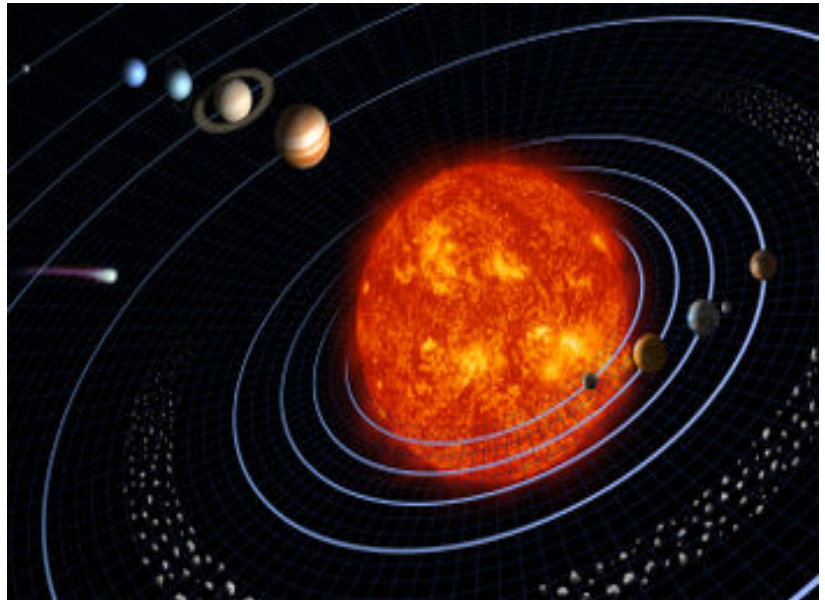


# MATAHARI

Sukma Perdana Prasetya

## KARAKTERISTIK DAN KEDUDUKAN MATAHARI DALAM TATA SURYA

Matahari kita adalah salah satu bintang diantara 100.000.000 bintang yang ada pada suatu kelompok atau galaksi yang disebut dengan kelompok bintang "Milky Way". Matahari sebenarnya adalah suatu bintang yang besarnya termasuk rata-rata dibandingkan dengan ukuran bintang-bintang lainnya. Banyak bintang lainnya yang ukurannya jauh lebih besar dari pada ukuran matahari kita.



Matahari mempunyai khatulistiwa dan kutub karena gerak rotasinya, Diameternya 1.400.000 Km yang berarti 109 kali diameter bumi, sedangkan garis tengah antar kutubnya 43 mil lebih pendek. Gravitasi matahari lebih kuat dari pada gravitasi di bumi, yaitu 28 kali lebih kuat dari pada gravitasi bumi. Cahaya bintangpun ada yang jauh lebih terang yang berarti suhunya juga jauh lebih panas dari pada suhu matahari kita. Matahari tampak sangat besar dibandingkan dengan bintang-bintang yang tersebar di jagat raya ini karena letaknya yang relatif sangat dekat dengan bumi, yaitu sekitar 150.000.000 kilometer. Bintang yang paling dekat dengan bumi adalah bintang Alpha Centauri yang jaraknya 40.000.000.000.000 kilometer dari bumi.

## SUHU MATAHARI

Matahari sebagai dapur nuklir menghasilkan panas yang sangat amat tinggi hasil dari reaksi thermonuklir yang terjadi di matahari. Suhu pada pusat matahari (pada inti) diperkirakan mencapai lebih dari 15.000.000 °C, sedangkan suhu permukaannya relatif dingin, yaitu sekitar 5.000 - 6.000 °C. Menurut JR Meyer, panas matahari berasal dari batu meteor yang berjatuhan dengan kecepatan tinggi pada permukaan matahari. Sedangkan menurut teori kontraksi H Helmholtz, panas itu berasal dari menyusutnya bola gas. Ahli lain,

Dr Bothe menyatakan bahwa panas tersebut berasal dari reaksi-reaksi nuklir yang disebut reaksi hidrogen helium sintetis.

## ATMOSFER MATAHARI

Atmosfer matahari terletak di atas permukaan matahari yang sebagian besar berupa gas Hidrogen. Atmosfir matahari terdiri atas 2 bagian utama, yaitu "chromospher" dan "corona". Bagian chromosphere dapat mencapai ketebalan 12.000 kilometer dari permukaan matahari, sedangkan bagian corona tampak bagaikan mahkota berwarna putih yang melingkari matahari. Corona dapat mencapai ketinggian ratusan ribu bahkan dapat sampai jutaan kilometer dari permukaan matahari.

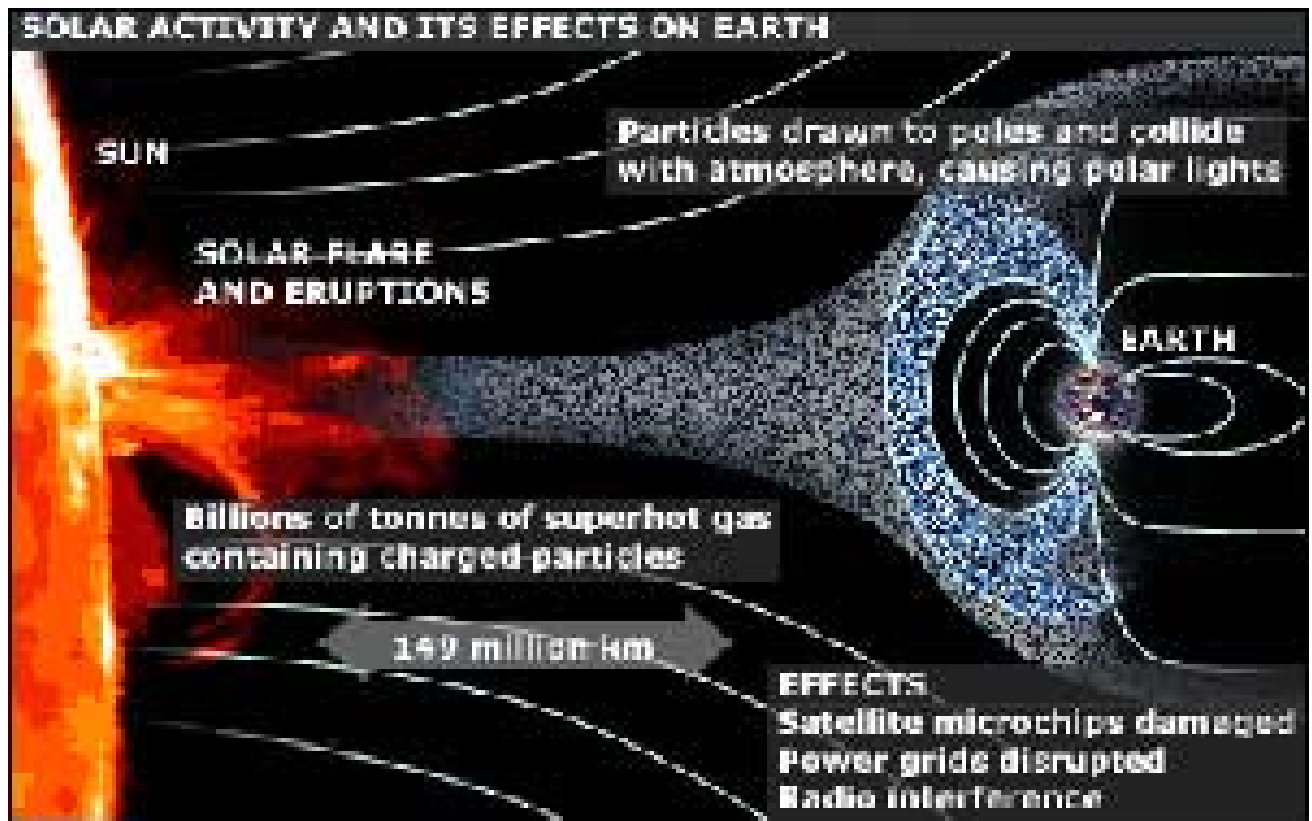
Suhu pada chromosphere dan pada corona sangat jauh berbeda. Chromosphere yang terletak pada permukaan matahari bersuhu kurang lebih 5.000 °C, sedangkan suhu pada daerah corona dapat mencapai sekitar 10.000 - 100.000 °C, atau bahkan dapat lebih tinggi lagi.

Suhu corona yang jauh lebih panas dari pada suhu chromosphere, padahal letaknya lebih jauh dari inti matahari sempat menimbulkan pertanyaan diantara para ahli astronomi dan astrofisika. Suhu yang lebih tinggi pada bagian corona ternyata disebabkan karena adanya "kejutan gelombang yang sangat kuat" yang berasal dari gerakan turbulen photosphere yang memanaskan lapisan gas pada corona. Selain dari itu, pada permukaan chromosphere sering terjadi lidah api akibat letusan ataupun ledakan gas yang ada pada permukaan chromosphere. Letusan atau ledakan yang menimbulkan lidah api ini sering disebut dengan "prominence". Lidah api ini dapat mencapai ketinggian ratusan ribu kilometer dari permukaan chromosphere. Prominence ini dapat dilihat jelas pada saat terjadi gerhana matahari total.

Peristiwa lain yang terjadi pada permukaan chromosphere adalah timbulnya filament gas akibat gerakan gas chromosphere yang panas. Filament gas ini tampak pada permukaan chromosphere sebagai sel-sel kasar yang disebut "supergranulation". Peristiwa-peristiwa tersebut di atas terjadi silih berganti yang menyebabkan timbulnya "plage" dan



"flare". Plage adalah keadaan matahari pada saat panas dan bercahaya terang. Sedangkan flare adalah semburan energi tinggi dari permukaan matahari, berupa radiasi partikel sub atomik. Radiasi partikel sub atomik ini dapat sampai ke atmosfer bumi dan memicu terjadinya reaksi inti yang merupakan sumber radiasi kosmogenis.

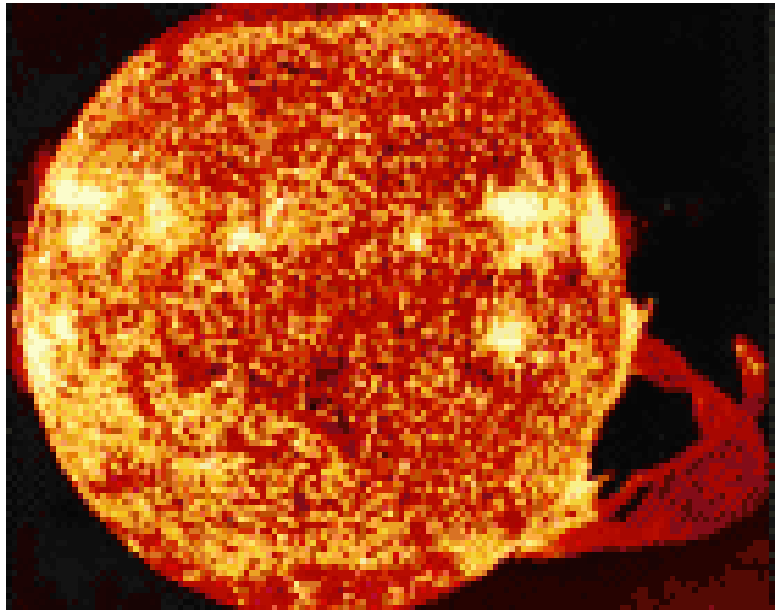


## JARAK MATAHARI DENGAN BUMI

Jarak matahari ke bumi adalah 93.000.000 mil. Jarak ini dipakai sebagai satuan astronomi. Satu satuan astronomi (*Astronomical Unit = AU*) adalah 93 juta mil = 148 juta km. Dibandingkan dengan bumi, diameter matahari kira-kira 109 kali diameter Bumi. Gaya tarik matahari kira-kira 30 kali gaya tarik bumi. Cahaya matahari menempuh masa 8 menit untuk sampai ke Bumi.

## REAKSI THERMONUKLIR

Sudah sejak lama orang memikirkan dari mana asal energi matahari yang begitu panas dan setiap hari dipancarkan ke bumi, namun sampai saat ini belum juga habis sumber energi tersebut. Sampai dengan pertengahan abad ke 19, pada saat orang belum mengenal reaksi nuklir, orang masih menganggap bahwa energi matahari berasal dari bola api besar yang sangat panas. Kalau benar bahwa matahari berasal dari bola api besar, lantas timbul pertanyaan apa yang menjadi bahan bakar bola api tersebut?



Para ilmuwan pada saat itu belum bisa menjawab dengan tepat.

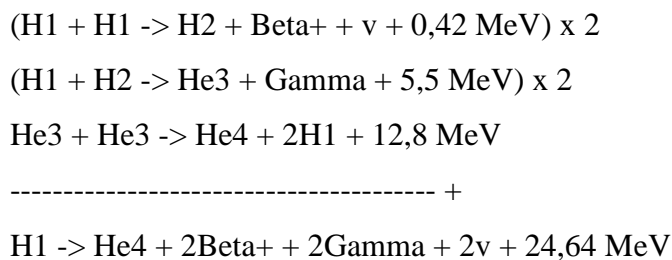
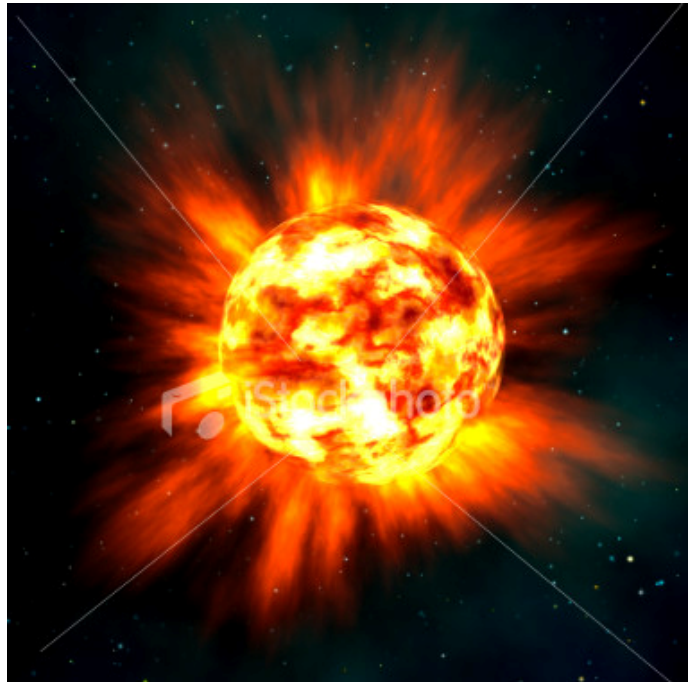
Para ahli astronomi dan juga astrofisika pada saat ini telah memperkirakan bahwa unsur-unsur kimia yang ada di bumi juga terdapat di matahari. Akan tetapi sebagian besar unsur kimia yang terdapat di matahari tersebut, sekitar 80% berupa gas Hidrogen. Sedangkan unsur kedua yang banyak terdapat di matahari adalah gas Helium, kurang lebih sebanyak 19 % dari seluruh massa matahari. Sisanya yang 1 % terdiri atas unsur-unsur Oksigen, Magnesium, Nitrogen, Silikon, Karbon, Belerang, Besi, Sodium, Kalsium, Nikel serta beberapa unsur lainnya.

Unsur-unsur kimia tersebut bercampur menjadi satu dalam bentuk gas sub atomik yang terdiri atas inti atom, elektron, proton, neutron dan positron. Gas sub atomik tersebut memancarkan energi yang amat sangat panas yang disebut "plasma". Energi matahari dipancarkan ke bumi dalam berbagai macam bentuk gelombang elektromagnetis, mulai dari gelombang radio yang panjang maupun yang pendek, gelombang sinar infra merah, gelombang sinar tampak, gelombang sinar ultra ungu dan gelombang sinar -x. Secara visual yang dapat ditangkap oleh indera mata adalah sinar tampak, sedangkan sinar infra merah terasa sebagai panas.

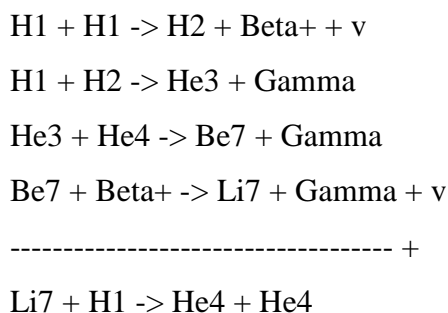
Bentuk gelombang elektromagnetis lainnya hanya dapat ditangkap dengan bantuan peralatan khusus, seperti detektor nuklir berikut piranti lainnya. Pada saat matahari mengalami plage yang mengeluarkan energi amat sangat panas, kemudian diikuti terjadinya

flare yaitu semburan partikel sub atomik keluar dari matahari menuju ke ruang angkasa, maka pada sistem matahari diperkirakan telah terjadi suatu reaksi thermonuklir yang sangat dahsyat.

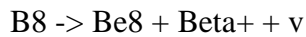
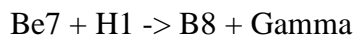
Keadaan ini diduga pertama kali pada tahun 1939 oleh seorang ahli fisika Amerika keturunan Jerman bernama Hans Bethe. Menurut Bethe, energi matahari yang amat sangat panas tersebut disebabkan oleh karena terjadi reaksi fusi atau penggabungan inti ringan menjadi inti yang lebih berat. Reaksi thermonuklir yang berupa reaksi fusi tersebut adalah penggabungan 4 inti Hidrogen menjadi inti Helium, berdasarkan persamaan reaksi inti berikut ini:



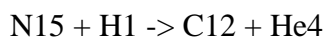
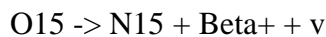
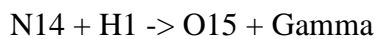
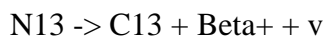
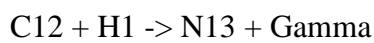
Menurut Bethe, reaksi inti yang serupa reaksi fusi tersebut di atas, dapat menghasilkan energi panas yang amat sangat dahsyat. Selain dari itu, karena sebagian besar massa matahari tersebut tersusun oleh gas Hidrogen (80%) dan gas Helium (19%), maka masih ada kemungkinan terjadinya reaksi fusi lain berdasarkan reaksi rantai proton-proton sebagai berikut:



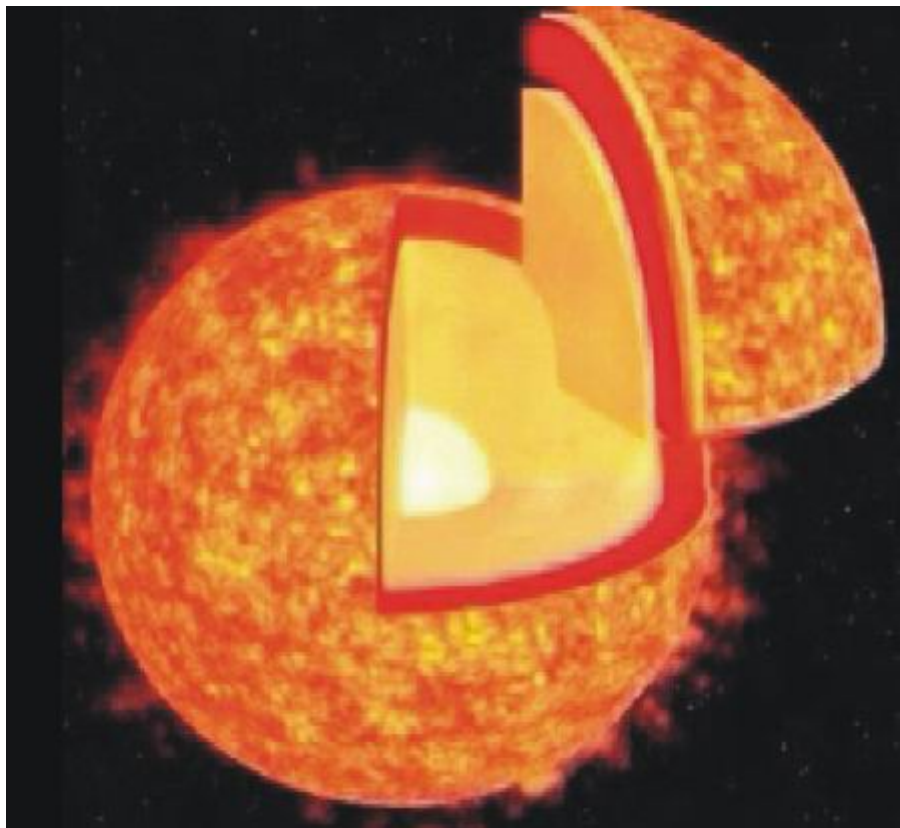
Terbentuknya gas Helium berdasarkan reaksi thermonuklir tersebut di atas juga menghasilkan energi yang amat sangat panas. Kemungkinan lain, gas Helium juga dapat terbentuk melalui reaksi nuklir berikut ini :



Walaupun reaksi inti tersebut di atas sudah dapat menghasilkan energi yang amat sangat panas, ternyata masih ada kemungkinan lain untuk terjadinya reaksi thermonuklir matahari yang menghasilkan energi yang jauh lebih dahsyat dan lebih panas lagi. Reaksi thermonuklir tersebut akan mengikuti reaksi inti rantai Karbon - Nitrogen sebagai berikut :



Reaksi rantai Karbon - Nitrogen tersebut di atas, menghasilkan panas yang jauh lebih panas dari pada reaksi rantai Proton - Proton maupun reaksi fusi Hidrogen menjadi Helium. Reaksi-reaksi thermonuklir tersebut di atas dapat terjadi di matahari dan juga di bintang-bintang yang tersebar di jagat raya ini. Reaksi thermonuklir sejauh ini dianggap sebagai sumber energi matahari maupun energi bintang. Bintang yang bersinar lebih terang dari pada matahari kita yang berarti pula bahwa suhunya jauh lebih



panas, maka reaksi thermonuklir yang terjadi pada bintang tersebut pada umumnya akan mengikuti reaksi rantai Karbon - Nitrogen.

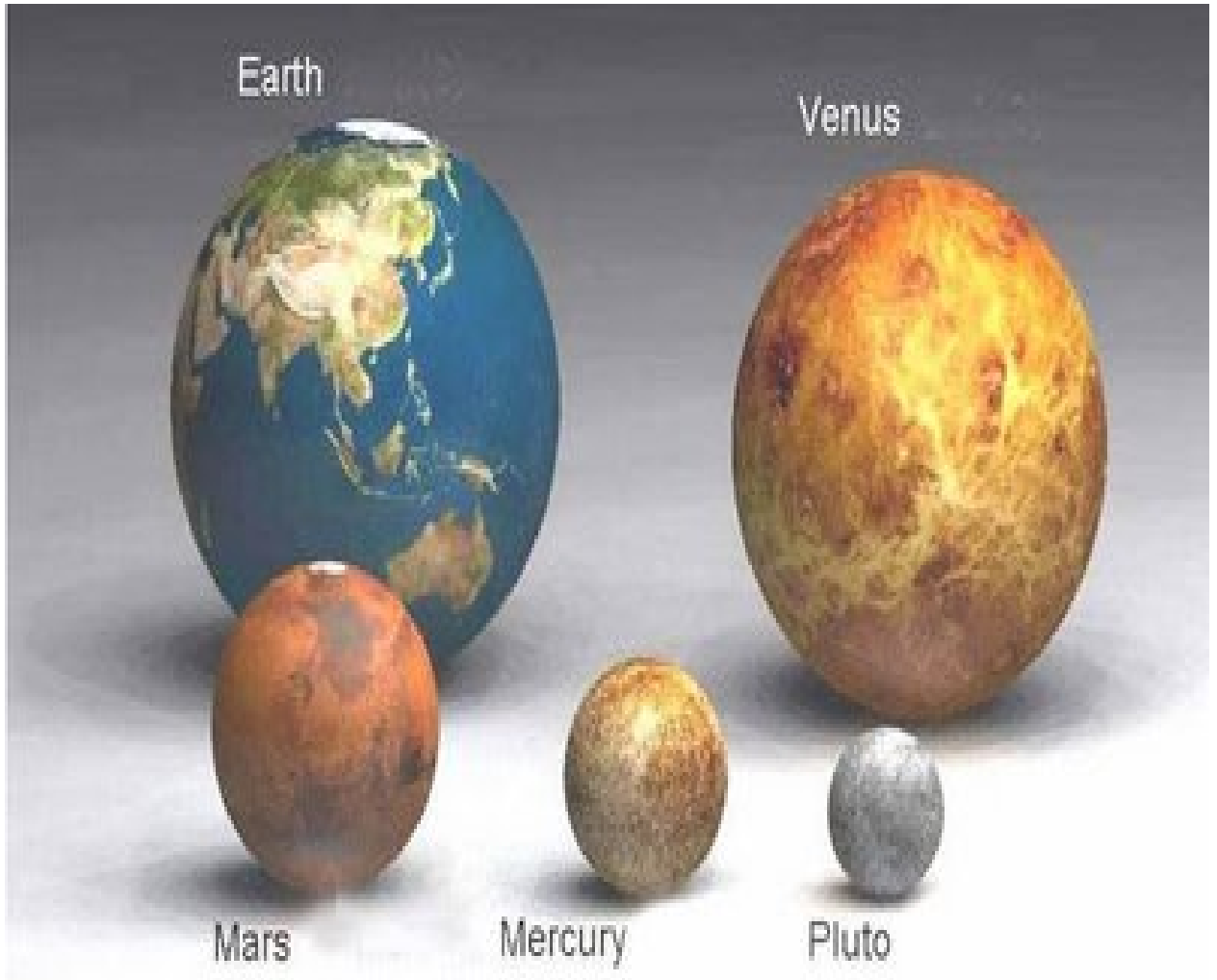
## **PERBANDINGAN MATAHARI DENGAN BINTANG-BINTANG LAINNYA**

Bintang sering dihubungkan dengan warna (merah, oranye, kuning, biru, putih) dan kecermelangannya (kerdil, raksasa, super raksasa). Matahari adalah bintang kerdil berwarna kuning jenis G. Bintang biru dan putih lebih panas daripada matahari, tetapi bintang oranye dan merah lebih dingin. Di bawah ini adalah perbandingan ukuran dan kecermerlangan sinar 5 jenis bintang dengan matahari.

1. **Sirius B** : Putih kerdil, garis tengahnya  $1/100$  garis tengah matahari, kecermerlangannya  $1/400$  dari matahari
2. **Barnard's Star** : Merah kerdil, garis tengahnya  $1/10$  garis tengah matahari, kecermerlangannya  $1/2000$  dari matahari
3. **Matahari** : Kuning kerdil
4. **Capella** : Kuning raksasa, garis tengahnya 16 kali garis matahari, kecermerlangannya 150 kali kecermerlangan matahari
5. **Ringel** : Biru-putih raksasa, garis tengahnya 80 kali garis tengah matahari, kecermerlangannya 60.000 kali kecermerlangan matahari

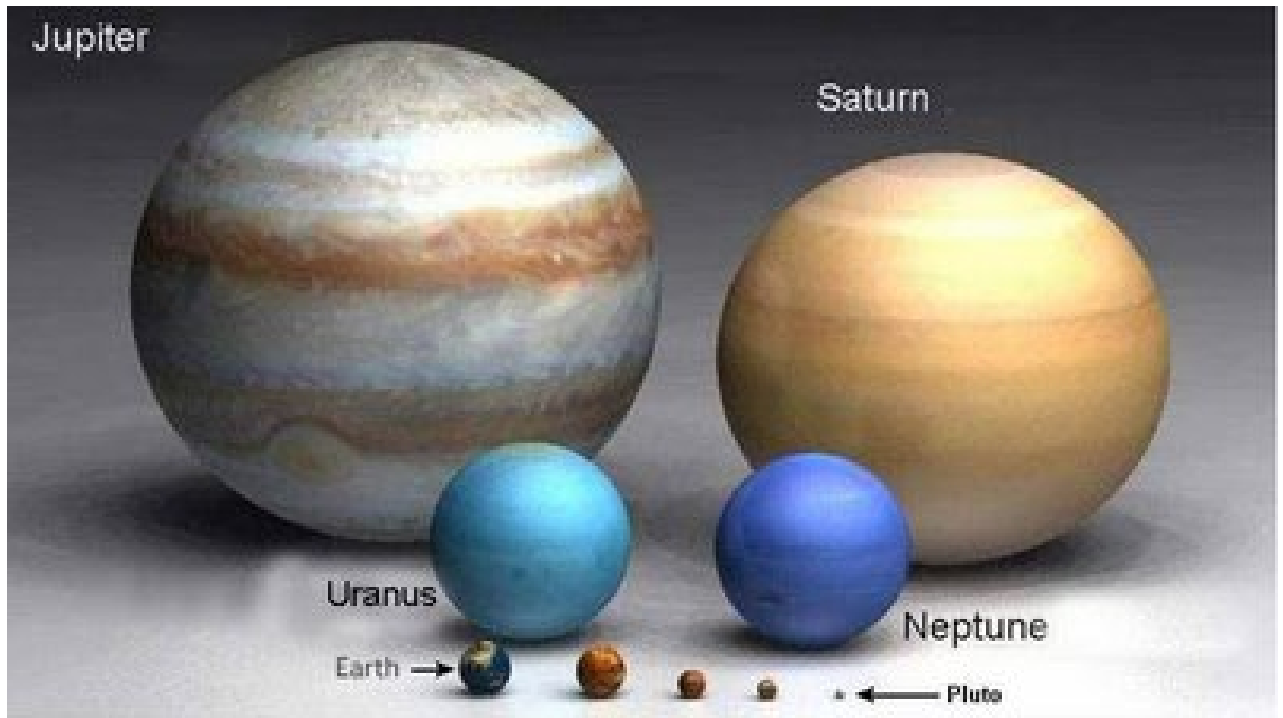


6. **Betelgeux** : Merah sangat raksasa, garis tengahnya 300-400 kali garis tengah matahari, kecermerlangannya 15.000 kali kecermerlangan matahari.

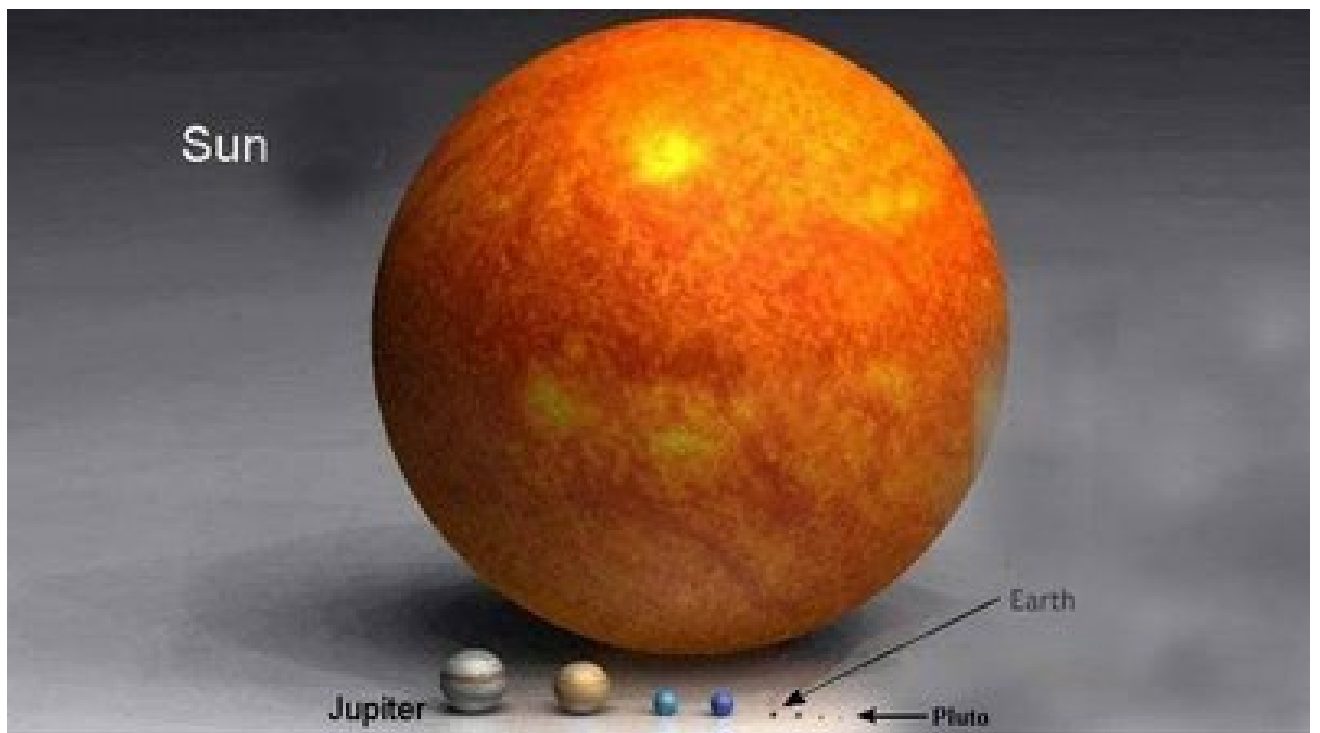


Perbandingan ukuran planet Merkurius, Venus, Bumi, Mars, dan Pluto

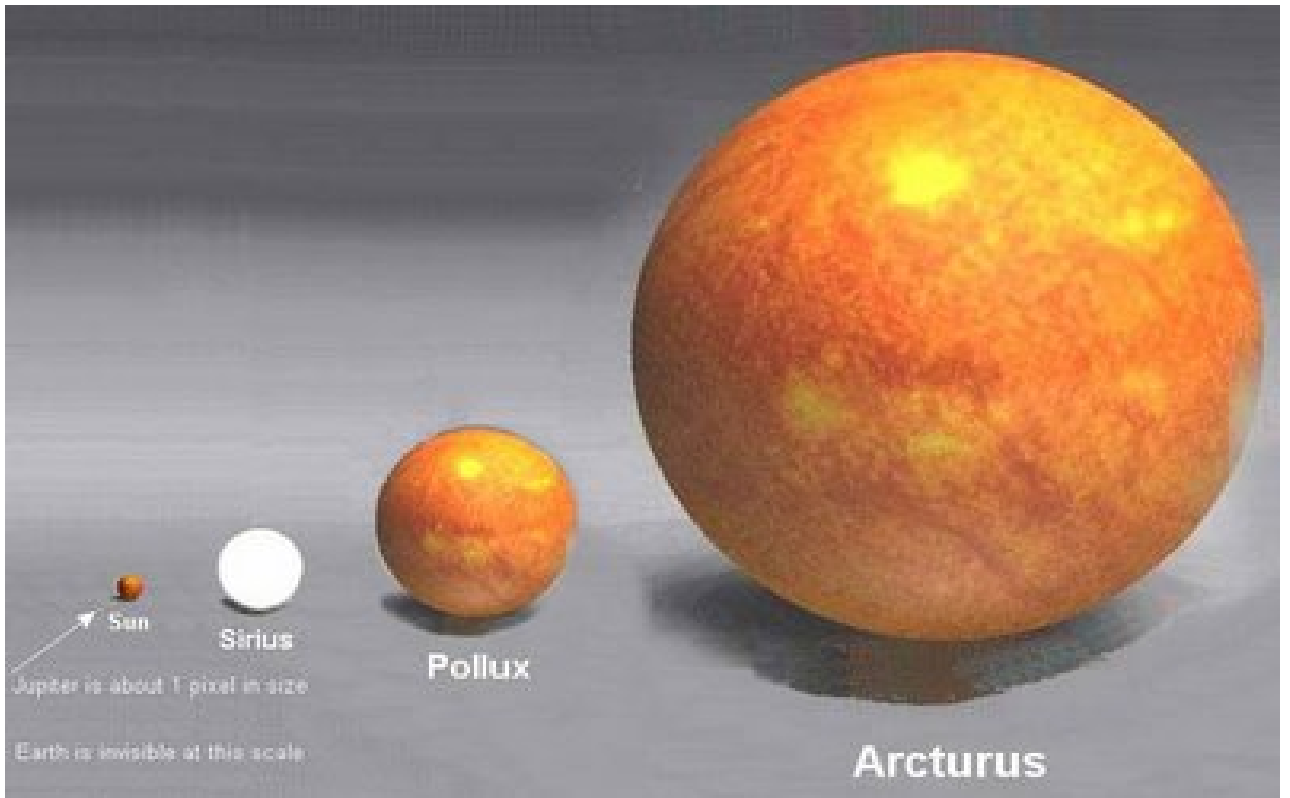




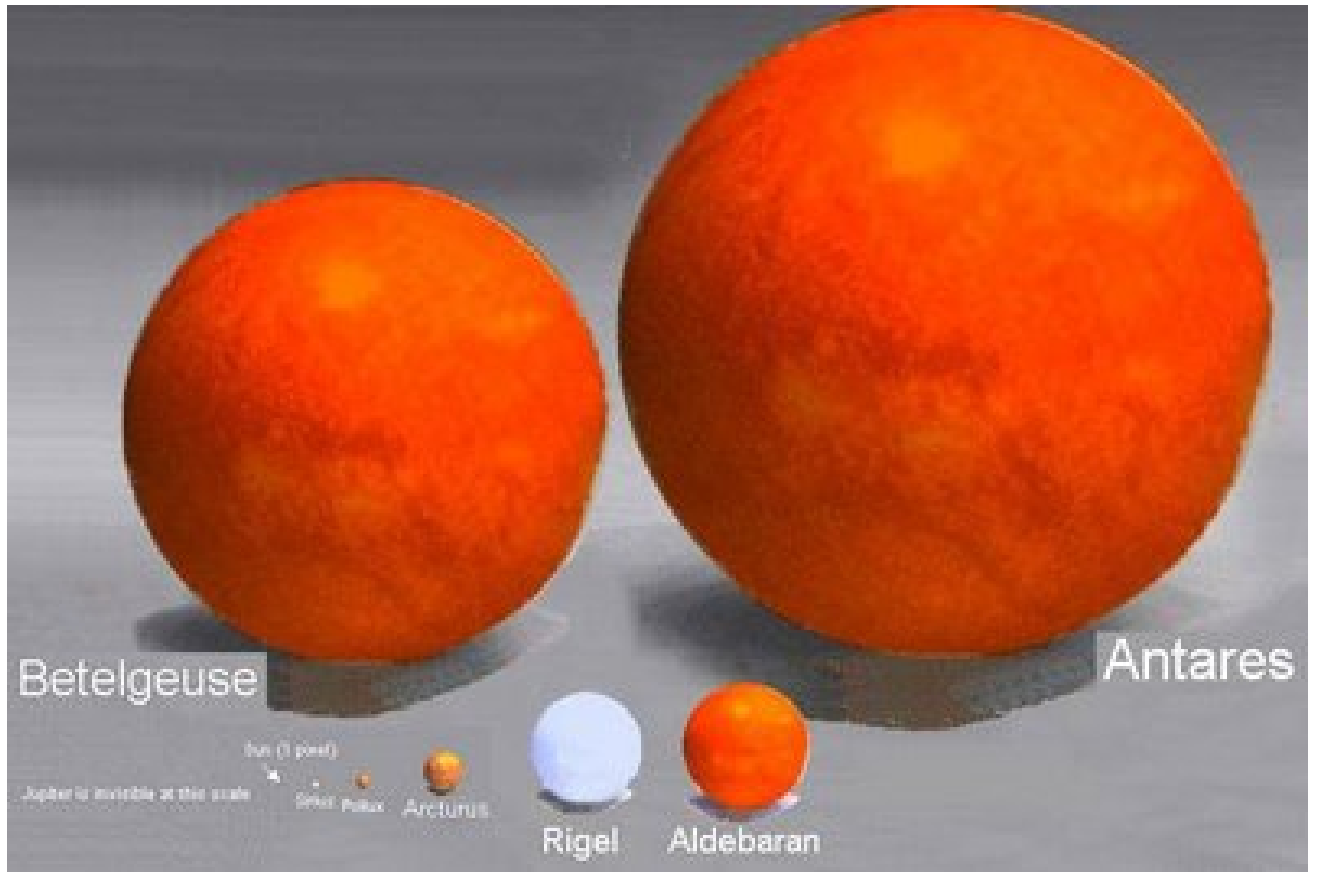
Perbandingan ukuran Planet-planet di tata surya



Perbandingan ukuran Matahari dengan planet-planet di Tata Surya



Perbandingan ukuran matahari dengan Bintang Sirius, Pollux, dan Arcturus



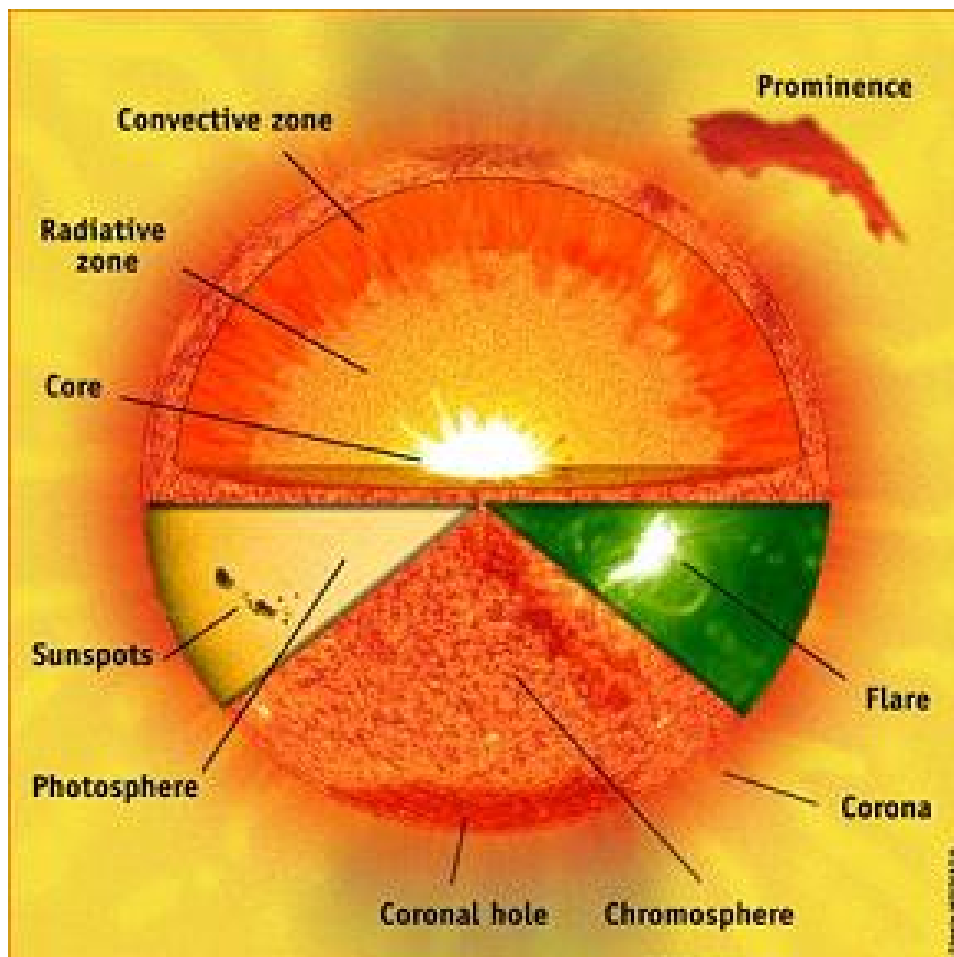
Perbandingan ukuran matahari dengan Bintang Rigel, Aldebaran, Betelgeuse, dan Antares

Antares adalah bintang ke 15 yang paling terang di angkasa. Jaraknya lebih dari 1000 tahun cahaya dari bumi.

## STRUKTUR DAN AKTIVITAS MATAHARI

Bagian yang tampak dari matahari terdiri dari :

- § Fotosfera = Bagian yang tampak menyerupai piringan emas yang terang dan permukaan Matahari yang kelihatan bercahaya dari Bumi. Ia merupakan lapisan atmosfera yang sentiasa bergelora dengan suhu kira-kira 5000°C
- § Chromosfer = Pancaran cahaya berwarna putih yang melingkar di sebelah luar photosfer



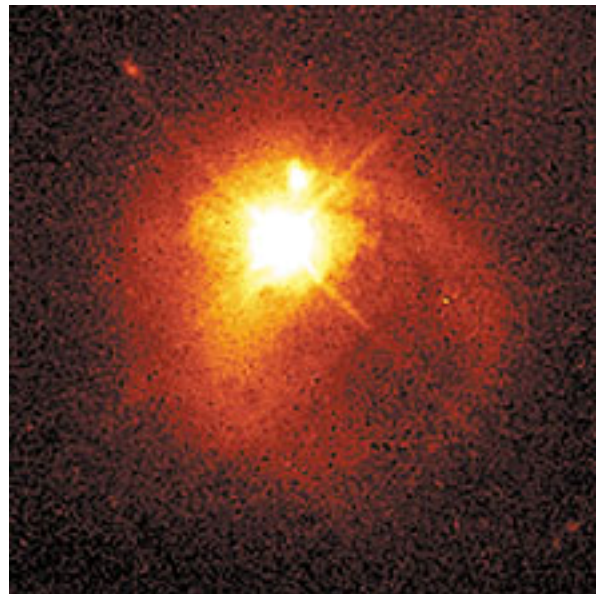
- § Corona = Cahaya merah di sebelah luar chromosfer yang akan jelas tampak sewaktu terjadi gerhana matahari total. lapisan yang terbesar

(beberapa ratus ribu kilometer) dengan suhu tertinggi ( 2 juta° C) dan ketumpatan terendah (kandungan gas tipis).

- § Promienences = Ledakan-ledakan yang tampak pada sisi matahari, dimulai pada permukaan fotosfer menyebar keluar untuk kemudian jatuh kembali ke permukaan matahari seperti api. Panjang lidah api dapat mencapai ribuan kilometer
- § Suspots = Noda matahari merupakan bagian pada fotosfer terdapat lokasi kurang panas dibandingkan daerah sekitarnya, mungkin bagian ini merupakan pusaran yang berbentuk lekukan dalam fotosfer, sehingga suhunya jauh lebih rendah dari sekitarnya.
- § Flares = Bagian yang sangat terang diantara dua spot. Suhu pada bagian ini jauh lebih tinggi dari sekitarnya. Partikel-partikel matahari dilontarkan dari bagian ini keluar matahari dan dapat mencapai bumi dalam waktu beberapa jam bahkan beberapa hari. Akibat dari flares ini dirasakan sebagai gangguan terhadap siaran radio, televisi, navigasi penerbangan, sinyal handphone dan meningkatnya jumlah aurora di daerah kutub bumi.

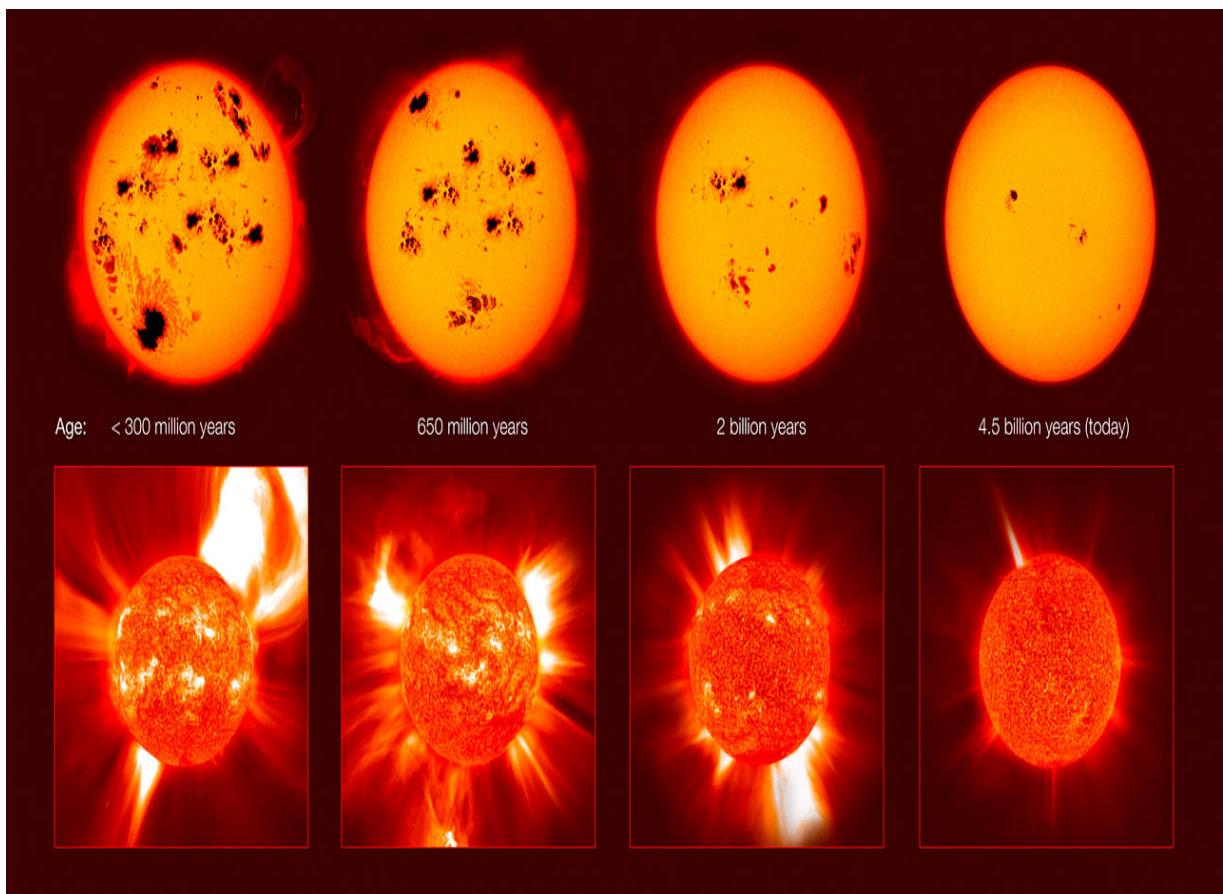
## **KAPAN MATAHARI AKAN PADAM**

Suatu pertanyaan yang sulit dijawab dengan pasti, apalagi kalau harus membuktikan kebenarannya. Namun sama halnya dengan keingintahuan manusia untuk mengetahui berapa umur bumi atau kapan terbentuknya bumi ini, maka para ahlipun berusaha dengan akalannya untuk memperkirakan kapan matahari akan padam. Seperti telah diterangkan di muka, bahwa matahari akan padam manakala reaksi thermonuklir di matahari telah berhenti. Apabila matahari padam, maka kehidupan di muka bumi akan berhenti.



Secara empiris telah dapat dibuktikan bahwa ada bintang yang pada mulanya bersinar terang, akan tetapi kemudian sinarnya makin redup dan akhirnya padam. Keadaan ini telah direkam oleh teleskop angkasa luar hubble. Atas dasar ini maka dapat saja matahari pada suatu saat akan padam. Seorang fisikawan Jerman, Hermann von Helmholtz, pada tahun 1825 mengamati perkembangan matahari yang ternyata diameter matahari setiap tahunnya menyusut 85 m. Kalau pengamatan Helmholtz benar, maka berdasarkan perhitungan penyusutan diameter matahari, umur matahari hanya akan bertahan untuk waktu 20.000.000 sampai dengan 25.000.000 tahun sejak matahari mengalami penyusutan.

Untuk kurun waktu itu, teori Helmholtz ini cukup memuaskan para ilmuwan, sebelum akhirnya digugurkan oleh teori reaksi thermonuklir yang masih bertahan sampai saat ini. Atas dasar teori thermonuklir sudah barang tentu teori Helmholtz menjadi tidak benar, karena dalam kenyataannya matahari telah bersinar sejak orde 5.000.000.000 tahun yang lalu atau bahkan lebih dari itu, suatu umur yang melebihi perkiraan Helmholtz.



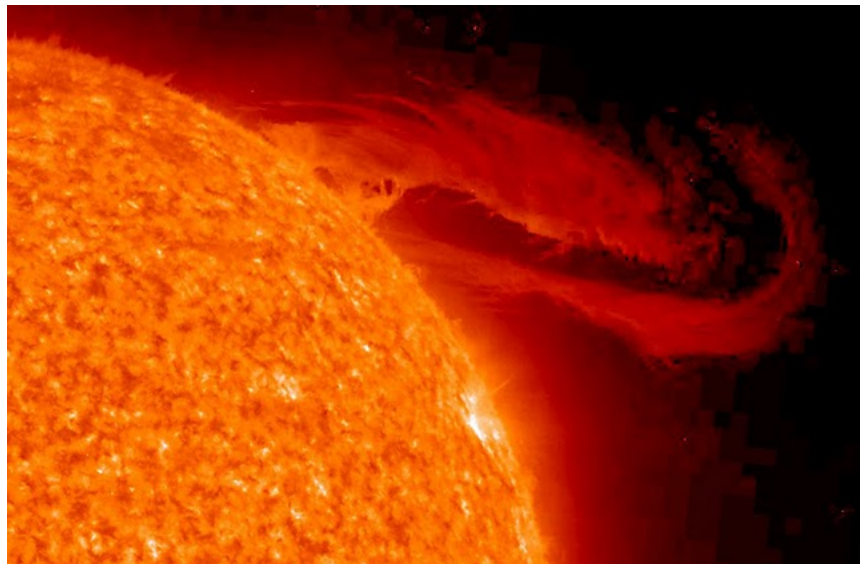
Reaksi thermonuklir yang dikemukakan oleh Hans Bethe seperti yang telah diuraikan di atas, sebenarnya mirip dengan reaksi kimia konvensional dalam arti bahwa reaksi masih dapat berlangsung selama masih tersedia unsur atau reaktan yang menyebabkan

terjadinya proses reaksi thermonuklir tersebut. Pada reaksi thermonuklir yang terjadi di matahari, sebagai reaktan utama adalah gas Hidrogen. Para ahli astronomi dan astrofisika berpendapat bahwa dengan bertambahnya umur matahari, maka pemakaian Hidrogen untuk reaksi thermonuklir dalam rangka mendapatkan energi yang amat sangat panas makin bertambah. Pada peristiwa ini energi yang dihasilkan oleh reaksi thermonuklir juga bertambah, sehingga energi radiasi yang dipancarkan matahari juga bertambah. Hal ini berarti pula suhu atmosfer bumi akan naik dan bumi akan terasa makin panas.

Apabila pendapat para ahli astronomi dan astrofisika tersebut benar, yaitu dengan bertambahnya umur matahari akan membuat persediaan gas Hidrogen pada permukaan matahari berkurang, maka jelas bahwa cepat atau lambat matahari pada akhirnya akan padam. Berdasarkan teori ini energi radiasi matahari diperkirakan masih dapat bertahan untuk jangka waktu kurang lebih 10.000.000.000 tahun lagi, setelah itu matahari padam.

Namun apa yang akan terjadi sebelum waktu 10.000.000.000 tahun? Secara teori dalam perjalanan menuju waktu 10.000.000.000. tersebut, suhu atmosfer bumi akan naik terus karena energi radiasi yang datang dari matahari bertambah panas. Keadaan ini akan menyebabkan es yang ada di kutub utara dan selatan akan mencair yang mengakibatkan tenggelamnya beberapa daratan atau garis pantai akan bergeser ke arah daratan. Kota-kota yang berada di pantai akan tenggelam. Ini baru merupakan bencana awal bagi kehidupan manusia di muka bumi ini. Bencana berikutnya adalah menguapnya semua air yang ada di

bumi ini, karena suhu atmosfer bumi makin panas yang pada akhirnya tidak ada lagi air di muka bumi ini. Bumi yang menjadi kering kerontang tanpa air sama sekali dan suhunya yang panas menyebabkan



berakhirnya kehidupan di muka bumi ini. Keadaan ini akan terjadi menjelang waktu mendekati 10.000.000.000 tahun yang akan datang.

Pada saat matahari kehabisan reaktan gas Hidrogen, maka reaksi thermonuklir benar-benar akan berhenti dan ini berarti matahari padam. Matahari yang telah padam ini akan mengecil (menyusut) menjadi suatu planet kecil yang dingin membeku yang disebut



"White dwarf" atau si kerdil putih yang bukan matahari lagi. Contoh bintang atau planet yang sudah menjadi "white dwarf" di jagat raya ini cukup banyak, salah satunya planet bintang yang pada saat ini sedang menuju kematian seperti yang direkam oleh teleskop ruang angkasa Hubble. Sekali lagi keadaan tersebut akan terjadi 10.000.000.000 tahun yang akan datang. Keterangan ini merupakan jawaban untuk pertanyaan kapan reaksi thermonuklir di matahari berhenti atau matahari padam.

## **RANGKUMAN**

Keseimbangan yang telah ditetapkan atas matahari dan planet-planet yang mengelilinginya membentuk suatu sistem yang kita kenal dengan Tata Surya (*solar system*) dan matahari sebagai pusat peredarannya merupakan dapur nuklir yang menghasilkan panas yang sangat tinggi hasil dari reaksi thermonuklir. Reaksi thermonuklir yang berupa reaksi fusi tersebut adalah penggabungan 4 inti Hidrogen menjadi inti Helium. Keberuntungan kita bahwa matahari mempunyai massa masif sehingga tidak dengan cepat kehabisan tenaga terhadap suplai reaksi fusi hidrogen di daerah inti.

Pada saat matahari kehabisan reaktan gas Hidrogen, maka reaksi thermonuklir benar-benar akan berhenti dan ini berarti matahari padam. Matahari yang telah padam ini akan mengecil (menyusut) menjadi suatu planet kecil yang dingin membeku yang disebut "White dwarf" atau si kerdil putih.

*Demi Matahari dan sinarnya di pagi hari*

*Demi Bulan apabila mengiringi*

*Demi Siang apabila menampakkan diri*

*Demi Malam apabila menutupi*

*Demi Langit dan seluruh binaannya*

*Demi Bumi dan semua yang ada di permukaannya*

*Demi Jiwa dan penyempurnanya*