mengakhiri masa hidup: supernova
 - Pengayaan ruang antar bintang dengan unsur kimia yang beragam

Interaksi Kuantum dan Elektromagnetik

Partikel Fundamental
Pembentukan Inti Atom
Produksi Foton

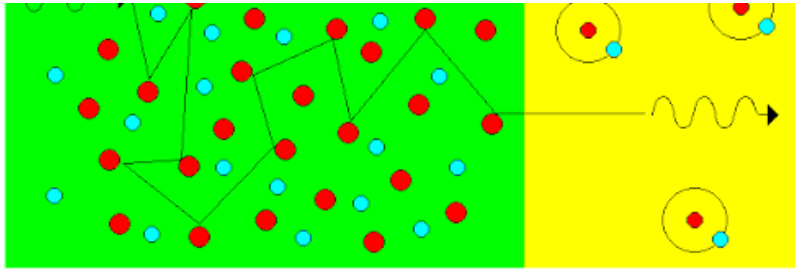


3 menit pertama: pembentukan inti atom hydrogen dan helium

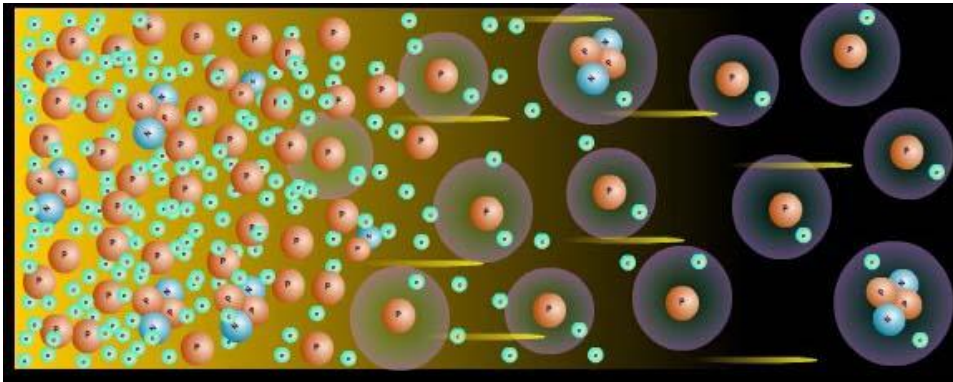


Materi dan Cahaya

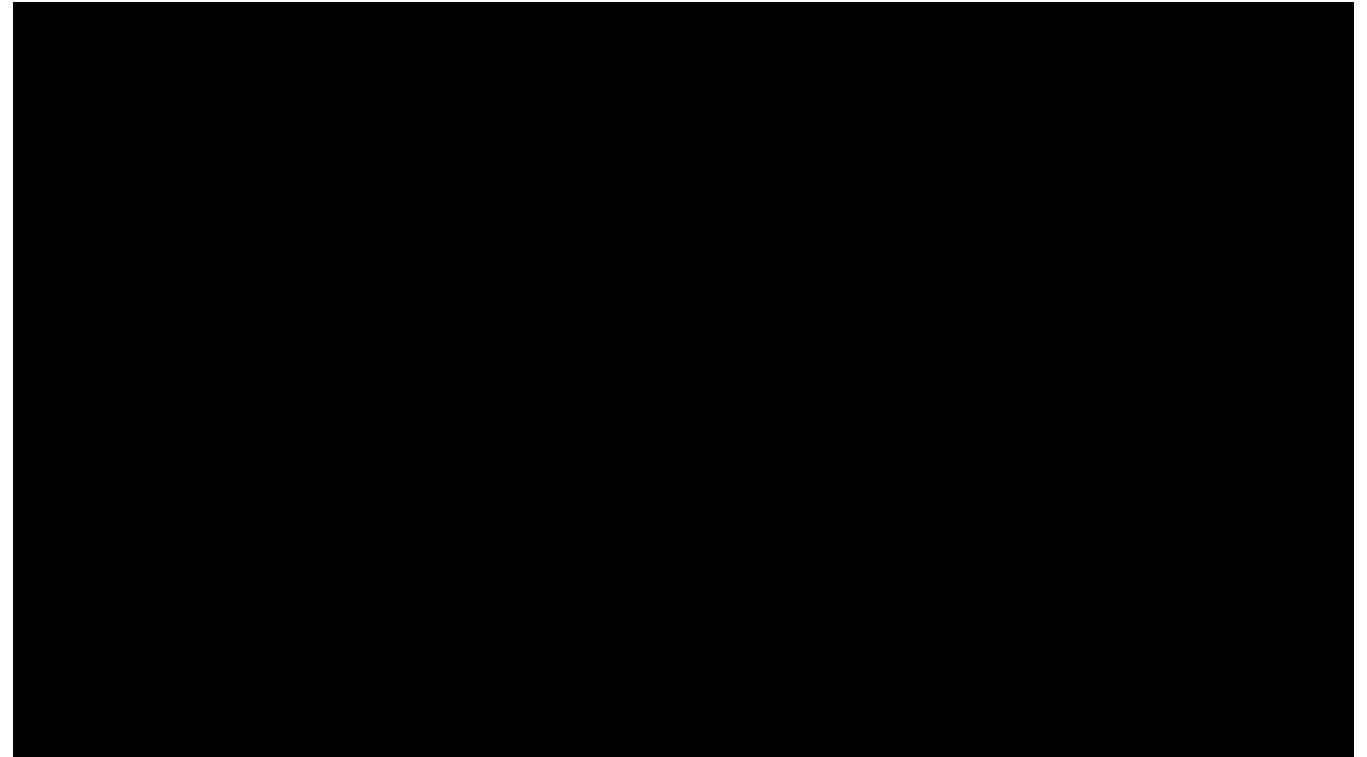
Awalnya: energi elektron terlalu tinggi untuk dapat diikat oleh inti atom. Elektron dan foton saling menghamburkan. Foton tidak bisa bergerak jauh



400 ribu tahun: energi elektron rendah untuk dapat diikat oleh inti atom. Foton dapat bergerak tanpa halangan

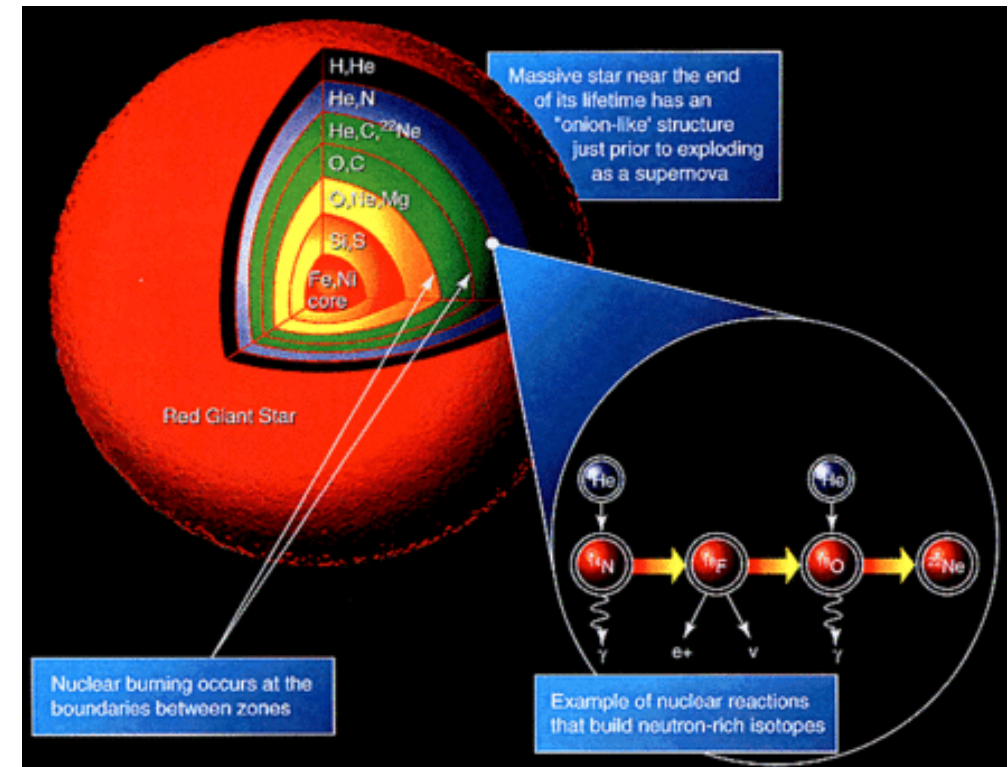
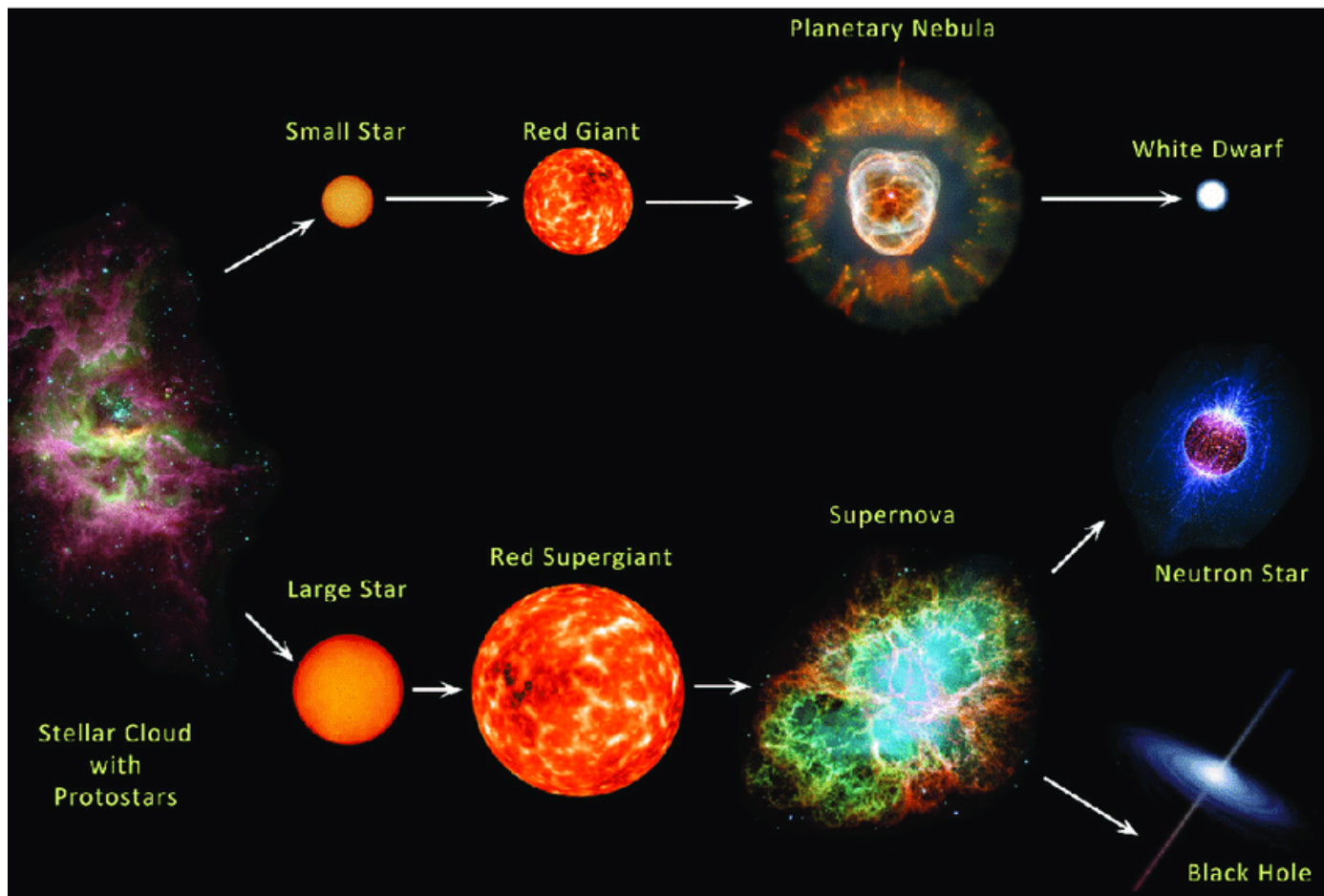


Alam semesta menjadi bisa terlihat. Kita bisa melihat sesuatu karena ada foton datang ke mata kita



Setelah 400 ribu tahun: elektron terikat dalam atom: alam semesta netral. Gaya gravitasi bekerja efektif membentuk struktur: bintang, galaksi, dll

Milyaran tahun Pembentukan dan Evolusi Bintang Reaksi inti: Produksi unsur kimia dan foton



H 1																	He 2				
Li 3	Be 4															B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12															Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36				
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54				
Cs 55	Ba 56	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86					
Fr 87	Ra 88																				
		La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
		Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103					

Legend for element synthesis:

- Blue: Big Bang fusion
- Green: Dying low-mass stars
- Yellow: Exploding massive stars
- Grey: Human synthesis / No stable isotopes
- Pink: Cosmic ray fission
- Purple: Merging neutron stars
- White: Exploding white dwarfs

Hubble Ultra Deep Field 2014
Hubble Space Telescope

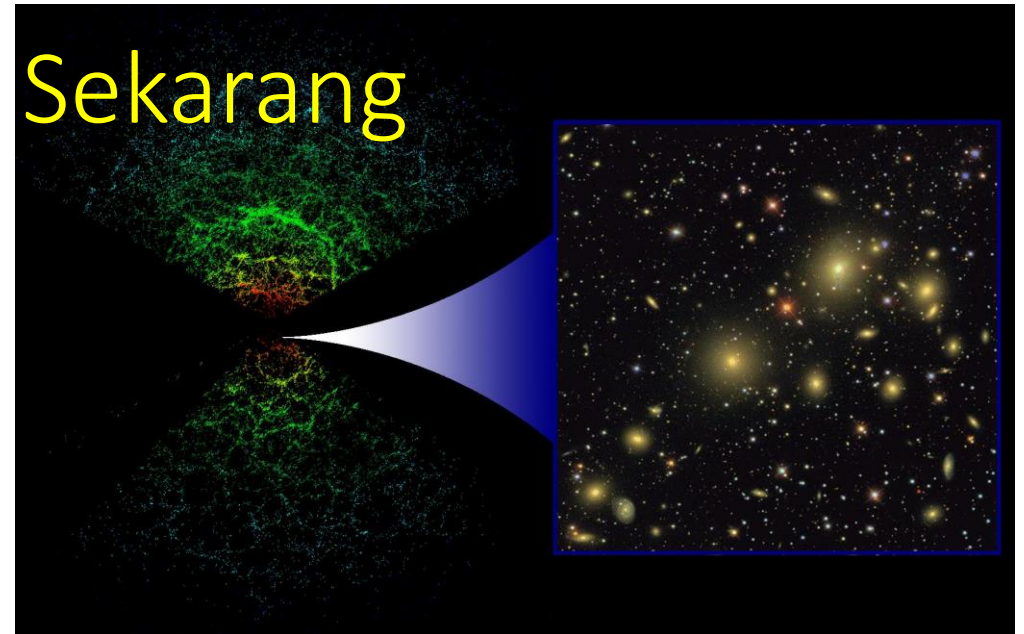
Alam Semesta Sekarang



ACS/SBC	F150LP
WFC3/UVIS	F225W F275W F336W
ACS/WFC	F435W F606W
ACS/WFC	F775W F814W F850LP
WFC3/IR	F105W
WFC3/IR	F125W F140W F160W

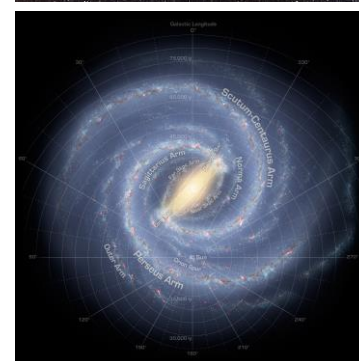
30"

N
E



Langit Selatan terlihat dari Timor

M. Yusuf – Observatorium Bosscha



Skema: Galaksi Bima Sakti
(Milky Way)

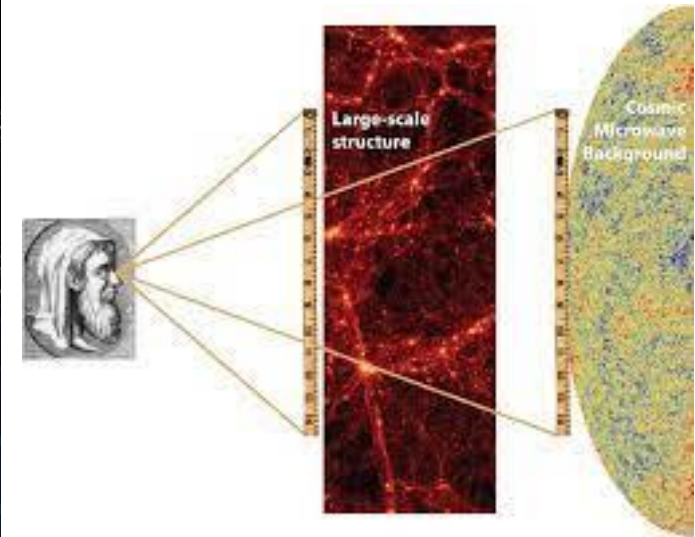
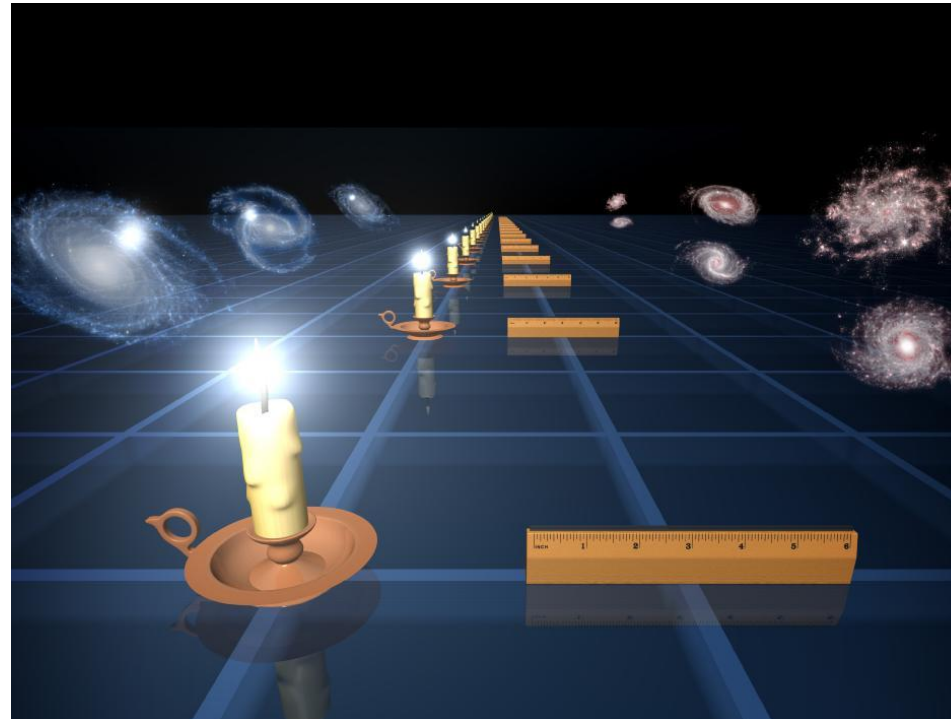
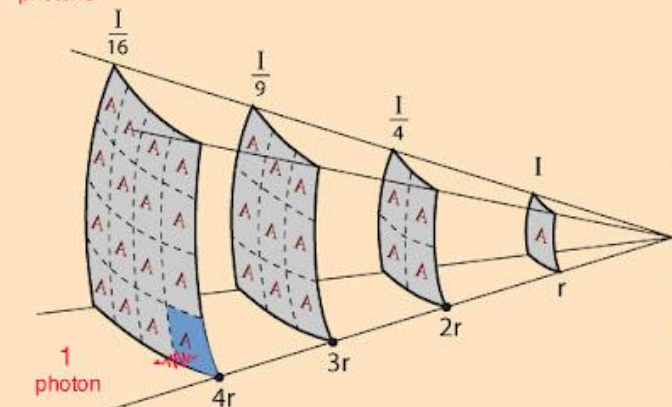
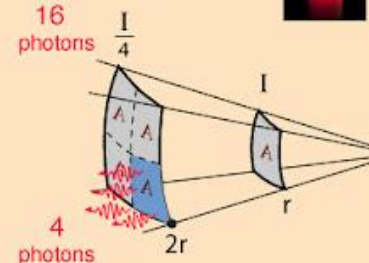
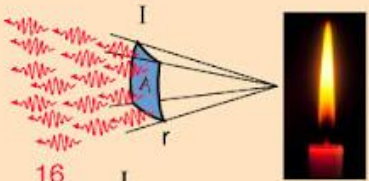
Mengestimasi Jarak dalam Alam Semesta

Prinsip: membandingkan ukuran/besaran asli dengan besaran tampak:
Ukuran kecerlangan dan ukuran panjang

The "standard candle" approach to distance measurement.

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

$$D_L = \sqrt{\frac{L}{4\pi F}}$$

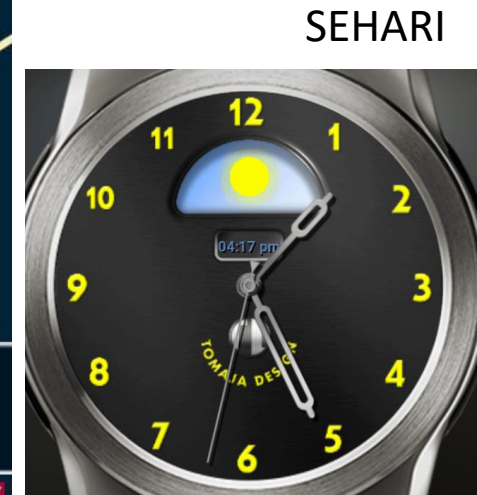
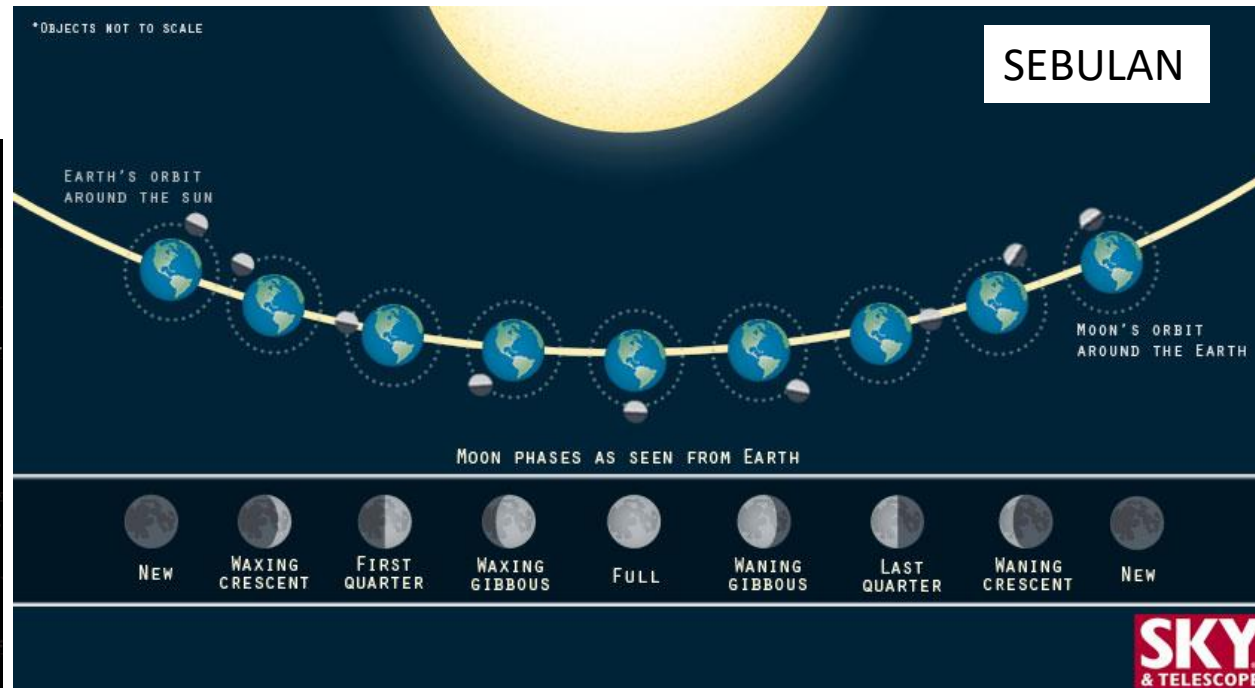
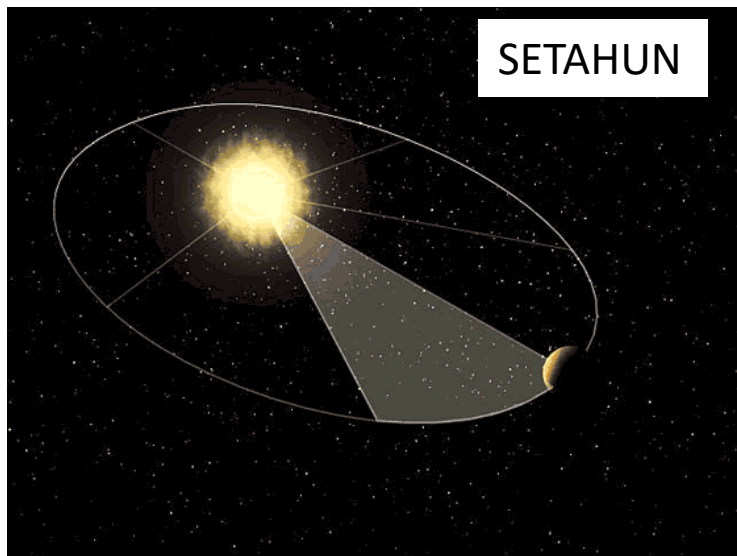
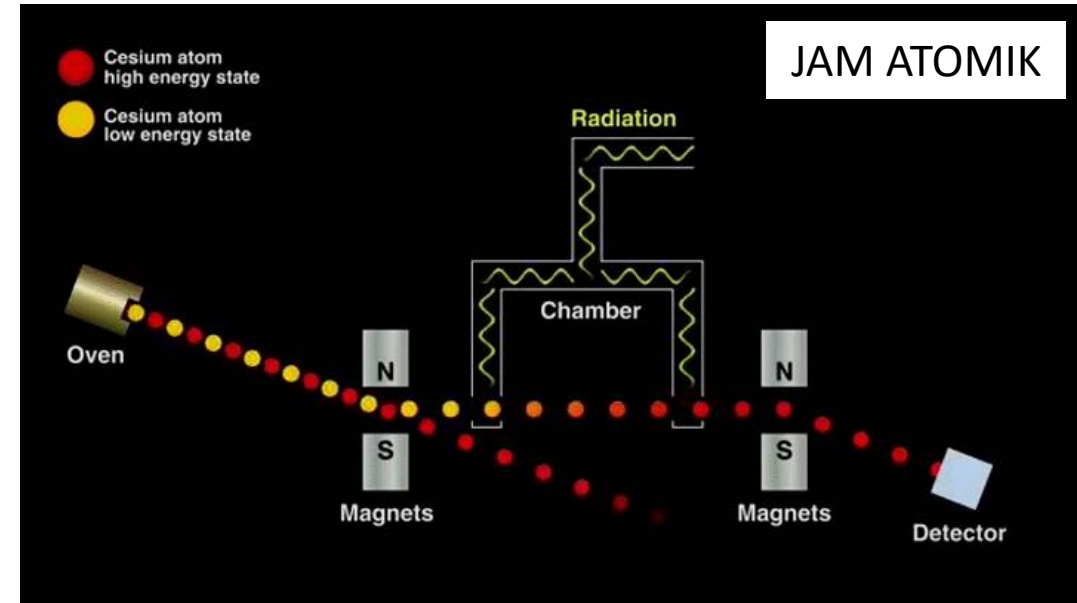


Menera Waktu

- Alami
- Teknologi

Sistem Bumi-Bulan-Matahari: Musim

Bumi: sistem terisolasi karena gravitasi: siklus air, dll





INDONESIA RAYA

Cipt: WR. Supratman

Indonesia Tanah Airku
Tanah Tumpah Darahku
Di sanalah Aku Berdiri
Jadi Pandu Ibuku

Indonesia Kebangsaanku
Bangsa dan Tanah Airku

Marilah Kita Berseru Indonesia Bersatu

Hiduplah Tanahku Hiduplah Negeriku

Bangsaku Rakyatku Semuanya

Bangunlah Jiwanya Bangunlah Badannya

Untuk Indonesia Raya

Indonesia Raya Merdeka Merdeka

Tanahku Negeriku Yang Kucinta

Indonesia Raya Merdeka Merdeka

Hiduplah Indonesia Raya



INDONESIA RAYA

Cipt: WR. Supratman

Indonesia Tanah Airku
Tanah Tumpah Darahku
Di sanalah Aku Berdiri
Jadi Pandu Ibuku

Indonesia Kebangsaanku
Bangsa dan Tanah Airku

Marilah Kita Berseru Indonesia Bersatu
Hiduplah Tanahku Hiduplah Negeriku
Bangsaku Rakyatku Semuanya
Bangunlah Jiwanya Bangunlah Badannya
Untuk Indonesia Raya

Indonesia Raya Merdeka Merdeka
Tanahku Negeriku Yang Kucinta
Indonesia Raya Merdeka Merdeka
Hiduplah Indonesia Raya



Radius Bumi = 6400 km

Keliling Bumi = 40 ribu km

Kecepatan cahaya = 300 ribu km/detik

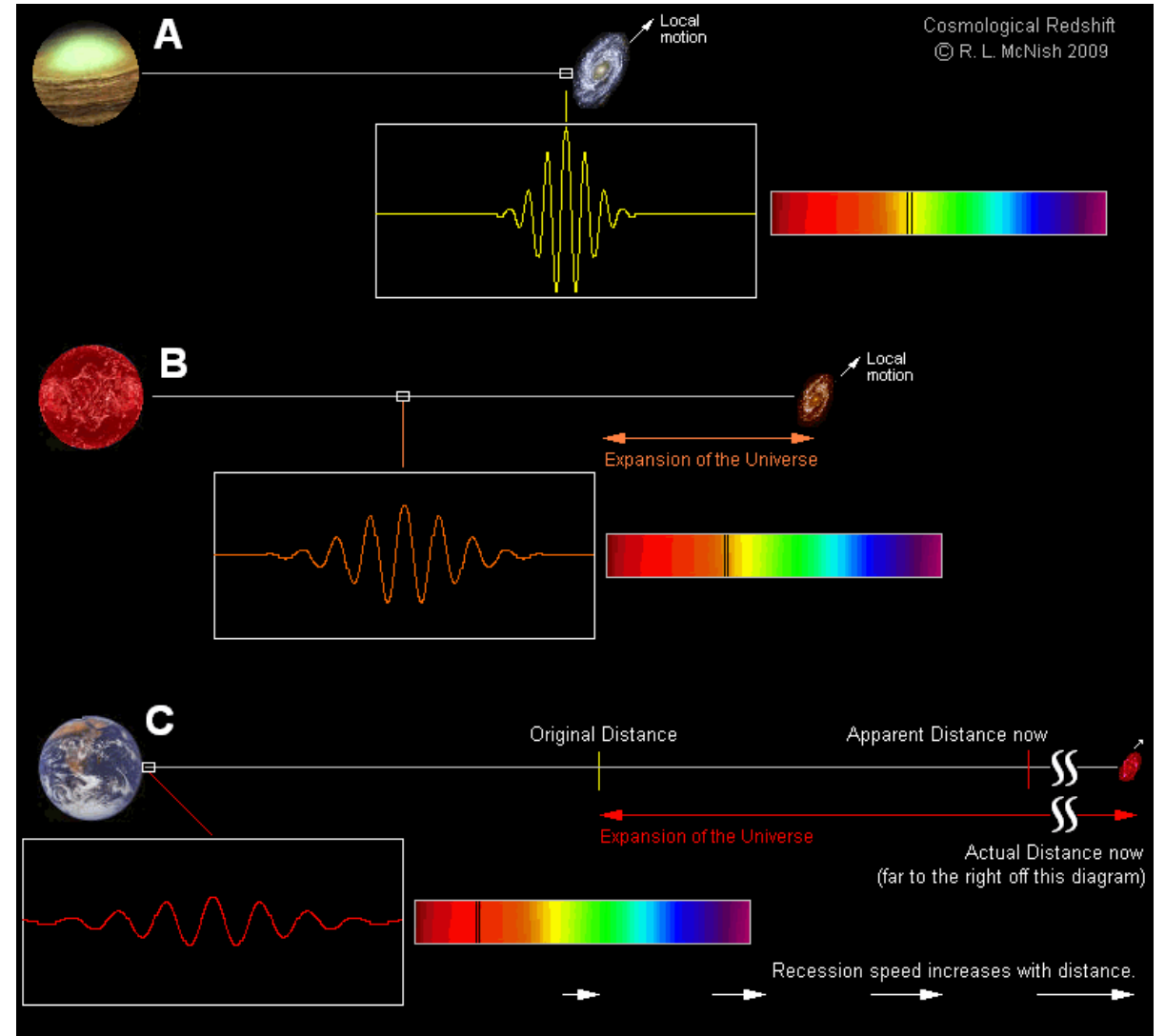
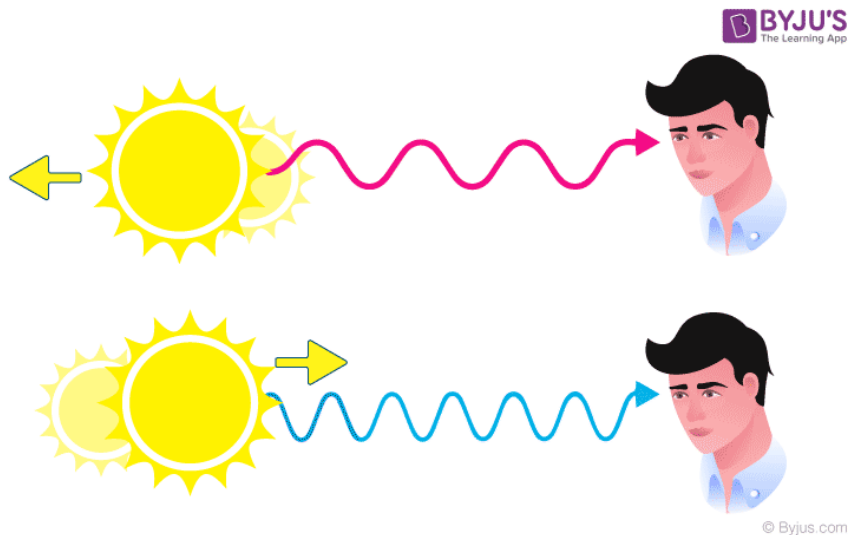
Dalam 1 detik cahaya mengelilingi Bumi 7x

Perubahan, Gerak, Ruang dan Waktu

- Mengestimasi jarak
- Mengestimasi waktu

Prinsip:

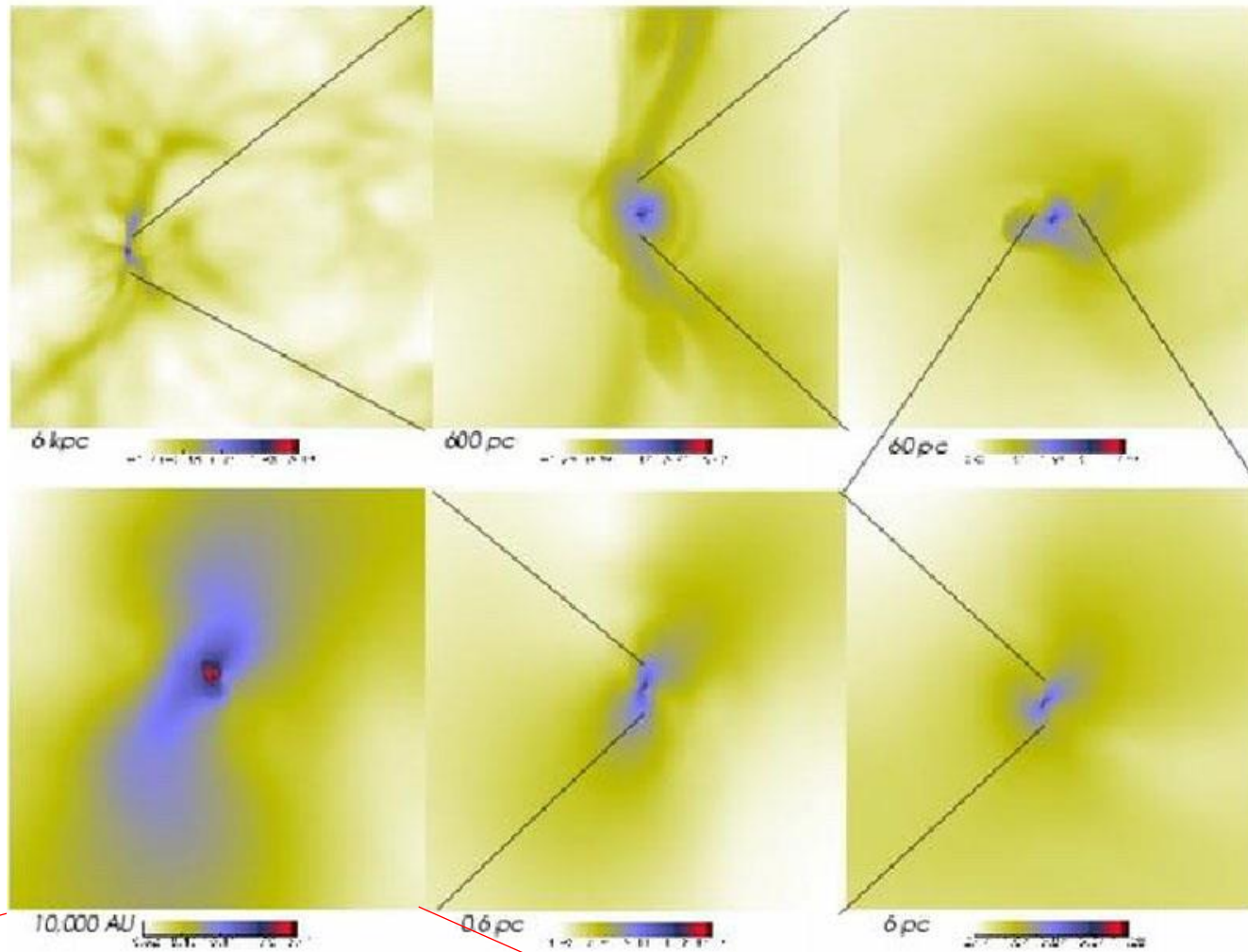
- Semakin cepat gerak relatif, semakin besar pergeseran frekuensi
- Cahaya merambat dengan laju konstan
- Perlu waktu dari sumber cahaya ke pengamat



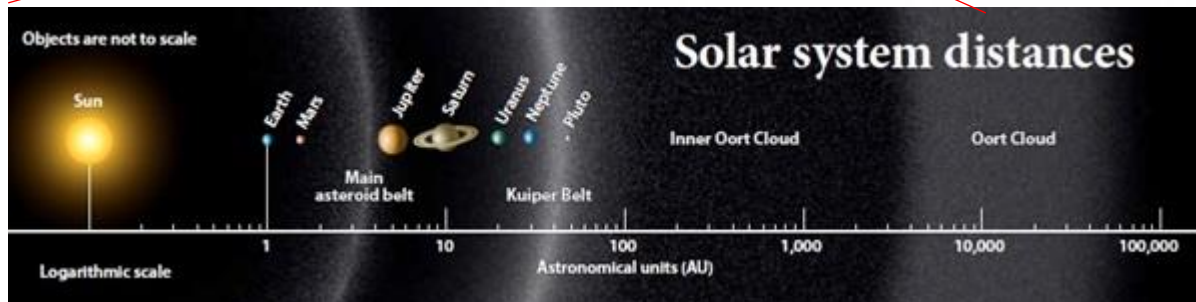
Pembentukan Matahari dan Tata Surya

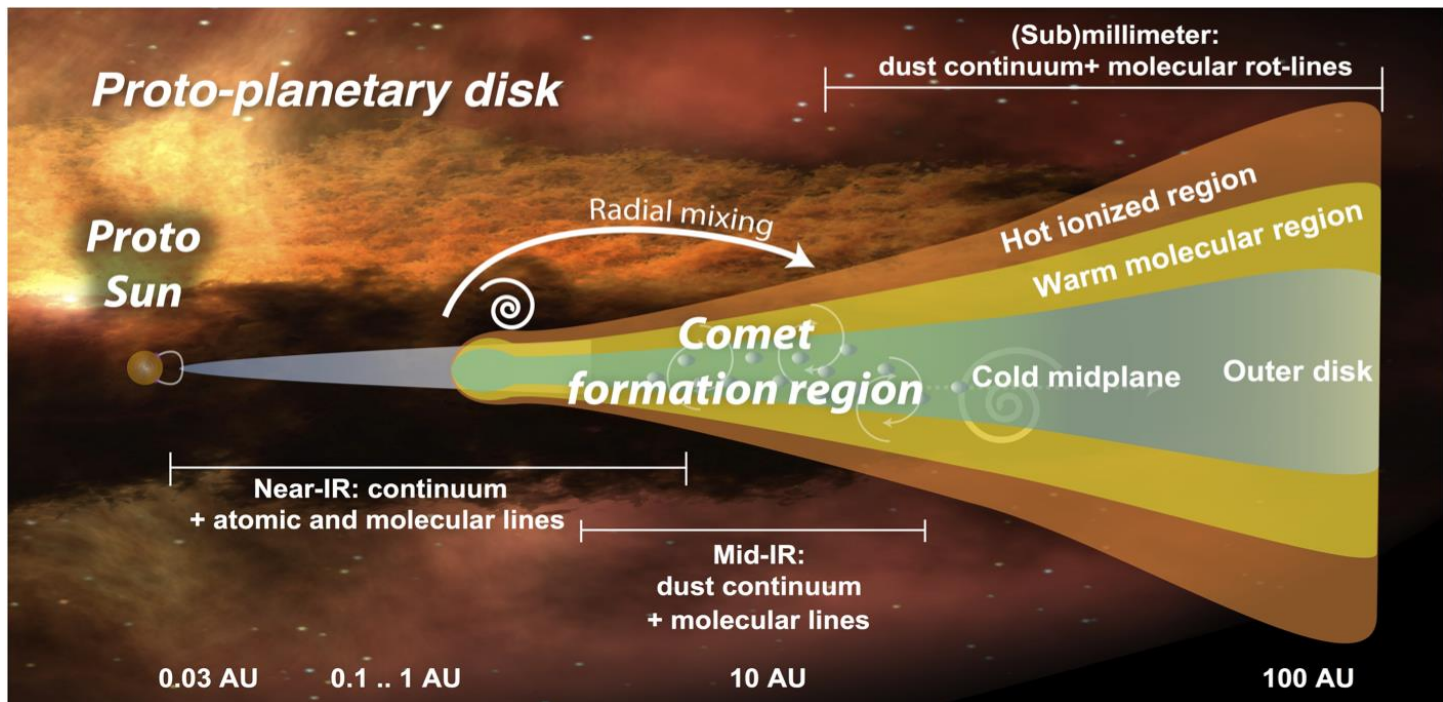
- Milyaran tahun berikutnya: Pembentukan bintang generasi selanjutnya, termasuk Matahari, telah diperkaya dengan inti atom yang lebih beragam
- 4,5 milyar tahun lalu: pembentukan Matahari dan Tata Surya
- Masa awal Tata Surya: chaotic, banyak tumbukan, kompleks, hasil pembentukan bergantung pada kondisi lokal dari saat ke saat yang menyebabkan variasi tinggi pada fitur planet-planet
- Pembentukan Bumi dan fiturnya yang unik

Pembentukan bintang dan sistem planetnya



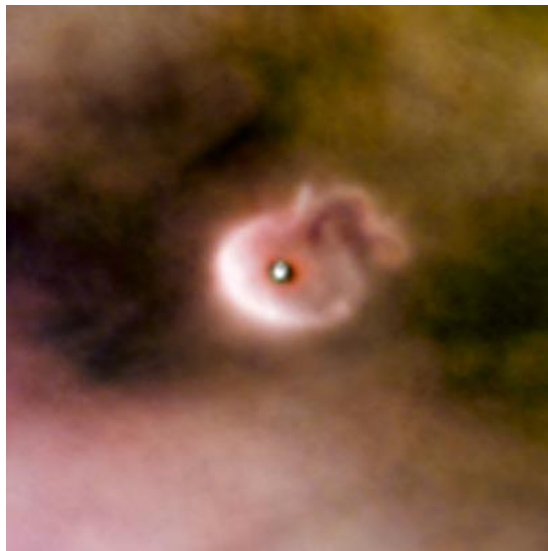
10ribu x jarak Bumi-Matahari



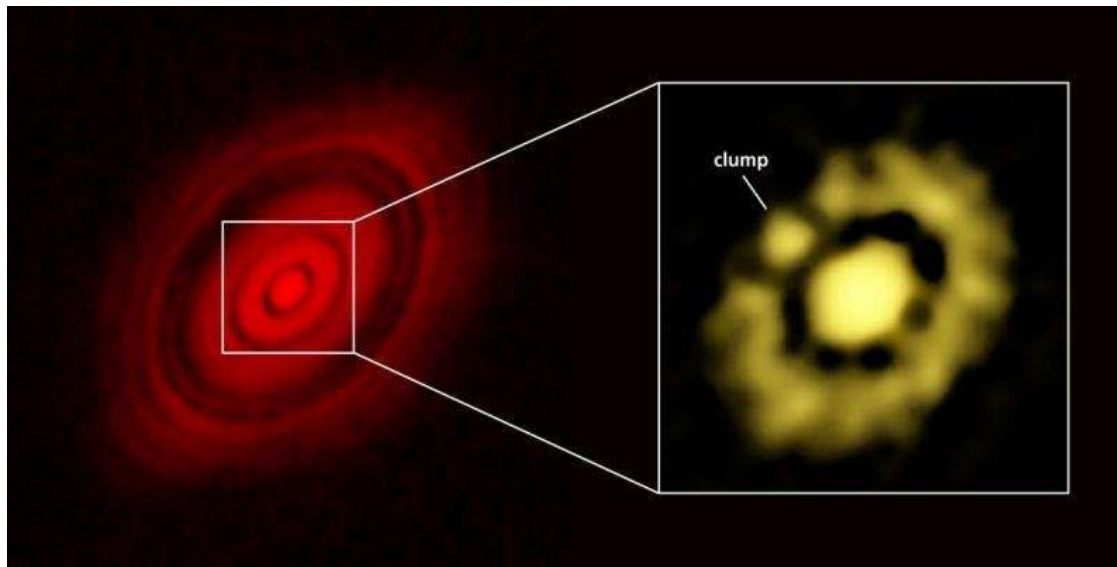


Proses detail dan kompleks

→ **Planet beranekaragam**

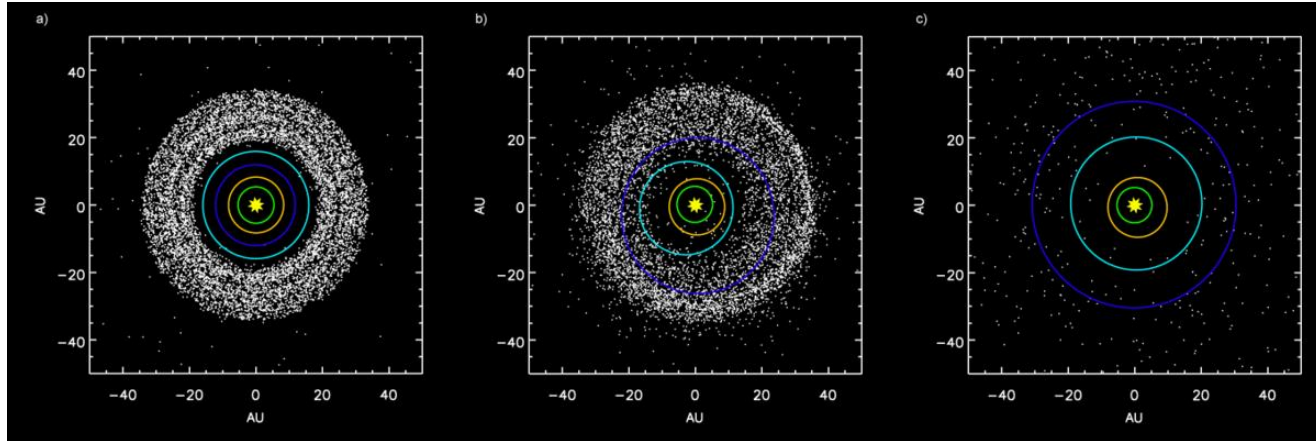


HST (optik)

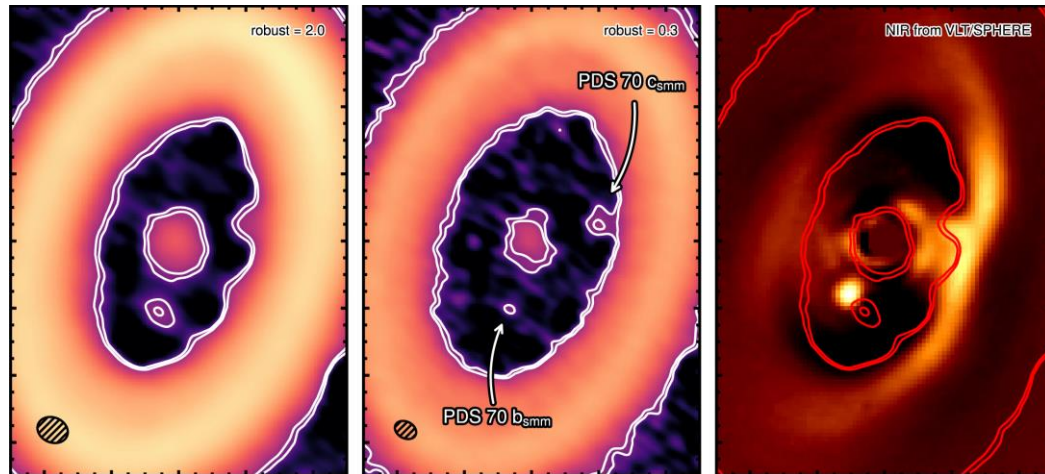


ALMA dan VLBI (radio)

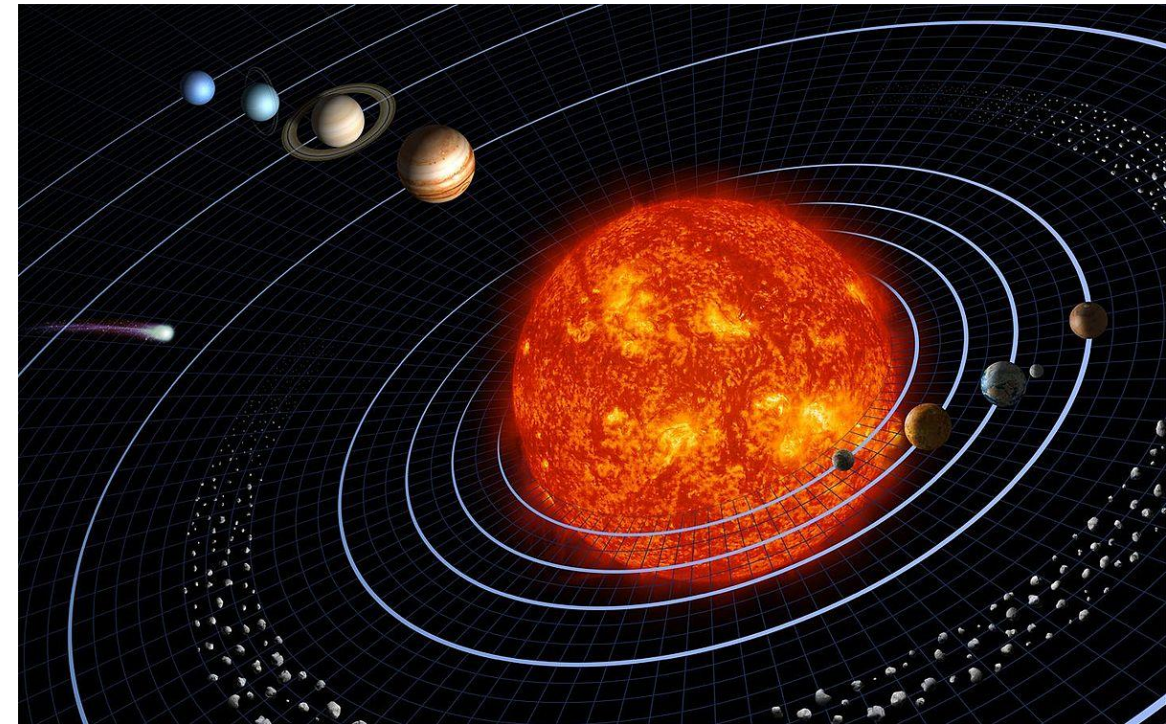
Proses perapihan orbit planet dan benda kecil lain



Simulasi Komputer



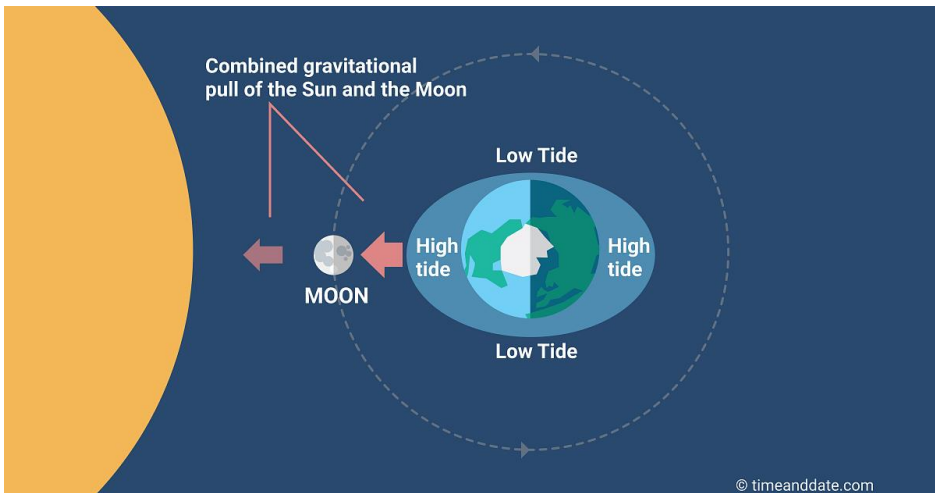
Hasil Pengamatan



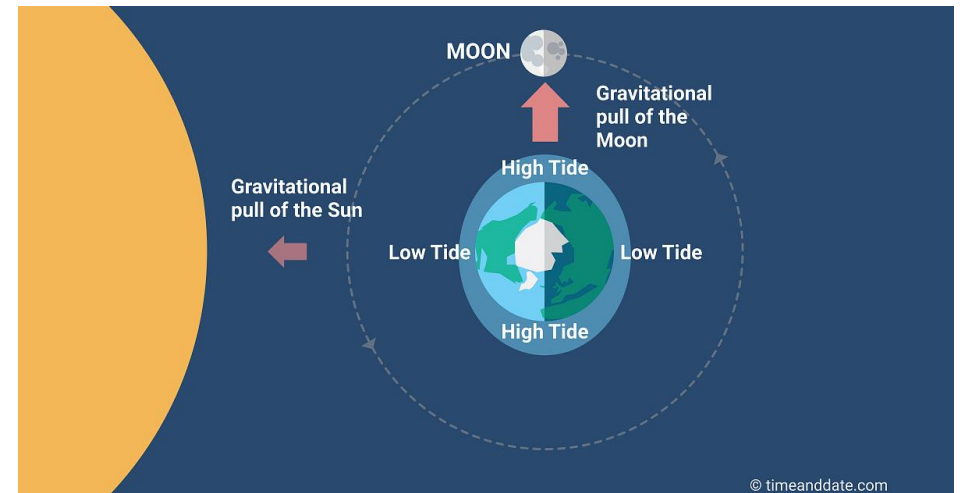
Bumi – Bulan - Matahari



GERHANA



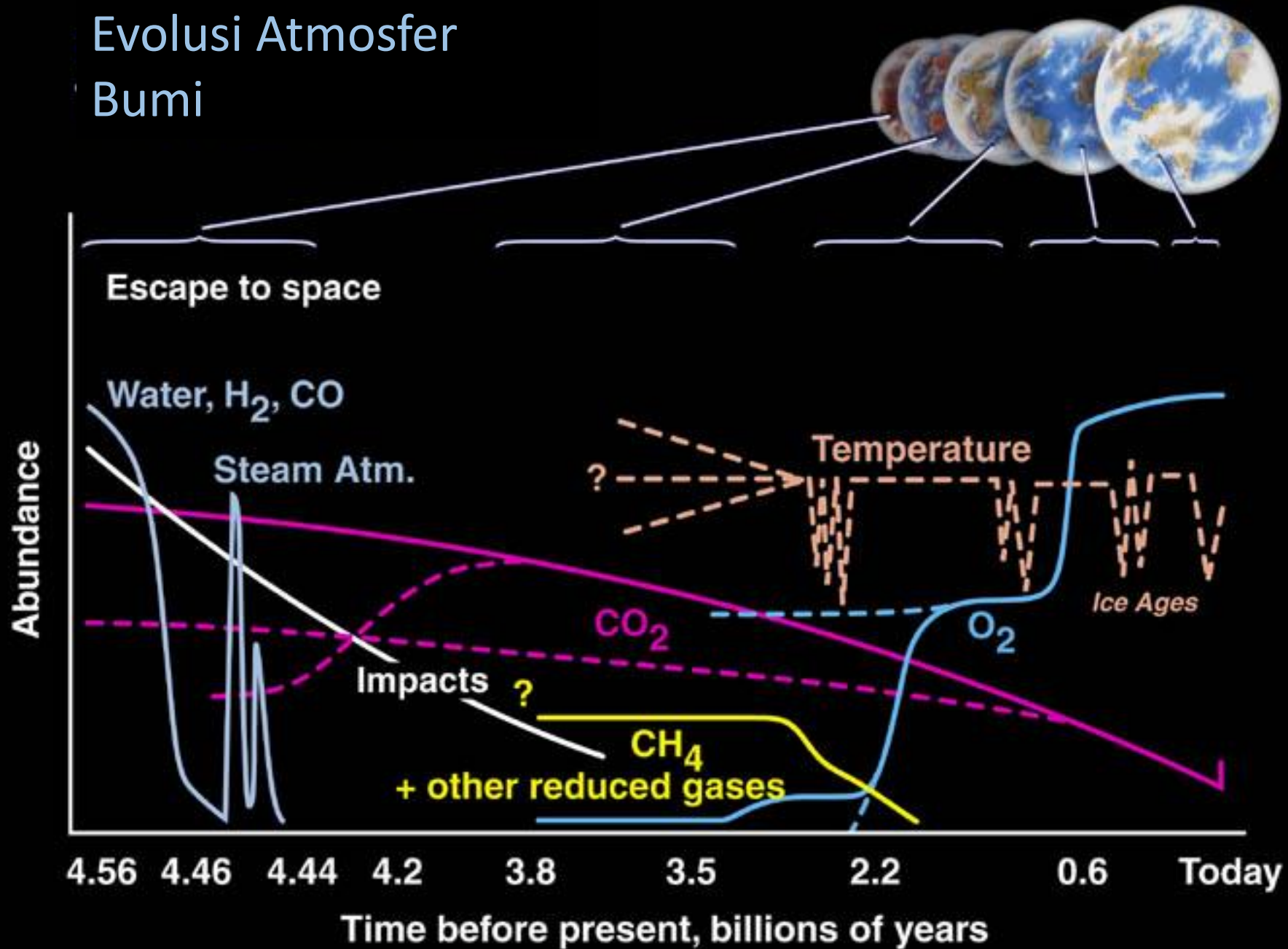
Pasang Surut Air Laut



Bumi: Rumah bagi beranekaragam kehidupan

- Evolusi geologis dan atmosfer Bumi
- **2 milyar tahun lalu**: fotosintesa oleh bakteri: kehidupan sederhana
Perubahan komposisi atmosfer: perlindungan Bumi dari radiasi energetik: kehidupan kompleks dapat berkembang
- **Ratusan juta tahun lalu**: aneka ragam kehidupan kompleks dan diversifikasi karena adaptasi terhadap lingkungan
- **Puluhan ribu tahun lalu**: manusia: dari hidup sederhana (hunt & gather) ke agraria
- **Ribuan tahun lalu**: sistem hidup dengan peradaban semakin kompleks: pemanfaatan sumber daya alami
- **Sekarang**: pemanfaatan teknologi dan sumber daya alam untuk kehidupan manusia: perubahan fitur permukaan Bumi

Evolusi Atmosfer Bumi



KEHIDUPAN DI BUMI~ PROSES 2.2 MILYAR TAHUN



Fotosintesis bacterial mulai
2.5 milyar tahun lalu



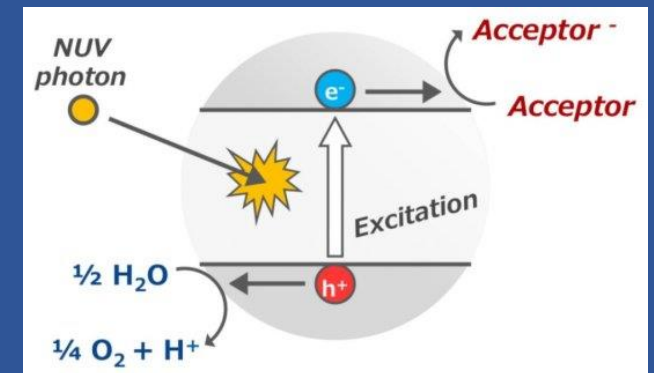
O_2 memungkinkan produksi ozon (O_3)

→ melindungi Bumi dari radiasi energi tinggi

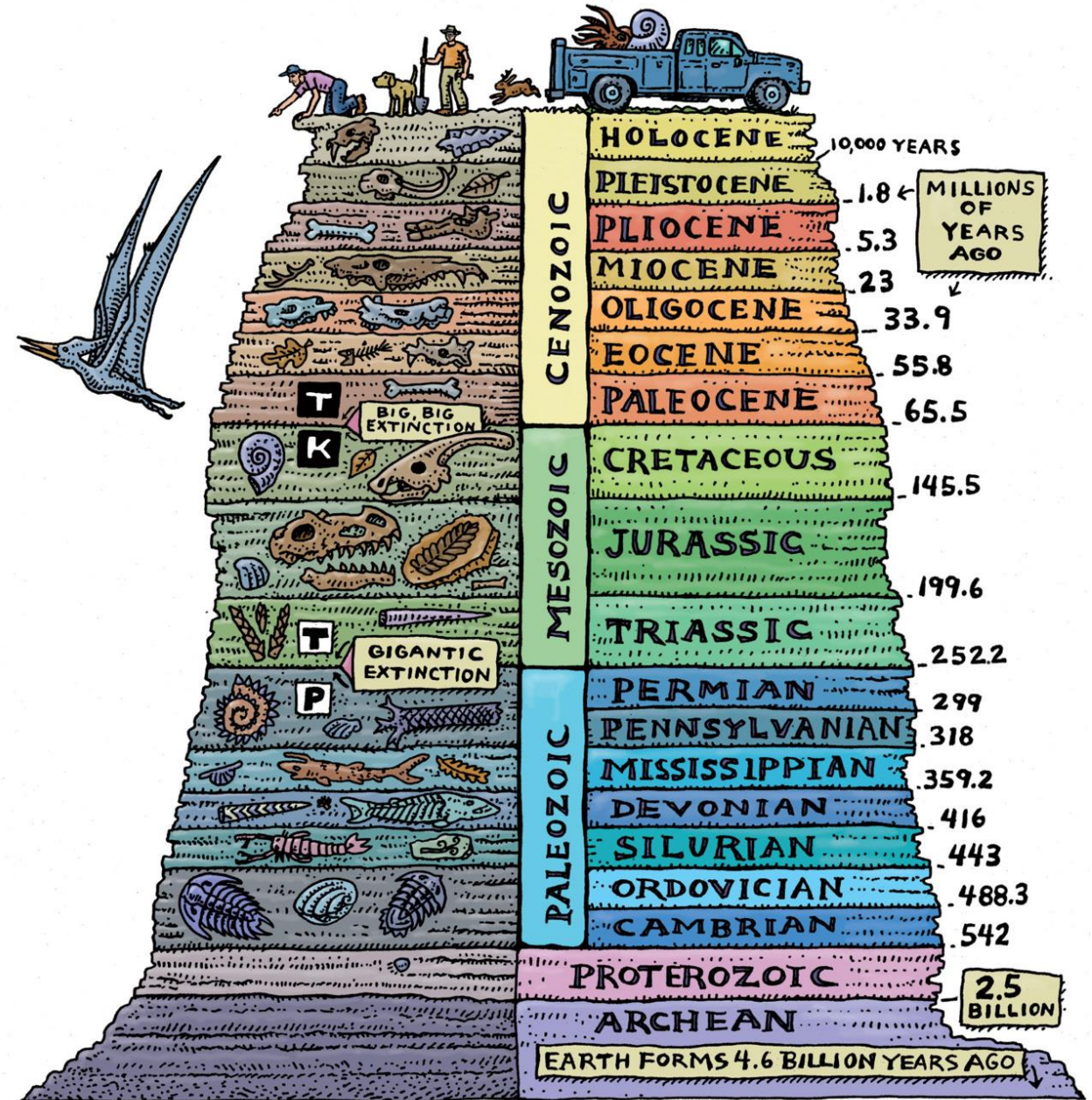
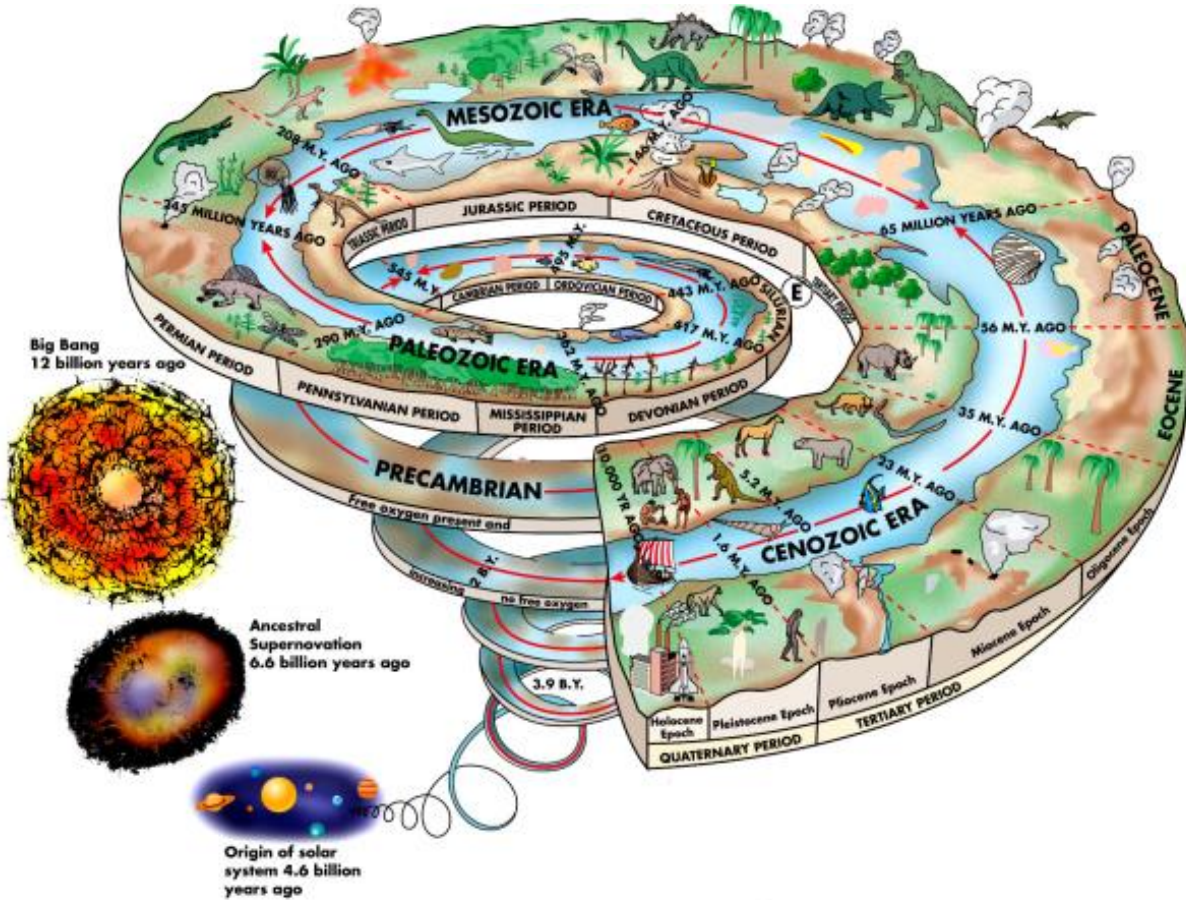
→ makhluk kompleks dapat hidup dan berkembang

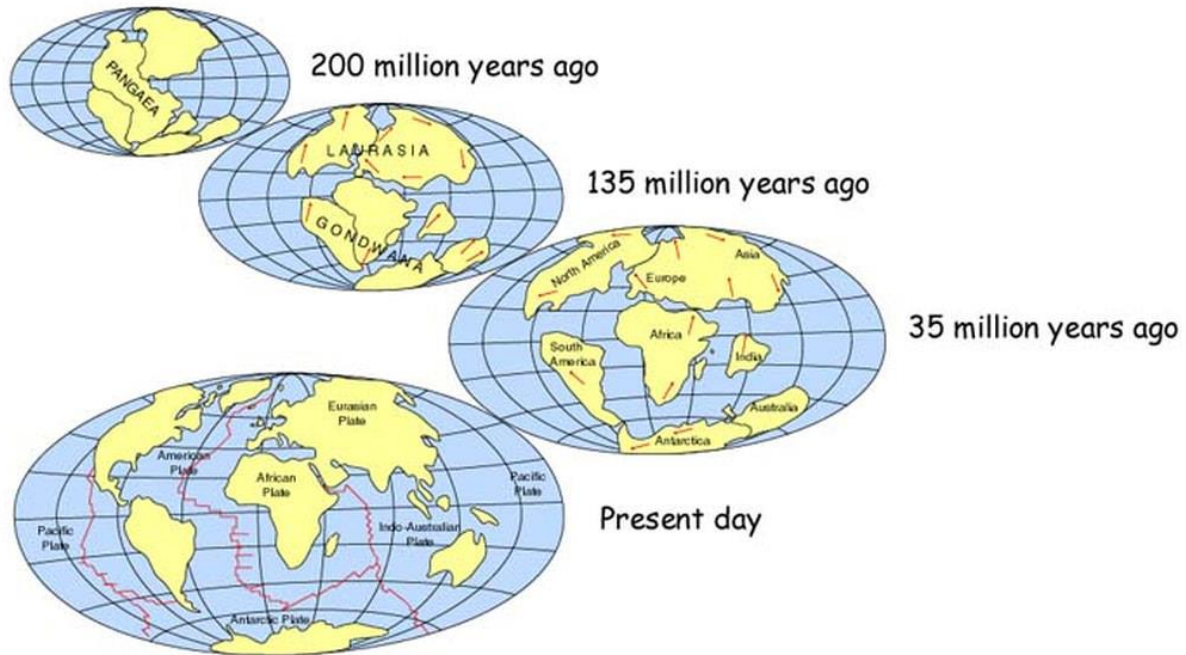


Oxygen
Tanda kehidupan?



Evolusi Geologi dan Makhluk Hidup





Pergeseran Posisi Benua

Sebaran flora dan fauna

Wolseley

Garis Webber dan Wallace



Bumi dan Manusia



Eropa & Amerika: revolusi transportasi abad ke-19



Eropa: revolusi industri abad ke-19



Dam: perubahan aliran air masif – abad ke-20



China: abad-abad pertama

Peradaban



Sulawesi: 40ribu tahun SM



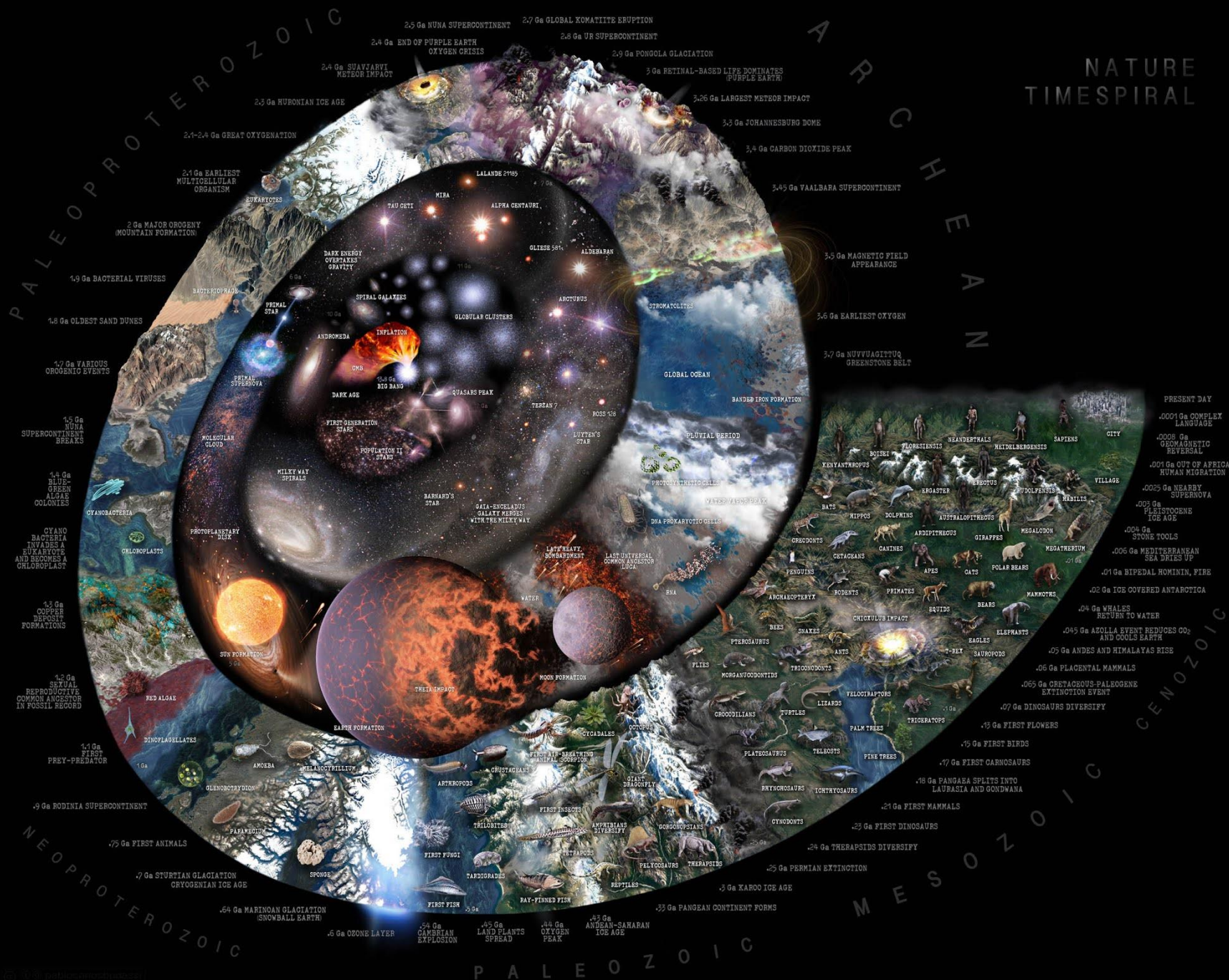
Mesir: beberapa ribu tahun SM

Smiling Face



Kita telah melihat skala

- Panjang
 - Waktu
-



Cerita terus bersambung

Bagaimana?

Untuk kita di Bumi: Cerita masa depan bergantung pada kita manusia

Astronomi untuk pembangunan berkelanjutan

International Astronomical Union
OFFICE OF ASTRONOMY FOR DEVELOPMENT
ASTRONOMY FOR A BETTER WORLD!

TECHNOLOGY AND SKILLS

- OPTICS: High precision, Adaptive optics
- BIG DATA: Machine Learning, Visualization, Algorithms
- ELECTRONICS: Detectors, Signal Processing
- SPACE: Satellites, Near-earth objects, Solar weather

SCIENCE AND RESEARCH

- PHYSICS: Laboratory of extremes, Making heavy elements
- CHEMISTRY: Producing organic molecules, Space chemistry
- BIOLOGY & EARTH SCIENCES: Geology, Building blocks of life
- MATHS & STATS: Abstract thought, Classification, Modelling, Trends

CULTURE AND SOCIETY

- PHILOSOPHY: Evolution of the universe, Our Origins, Big History
- ANTHROPOLOGY: Ancient civilisations, Cultural roots, History
- INSPIRATION: Perspectives, Global citizenship, Earth stewardship
- EDUCATION: Gateway in Science of Technology, Teaching tools

ASTRONOMY

www.astro4dev.org



Terimakasih