

ANGIN MATAHARI
(SOLAR WIND)



MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TEL	11-9-96
SUMBER/HARGA	HD
KOLEKSI	KKI
No INVENTARIS	263/hd/96-a 0/2
KLASIFIKASI	523.2 HUF a: 0

OLEH

DRS. H U F R I

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PADANG
1995

MILIK PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

ANGIN MATAHARI
(SOLAR WIND)

OLEH

DRS. H U F R I

NIP 132 051 379

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PADANG
1995

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah dan puji syukur Penulis aturkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi berkah pada penulisan buku yang berjudul Angin Matahari (Solar Wind).

Buku ini penulis buat dalam 4 bagian utama. Pada bagian pertama Penulis memperkenalkan secara umum tentang matahari, sebagai sumber energi utama pada anggota tata surya kita khususnya bumi. Bagian kedua menjelaskan matahari sebagai sumber solar wind yang meliputi struktur dan aktivitas dari matahari tersebut. Dan dilanjutkan dengan proses kemagnetan dari solar wind serta bagian terakhir menjelaskan perjalanan solar wind keluar matahari menembus ruang antar planet.

Dengan selesainya penulisan buku ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberi bantuan baik secara langsung maupun tidak, dengan harapan semoga Allah SWT membalasnya dan semoga buku ini sangat bermanfaat dalam dunia ilmu pengetahuan.

Akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan buku ini masih mempunyai kekurangan untuk itu, kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan

Padang, Februari 1995

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
Halaman Judul	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
BAB. I : Pendahuluan	1
BAB. II : MATAHARI SEBAGAI SUMBER SOLAR WIND	7
A. Atmosfer Matahari	8
1. Kromosfer	9
2. Korona	11
B. Permukaan Matahari (Fotosfer)	12
1. Sunspot (Noda-noda Matahari)	14
2. Flare.	19
3. Fakula	22
4. Granulasi	23
C. Bagian Dalam Matahari	23
D. Cara Terjadinya Energi Matahari	25
E. Radiasi Matahari	29
1. Spektrum matahari	30
2. Solar wind	32
BAB. III: PROSES KEMAGNETAN SOLAR WIND	36
A. Gaya Pada Plasma Dalam Medan Magnet	36
B. Medan Magnet Matahari	43
C. Medan Magnet Terjerat Dalam Solar Wind	45
BAB. IV : PERJALANAN ANGIN SURYA	49
AFTAR PUSTAKA	61

BAB. I

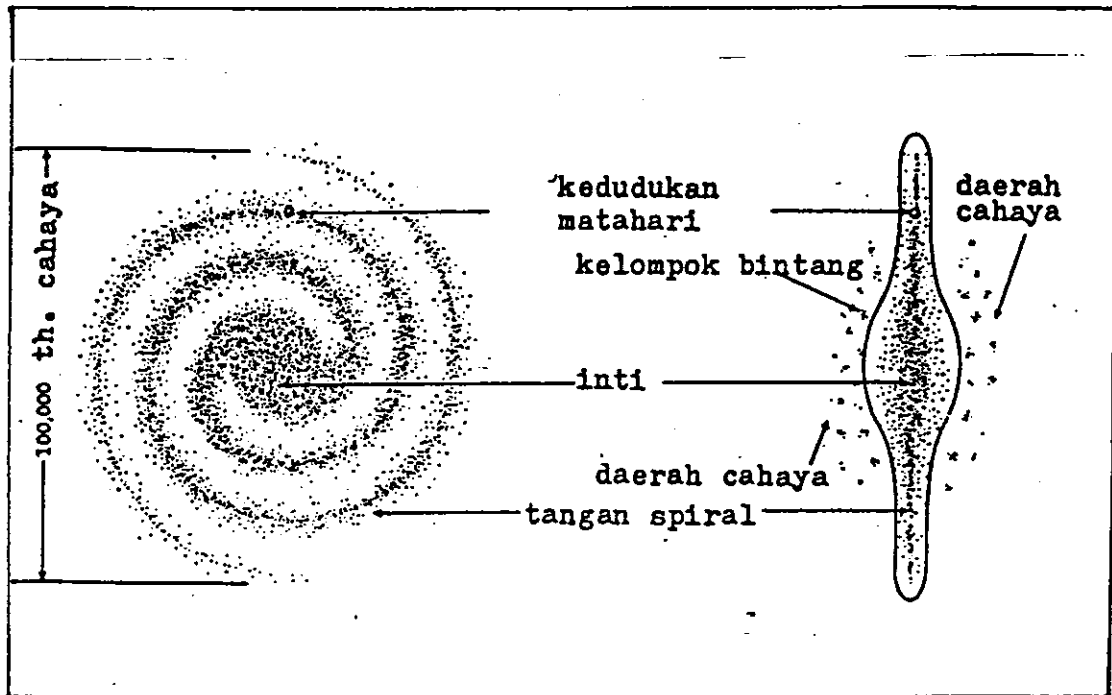
PENDAHULUAN

Matahari merupakan pusat dari tata surya kita dimana bumi dan planet-planet lainnya beredar. Matahari merupakan sumber energi utama bagi bumi dan seluruh planet-planet lainnya, serta merupakan pengatur, pembangkit segala gerak utama dalam tata surya kita.

Matahari hanya merupakan satu dari $\pm 100.000.000$ bintang dalam kelompok bintang kita atau rasi bintang yang disebut Bima Sakti (Milky Way). Matahari dan keluarga planetnya bertempat di salah satu tangan-tangan spiral Bima Sakti. Pada sebuah titik lebih kurang tiga per empat jarak dari pusat hingga tepi rasi bintang tersebut. Tetangga terdekat galaksi Bima sakti adalah galaksi Andromeda yang juga berbentuk spiral dimana jarak antara keduanya adalah ± 370.000 tahun cahaya yang didalamnya terdapat lebih kurang 250 milyar bintang.

Sebagai pusat tata surya matahari merupakan bintang terdekat dengan bumi dengan jarak $\pm 149.600.000$ km, sehingga matahari tampak jauh lebih besar dan lebih terang. Bintang berikutnya yang terdekat dengan kita setelah matahari, adalah Alpa Centauri yang jaraknya 4,4 tahun cahaya, walaupun merupakan bintang terdekat setelah matahari namun jarak Alpha Centauri dari bumi adalah 279.000 kali jarak matahari.

Untuk lebih jelasnya pada gambar berikut akan diperlihatkan kedudukan matahari pada galaksi Bimasakti.



Gambar.1.1 : Kedudukan matahari pada galaksi Bimasakti.
(Soendjojo Dirdjosoemarto, 1986, hal. 1.19)

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka penyelidikan terhadap keadaan alam semesta khususnya matahari lebih mudah dilakukan oleh para ahli. Sehingga sangat membantu dalam mempelajari keadaan fisis matahari, aktivitas matahari dan merupakan langkah awal untuk penyelidikan bintang-bintang lainnya di jagat raya ini.

Matahari memancarkan energi pada seluruh panjang gelombang, dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Pancaran gelombang elektromagnetik dapat dibedakan tergantung panjang gelombangnya yaitu :

1. Gelombang radio dengan panjang gelombang (λ) antara beberapa milimeter sampai hingga sekitar 20 cm.
2. Gelombang inframerah dengan panjang gelombang (λ) sekitar 7500 \AA hingga 1 milimeter
3. Gelombang Optik (kasat mata) dengan (λ) berkisar antara 3800 \AA sampai hingga 7500 \AA . Gelombang ini dapat dibedakan atas warna :

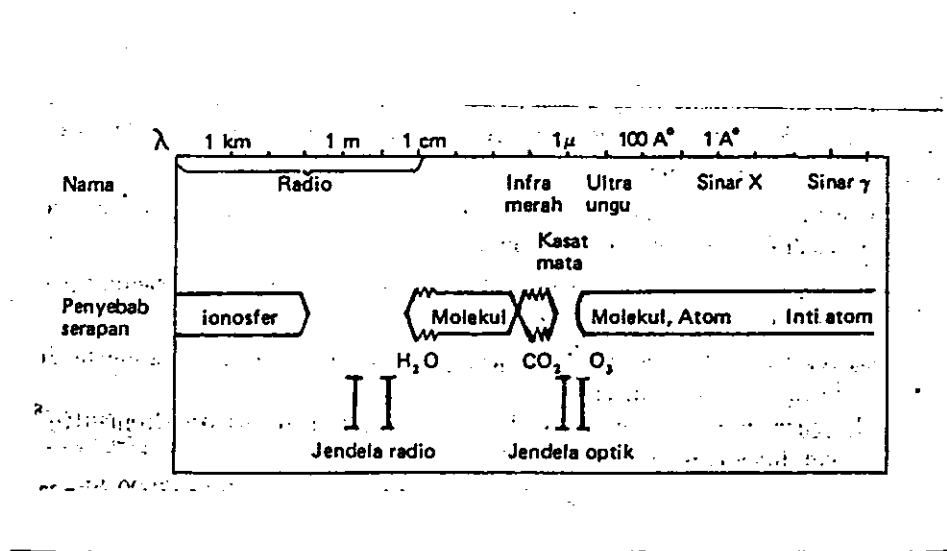
Ultra ungu	dengan λ	= (3000 - 3800) \AA
Ungu	dengan λ	= (3800 - 4200) \AA
Biru ungu	dengan λ	= (4200 - 4500) \AA
Biru	dengan λ	= (4500 - 4800) \AA
Hijau biru	dengan λ	= (4800 - 5100) \AA
Hijau	dengan λ	= (5100 - 5500) \AA
Kuning hijau	dengan λ	= (5500 - 5700) \AA
Kuning	dengan λ	= (5700 - 5900) \AA
Orange	dengan λ	= (5900 - 6000) \AA
Kerah orange	dengan λ	= (6000 - 6300) \AA
Kerah	dengan λ	= (6300 - 7500) \AA

4. Gelombang sinar X, sinar γ yang mempunyai $\lambda < 3000 \text{ \AA}$

Dengan mengamati pancaran gelombang elektromagnetik dari matahari tersebut para ahli dapat mempelajari berbagai hal antara lain : letak dan gerak benda yang memancarkannya dengan mengamati arah pancarannya, kuantitas pancarannya dengan mengukur kuat dan kecerahan pancaran tersebut dan kualitas pancaran dengan mempelajari warna spektrum maupun sifat polarisasinya. Namun tidak semua gelombang

elektromagnetik tersebut, dapat menembus atmosfer bumi oleh karena itu para ahli tidak dapat menangkap semua panjang gelombang tersebut dipermukaan bumi.

Gelombang elektromagnetik yang dapat menembus atmosfer bumi, terletak di daerah dua panjang gelombang yaitu gelombang radio yang disebut dengan jendela radio dan gelombang optik yang disebut jendela optik. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1.2 : Spektrum gelombang elektromagnetik dan transparansi atmosfer (Winardi Sutantyo, 1984, Hal. 18)

Untuk mengamati pancaran gelombang radio, melalui jendela radio digunakan teleskop radio yang mulai dikembangkan oleh Karl Jansky sejak tahun 1930. Dan untuk mengamati gelombang optik melalui jendela optik digunakan teleskop optik yang pertama kali dilakukan oleh Galileo pada tahun 1610.

Pengamatan melalui kedua daerah gelombang elektromagnetik tersebut, itu saja belum dapat memberikan informasi yang lebih lengkap dari ruang angkasa tersebut khususnya matahari. Dengan memanfaatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi para ahli menempatkan peralatannya keluar atmosfer bumi, antara lain dengan memanfaatkan satelit untuk menangkap pancaran gelombang inframerah, sinar X ataupun sinar Gama. Disamping itu juga berusaha menangkap dan mempelajari bentuk-bentuk pancaran lain seperti sinar kosmik dan neutrino.

Dari penyelidikan yang dilakukan oleh para ahli terhadap matahari, maka sudah dapat diukur besar massanya, atau beratnya, kepadatan, tekanan, suhu dan keadaan yang terjadi pada permukaan matahari tersebut. Matahari merupakan sebuah bola gas maha besar yang menyala. Diameter matahari $\pm 1.400.000$ kali diameter bumi dan mempunyai massa 333.420 kali massa bumi.

Karena jumlah gas yang maha besar ini maka tekanan pada pusat matahari lebih kurang 2×10^{11} atmosfer. Kepadatan rata-rata berat suatu volume standar zatnya hanya 1,5 kali berat air pada volume yang sama. Tarikan gravitasi matahari 28 kali lebih kuat dari pada tarikan gravitasi bumi, suhu pada pusat matahari $\pm 14.000.000$ °C, namun pada permukaan matahari mempunyai suhu diantara 5.000 °C sampai 6.000 °C. Energi matahari yang sampai di bumi setiap detik pada permukaan 1 cm^2 adalah sebesar $E = 1,37 \times 10^6 \text{ erg}/(\text{cm}^2 \text{ detik})$.

Berdasarkan aktivitasnya itu maka keadaan matahari dapat dibedakan atas :

1. Matahari dalam keadaan tenang atau quite sun.
2. Matahari dalam keadaan aktif atau active sun.

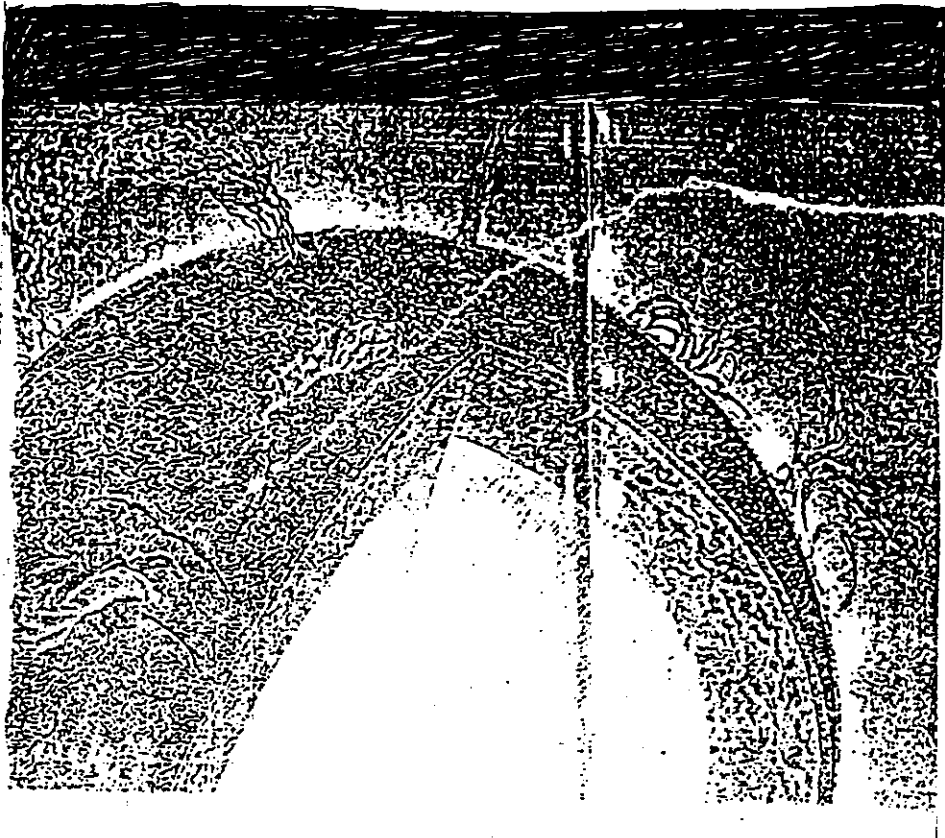
Matahari dikatakan dalam keadaan tenang apabila pada permukaan matahari tidak ada kelainan yang menyolok. Sedangkan matahari dalam keadaan aktif ditandai dengan adanya kelainan-kelainan dipermukaan matahari seperti : sunspot, flare, dan sebagainya.

Didalam matahari terjadi transfer energi ke arah luar baik secara radiasi, konveksi maupun konduksi. Energi tersebut berasal dari fusi nuklir yang terjadi dipusat matahari. Sebagai akibat dari transfer energi ini, akan menimbulkan berbagai gejala pada permukaan matahari yang disebut juga sebagai kegiatan matahari (solar activity).

BAB. II

MATAHARI SEBAGAI SUMBER SOLAR WIND

Matahari sebagai pusat tata surya, tersusun atas beberapa daerah yang berbeda yaitu Atmosfer yang terdiri atas dua lapisan, dibawah atmosfer terletak permukaan matahari yang disebut dengan fotosfer dimana berbagai noda matahari terdapat pada lapisan ini dan bagian dalam dari matahari atau inti matahari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



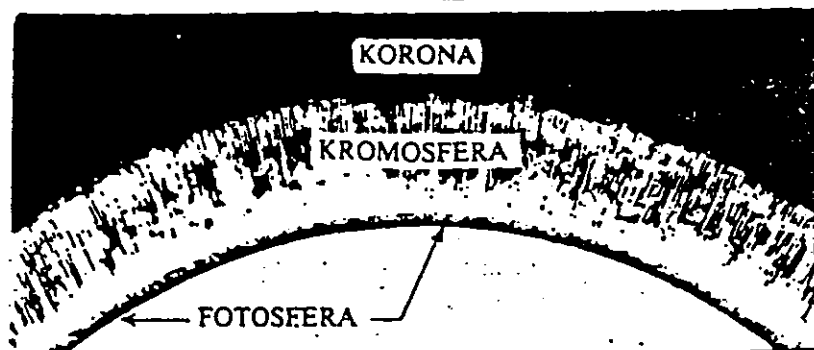
Gambar 2.1 : Lapisan-lapisan Matahari
(———, Alam semesta, 1979 , hal.104)

A. Atmosfer matahari

Atmosfer matahari sebagian besar terdiri dari gas hidrogen, yang mempunyai kerapatan jauh lebih kecil dibandingkan dengan bagian lain dari matahari. Atmosfer matahari terbagi atas dua lapisan yaitu :

1. Kromosfer yang merupakan lapisan bawah, atau sebelah dalam dari atmosfer. Lapisan ini tingginya sekitar 12.000 km di atas permukaan matahari.
2. Korona (mahkota) yang merupakan lapisan atas atau sebelah luar, korona membentuk lingkaran cahaya putih yang mengelilingi keseluruhan matahari.

Untuk melihat kromosfer dan korona, biasanya hanya dapat dilakukan selama terjadi gerhana matahari sempurna terjadi, yaitu bila bulan menutupi fotosfer. Namun sekarang dengan kemajuan alat-alat optik para ahli dengan menggunakan sebuah teleskop khusus yang disebut dengan kronograf, dapat menghasilkan suatu gerhana buatan, untuk dapat mengamati atmosfer matahari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.2 : Susunan matahari saat terjadi gerhana matahari.
(Soendjojo Dirdjosoemarto, 1986, hal. 2.5)

1. Kromosfer.

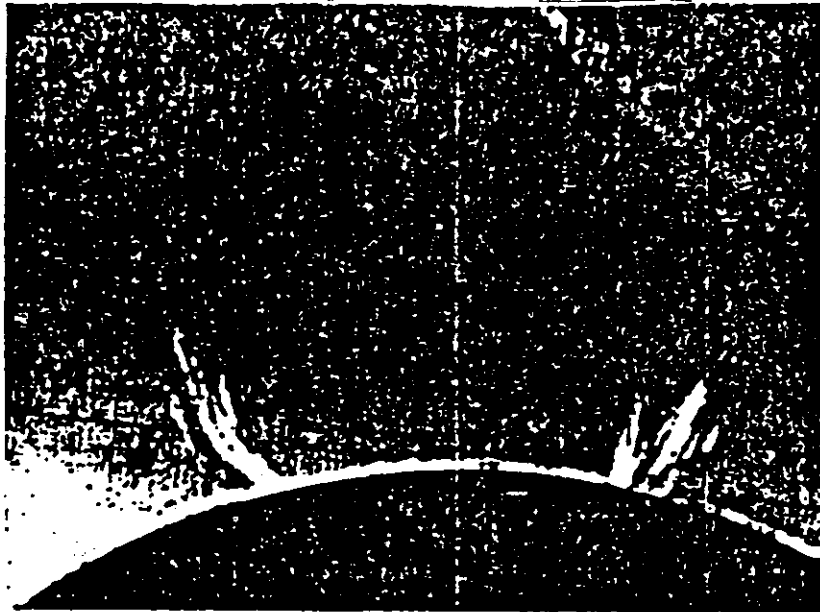
Berdasarkan hasil pengamatan para ahli pada lapisan kromosfer ini, didapatkan bahwa kromosfer terdiri dari gas panas. Kromosfer bagian bawah mempunyai suhu kurang dari 5000 °C, suhu ini terus meningkat hingga mencapai 10.000 °C pada bagian luar kromosfer. Dan dari analisa terhadap spektrum dari kromosfer ini, ternyata lapisan ini mengandung unsur helium.

Kegiatan yang tampak jelas terjadi dalam kromosfer dikenal dengan prominace (protuberan), yang merupakan pita-pita maha besar dan panjang dari gas yang menyala yang kadang-kadang mencapai ketinggian beratus-ratus ribu kilometer memasuki daerah korona.

Prominace dahulu hanya tampak pada saat gerhana matahari total, tetapi sekarang dapat dilihat dengan menggunakan spektroheliogram. Ditepi matahari terlihat terang terhadap latar belakang langit gelap dan mempunyai spektrum emisi. Protuberan mempunyai bentuk yang sangat bervariasi.

Beberapa protuberan merupakan letusan atau ledakan yang datang dengan cepat dan segera hilang, sedangkan beberapa jenis lainnya berlangsung jauh lebih lama dan berbagai protuberan yang lainnya lagi tampak berasal dari bagian atas kromosfer dan kemudian menghujankan gas ke bawah menuju matahari.

Eruptif prominace tampak melontarkan materi dengan kecepatan 700 km/dt, dan surge prominace yang paling aktif dapat bergerak dengan kecepatan 1300 km/dt. Adanya protuberan ini dan umurnya, dipengaruhi oleh medan magnet matahari yang ada didekatnya.



Gambar.2.3 : Kegiatan yang terjadi pada kromosfer terlihat gas menyala yang disebut prominace (protuberan) memasuki korona.
(M. Joenoes, 1988, Hal. 116)

Pada kromosfer juga terjadi pancaran filamen gas yang jauh lebih kecil, yang disebut dengan spikula. Spikula ini mungkin terjadi sebagai hasil gerakan cepat dari gas kromosfer yang panas, dan gerakan gas ini yang tampak sebagai sel-sel kasar yang disebut supergranulasi.

Dalam keadaan kromosfer aktif, sering dapat

diamati dengan tanda-tanda panas yang cemerlang yaitu dengan adanya plage dan flare. Plage merupakan daerah cemerlang yang panas dan flare merupakan suatu peledakan energi yang kuat, sehingga menimbulkan kilatan cahaya dan semburan partikel sub atomik yang berenergi tinggi.

2. Korona.

Dari hasil penelitian para ahli astronomi, korona jauh lebih panas dari kromosfer. Suhu diperkirakan $2.000.000^{\circ}\text{C}$ untuk daerah luarnya, suhu yang tinggi pada korona ini menurut suatu teori disebabkan oleh gelombang guncangan kuat dari gerakan fotosfer yang menggelora secara intensif. Gas yang sangat tipis dalam korona ini mempunyai tekanan $\pm 10^{-11}$ atm

Berdasarkan pengamatan yang lebih teliti oleh para ahli, korona dapat dibagi atas tiga bagian yaitu :

- a). Korona L : merupakan korona bagian dalam dimana spektrumnya merupakan garis emisi.
- b). Korona K : merupakan korona bagian tengah dimana spektrumnya kontinu tanpa garis absorpsi, radiasinya berasal dari penyebaran elektron.
- c). Korona F : merupakan korona bagian luar, radiasinya berasal dari radiasi matahari yang disebar oleh debu antar

planet, spektrumnya menyerupai spektrum fotosfer.

B. Permukaan matahari (fotosfer)

Matahari yang kita lihat setiap hari ini, sebenarnya hanya merupakan bagian terluar dari matahari atau permukaan matahari yang disebut juga dengan fotosfer matahari. Fotosfer merupakan sebuah daerah yang mempunyai kedalaman sekitar 320 km. Dari energi matahari yang sampai dipermukaan bumi setiap detik, yang juga ditetapkan sebagai tetapan matahari dapat dicari lumonositas (L), dari matahari tersebut. dimana Lumonositas matahari adalah energi yang dipancarkan seluruh permukaan matahari tersebut kesegala arah per detik. Jadi lumonositasnya adalah :

$$L = 4 \pi d^2 E \quad (2-1)$$

dimana d adalah jarak antara matahari dengan bumi, yaitu :

$$d = 1,496 \times 10^{13} \text{ cm}$$

Sehingga :

$$L = 4 \pi (1,496 \times 10^{13})^2 (1,37 \times 10^6) \text{ erg /dt}$$

$$L = 3,86 \times 10^{33} \text{ erg/dt}$$

Dari harga lumonositas di atas, dengan menggunakan hukum Stefan-Boltzman dengan menganggap matahari memancarkan radiasi seperti benda hitam, maka fluks energi dari matahari tersebut adalah :

$$F = \sigma T^4 \quad (2-2)$$

σ merupakan tetapan Stefan-Boltzman

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K}^{-4} \text{ dt}^{-1}$$

Sehingga dapat dicari temperatur pada permukaan matahari yang disebut dengan temperatur efektif yaitu :

$$L = 4 \pi R^2 F$$

$$L = 4 \pi R^2 \sigma T^4 \quad (2-3)$$

R merupakan jari-jari matahari

$$R = 6,96 \times 10^{10} \text{ cm}$$

Dengan demikian diperoleh temperatur efektif matahari,

$$T^4 = \frac{L}{4 \pi R^2 \sigma}$$

$$T = 5784 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Dahulu fotosfer dianggap merupakan sebagai sebuah bola cahaya yang seragam dan sempurna, akan tetapi setelah diamati dengan seksama kadang-kadang terlihat berbagai noda pada fotosfer tersebut. Galileo Galilei seorang ilmuwan Italia, merupakan orang pertama yang melakukan penelaahan tentang matahari dan noda-nodanya dengan bantuan sebuah teleskop. Sedangkan yang dikatakan noda matahari adalah tambalan-tambalan yang tidak teratur dan gelap, merupakan bagian fotosfer yang relatif dingin.

Disamping noda-noda matahari, permukaan matahari juga memperlihatkan tanda-tanda lain, seperti fakula dan granulasi.

1. Sunspot (Noda-noda matahari)

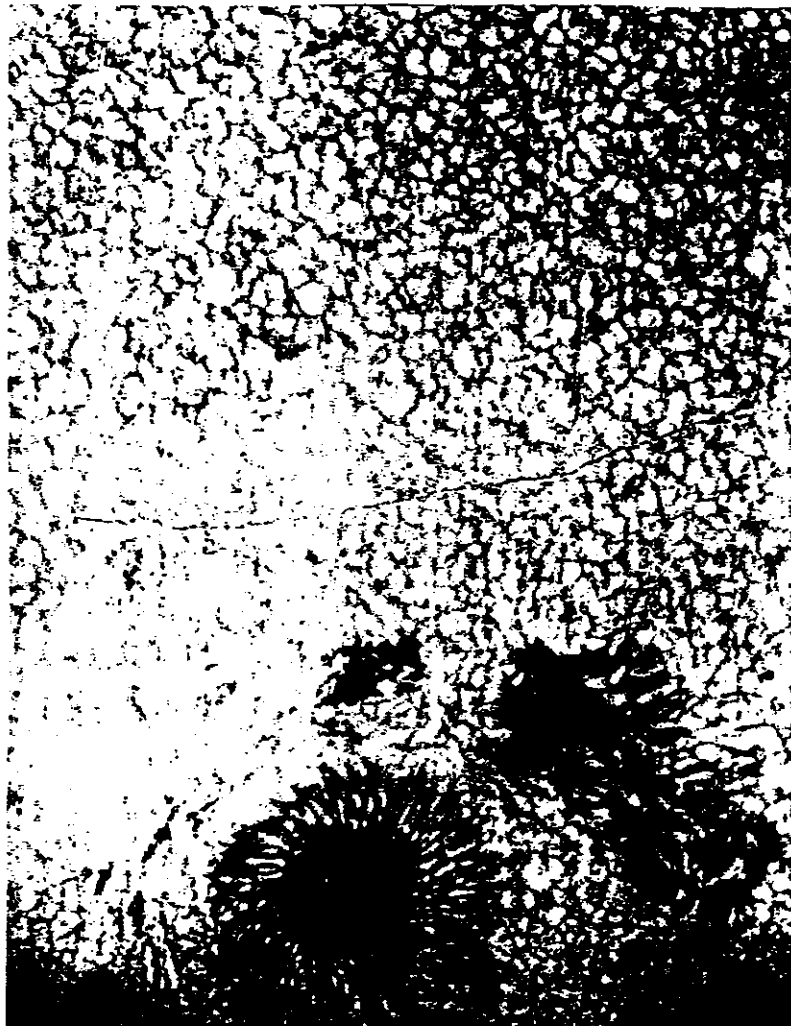
Dalam tahun 1610, setelah ditemukan teleskop, para ahli mulai mengamati kegiatan matahari. Diantara yang menjadi objek pengamatannya adalah sunspot. Pengamatan terhadap sunspot pertama dilakukan oleh tiga orang yaitu :

- a. Galio Galile
- b. Fabricus
- c. Scheiner

Scheiner berpendapat bahwa sunspot adalah suatu benda gelap kecil yang bergerak mengitari matahari. Sedangkan Galio Galile berpendapat, bahwa sunspot tersebut betul-betul ada dipermukaan matahari. Sunspot yang sangat besar dapat dilihat dengan mata telanjang.

Sunspot tampak gelap atau kurang cerah dibandingkan dengan bagian lain dari fotosfer, dan relatif dingin dengan suhu sekitar 4.000°C . Noda matahari mempunyai dua bagian yang nyata, yaitu daerah pusat yang gelap yang disebut dengan umbra (bayang-bayang) dan suatu daerah lingkungan yang terang disebut penumbra. Seperti fotosfer pada umumnya, umbra memperlihatkan suatu susunan butir-butir yang memberi kesan adanya suatu peredaran gas

panas. Noda matahari sering terdapat berkelompok, pada suatu noda tunggal lebarnya dapat mencapai sekitar ribuan kilometer yang dapat bertahan dalam beberapa hari atau beberapa bulan saja. Noda matahari cenderung berkembang berpasangan, yang kemudian secara lambat merenggang.



Gambar 2.4: Kelompok sunspot dan granulasi
(William J. Kaufmann, 1978, hal. 138)

Untuk menerangkan sifat-sifat noda matahari ini telah banyak teori-teori dikemukakan. Ada yang menghubungkannya dengan daerah topan atau angin puyuh raksasa di dalam gas matahari. Teori yang

terbaru beranggapan bahwa noda matahari merupakan daerah dingin yang dihasilkan oleh reaksi antara gas matahari yang bermuatan listrik dengan medan magnet matahari, jadi merupakan sebuah medan magnet lokal yang menerobos fotosfer dan meninggalkan sebuah noda pada daerah tersebut. Gangguan ini juga mempengaruhi atmosfer matahari yang terletak di atas daerah tersebut.

Dari hasil pengamatan terhadap noda matahari, sebenarnya noda matahari merupakan medan magnet yang kuat. Dalam suatu pasangan noda matahari, noda yang satu mempunyai kutub magnet positif (+) dan yang lainnya mempunyai kutub magnet negatif (-). Sebagai kutub suatu medan magnet gabungan, maka magnetisme noda matahari dihubungkan dengan aliran kutub suatu listrik yang lewat melalui gas matahari.

Noda matahari timbul kemudian menghilang dalam suatu daur noda matahari atau daur matahari, daur ini lamanya rata-rata 11 tahun. Pada saat awal daur hanya terlihat beberapa noda kecil saja dipermukaan matahari, pada garis lintang 30° hingga 40° di sebelah utara atau sebelah selatan equator matahari. Dengan perjalanan waktu tampak noda-noda matahari lebih banyak, lebih besar dan makin dekat dengan equator matahari, daur ini akan mulai berakhir bila mana noda-noda mulai menyusut jumlahnya kembali.

Selama noda matahari maksimum yaitu ketika timbul banyak noda maka seluruh matahari menjadi lebih

aktif. Protuberan menjadi lebih besar, dan korona mengalami berbagai perubahan bentuk dan kecemerlangan cahayanya.

Jadi perubahan jumlah sunspot tersebut, erat kaitannya dengan keaktifan matahari. Jika jumlah sunspot minimum maka matahari dalam keadaan tenang dan jika jumlah sunspot maksimum maka menandakan matahari dalam keadaan aktif. Jumlah sunspot di permukaan matahari dinyatakan dengan bilangan Wolf yang disebut dengan bilangan sunspot relatif (R), yaitu :

$$R = k (10 g + f) \quad (2-4)$$

dimana :

R = Bilangan sunspot pada suatu saat.

k = Suatu konstanta

g = Jumlah sunspot dalam kelompok

f = Jumlah sunspot individual

Bilangan sunspot tersebut berubah dari hari ke hari, sebagai akibat dari rotasi matahari. Wolf membuat jumlah rata-rata bilangan sunspot pertahun, ternyata bilangan sunspot ini berulang secara periodik dari maksimum ke maksimum berikutnya dengan periode rata-rata 11.2 tahun

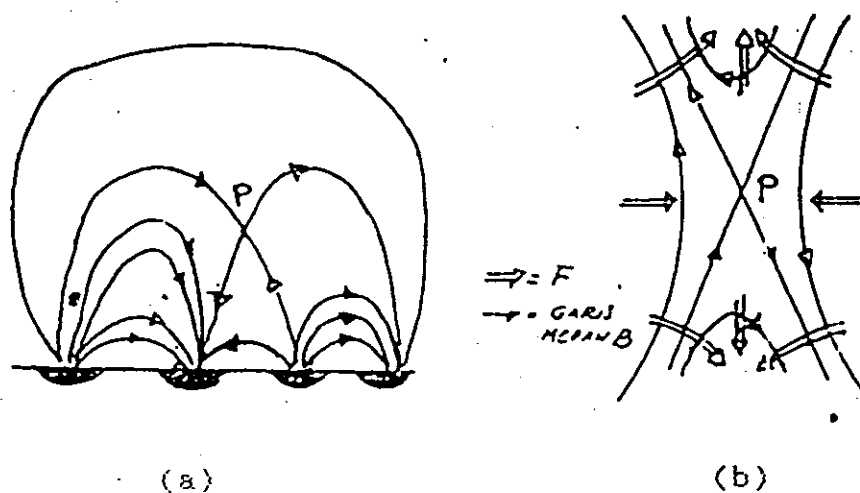
matahari berotasi dari barat ketimur. Periode rotasi matahari pada daerah di sekitar equator adalah 26,9 hari, dan menjadi lebih lambat pada daerah kutub hingga menjadi 34 hari.

2. Flare matahari

Flare adalah semburan atau letusan yang tiba-tiba pada lapisan kromosfer, yang menimbulkan cahaya terang benderang. Flare biasanya terjadi di dalam daerah sunspot, letusan-letusan ini sering disertai filamen gelap yang menunjukkan adanya keaktifan. Flare yang kuat biasanya melepaskan energi sekitar 10^{23} erg dalam beberapa menit, harga ini cukup besar bila dibandingkan dengan pancaran total matahari sebesar 4×10^{23} erg / dt. Pelepasan energi yang secara tiba-tiba ini, juga akan memengaruhi bumi dan atmosfernya.

Flare terjadi pada saat sunspot ada, dan adanya sunspot menunjukkan adanya medan magnet. Medan magnet berasal dari fusi nuklir yang terjadi di pusat matahari, yang ditransfortasikan ke arah luar.

Dalam teori terjadinya sunspot telah dibahas bahwa sunspot timbul adalah akibat adanya medan magnet, interaksi antara medan magnet sunspot yang berdekatan akan menimbulkan suatu daerah netral P seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar.2.6 : Terjadinya flare. (a). suatu sket yang dapat menunjukkan terjadinya titik netral P. (b). Efek gaya medan magnet pada titik netral P.

Dalam proses distribusi ini garis-garis medan magnet yang berdekatan, yang berlawanan arahnya berinteraksi sehingga menimbulkan suatu keadaan yang stabil dan titik P akan menjadi daerah netral. Dengan adanya medan magnet akan timbul arus dan selanjutnya dalam medan magnet akan timbul gaya magnet sebesar :

$$F = q (v \times B) \quad (2-5)$$

dimana :

F = Gaya

q = Muatan listrik

v = Kecepatan

B = Medan magnet

Sebagai akibatnya akan terjadi gaya menekan pada titik netral P dalam arah x, dan gaya tarik dalam sumbu y sehingga partikel yang terbawa oleh arus medan magnet akan dipercepat. Kemudian terjadi interaksi diantara partikel-partikel berenergi tinggi. Peristiwa ini diikuti dengan pembebasan energi dan lontaran partikel bermuatan, yang dikenal dengan istilah populernya yaitu flare.

Flare ini sangat menarik untuk diselidiki antara lain karena pada saat flare, terjadi peningkatan intensitas radiasi sinar X, sinar ultraviolet dan radiasi kospukuler. Adanya peningkatan gelombang elektromagnetik pada waktu flare dapat diamati dengan radiometer. Peningkatan radiasi gelombang elektromagnetik dari flare dapat dirasakan sekitar 8 menit setelah flare itu terjadi.

Radiasi flare bervariasi tergantung kepada kekuatan flare itu sendiri, yang dinyatakan dengan Importance (Imp). Flare dapat diklasifikasikan atas 5 klas utama dan 3 sub klas, ke lima klas tersebut diberi notasi importance : 0 , 1 , 2 , 3 , 3⁺ yang ditentukan berdasarkan kekuatan dan luas dari flare tersebut. Klasifikasi ini dapat dilihat ada tabel dibawah ini :

Tabel. : Klasifikasi Flare menurut importance

Infortance	Luas Flare (10^{-6} SH)
0	200
1	200 - 499
2	500 - 1199
3	1200 - 2400
3 ⁺	2400

SH = Hemisper Solar

(Satuan Untuk menentukan luas Flare)

Sedangkan untuk sub klas klasifikasinya ditentukan berdasarkan kecemerlangannya, ketiga sub klas diberi notasi :

F (Faint) : Kelihatan terang yang merupakan latar belakang secara visual tampak energetik

N (Normal) : Lebih terang dari Faint, bergerak dan kadang-kadang energetik

B (Brilliant) : Sangat cemerlang bergerak naik dan turun kearah matahari

3. Fakula (obor kecil)

Fakula merupakan daerah panas dan menyala, yang terbentuk mulai dari tanda-tanda kecil yang terang sekali sampai dengan berbentuk coreng-corengan yang besar sekali. Fakula mirip dengan plage dalam kromosfer, fakula sering dikelilingi oleh berbagai kelompok noda matahari tetapi ada juga yang sendirian. Fakula sering timbul pada daerah yang kelak

tampak noda-noda matahari dan kemudian bertahan sesaat setelah noda-noda matahari menghilang.

Fakula mempunyai susunan butir-butir kasar, para ahli menganggap bahwa fakula adalah masa gas maha besar yang lebih panas dari bagian yang lainnya dipermukaan matahari yang bersifat gas.

4. Granulasi

Granulasi fotosfer tampak seperti butiran-butiran padi yang cerah, butiran-butiran itu dipisahkan satu dengan yang lainnya oleh batas-batas yang gelap. Diameter sebuah butiran khusus berukuran sekitar 1.600 km, tetapi jika dibandingkan dengan daerah permukaan matahari yang sangat luas maka sebenarnya ukuran tersebut hanyalah daerah yang kecil saja.

Para ahli beranggapan bahwa granulasi merupakan gas fotosfer yang karena panas, bergerak secara hebat dan berkesinambungan.

C. Bagian dalam matahari (pusat matahari)

Dari pengamatan dan penelitian yang dilakukan terhadap matahari, umumnya hanya mengetahui tentang panas, cahaya, magnetisme dan partikel-partikel yang datang dari lapisan atas dan atmosfer matahari. Sedikit sekali para ahli memperoleh data-data dari bagian dalam matahari tersebut. Suatu petunjuk langsung yang diperoleh para ahli mengenai bagian dalam matahari

adalah dari partikel atom yang disebut dengan neutrino.

Neutrino secara langsung dan cepat, dapat mencapai bumi dari pusat matahari. Partikel-partikel ini kecil dan bergerak secepat cahaya, tidak bermuatan serta hampir tidak ada sesuatu massa untuk disebut. Karena sifat-sifat ini, maka neutrino dengan mudah dapat melalui zat yang sangat tebal dan membuatnya sulit untuk dideteksi namun demikian para ilmuwan telah berhasil mengetahuinya.

Dari penelitian tentang neutrino, dan dari yang diketahui dari lapisan luar matahari. Para ahli menarik kesimpulan bahwa bagian dalam matahari, merupakan sebuah tungku nuklir yang membentuk pusat matahari. Dan mempunyai volume relatif kecil dan padat serta mempunyai temperatur yang luar biasa tingginya, dimana pada pusat matahari tersebut atom telah kehilangan elektronnya dan hanya terdiri dari nukleus. Aliran gas yang bersikulasi membawa hidrogen sebagai bahan bakar atom ke tungku energi nuklir dan membawa helium yang dihasilkannya.

Panas, cahaya, dan energi lain dari pusat secara lambat diradiasikan kembali dari atom ke atom. Energi ini berangsur-angsur dipindahkan keluar meninggalkan pusat. Pada saat energi mencapai permukaan matahari, bentuk perpindahan energi lain menggantikannya dimana aliran gas matahari yang beredar membawa energi tersebut mirip air mendidih atau udara panas di atas api. Gerakan fotosfer ini menghasilkan banyak fenomena yang

terlihat pada permukaan matahari, seperti granulasi fakula dan noda-noda.

Disamping neutrino untuk mengetahui bagian dalam matahari, juga dengan penelitian terhadap spektrum matahari, tentang spektrum ini akan diuraikan pada bagian radiasi matahari. Berdasarkan penelitian tentang spektrum ini, diketahui tentang unsur-unsur kimia di dalam matahari. Dimana sebagian besar unsur kimia di dalam matahari adalah hidrogen $\pm 80\%$ dari massa matahari, kemudian helium $\pm 19\%$ dan satu persen dari massa matahari selebihnya terdiri dari oksigen, nitrogen, magnesium, silikon, karbon belerang, besi, natrium, kalsium, nikel dan beberapa unsur mikro lainnya.

Hidrogen sebagai unsur terbanyak di dalam matahari yaitu $\pm 80\%$, merupakan bahan bakar pada pusat matahari. Energi yang dihasilkan oleh matahari berasal dari reaksi fusi yang terjadi didalamnya. Dimana dengan fusi atom hidrogen berubah menjadi atom helium, dan energi yang berasal dari perbedaan massa kedua atom tersebut.

D. Cara terjadinya energi untuk aktivitas matahari

Matahari merupakan merupakan sumber energi yang utama bagi bumi, energi yang dipancarkan matahari tersebut dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Energi pancaran tersebut dihasilkan oleh reaksi inti, yaitu perubahan materi matahari dengan fusi atom hidrogen yang berubah menjadi atom helium.

Untuk dapat dua inti melakukan reaksi fusi, maka harus mempunyai energi cukup besar untuk dapat mengatasi gaya tolak-menolak Coulomb. Sehingga untuk itu diperlukan temperatur yang sangat tinggi, di dalam matahari suhu dapat mencapai beberapa juta derajat. jadi dengan suhu yang sangat tinggi tersebut, maka reaksi inti dapat berlangsung.

Didalam reaksi fusi, empat inti hidrogen akan bergabung membentuk satu inti helium. Namun ternyata dari reaksi tersebut terdapat perbedaan massa empat inti hidrogen dengan satu inti helium proses reaksi ini disebut dengan reaksi-reaksi proton-proton, dimana massa atom hidrogen (H) = 1,00813 sma sehingga :

$$4 \text{ H}^1 \text{-----} \quad 4 \times 1,00813 \text{ sma} \quad = \quad 4,03252 \text{ sma}$$

$$1 \text{ H} \text{-----} \quad = \quad 4,00386 \text{ sma}$$

$$\text{perbedaan massa adalah} \quad = \quad 0,02866 \text{ sma}$$

Massa yang hilang tersebut dirubah menjadi energi, menurut rumus yang dikemukakan oleh Einstein yaitu :

$$E = m c^2 \quad (2--8)$$

dimana :

E = energi

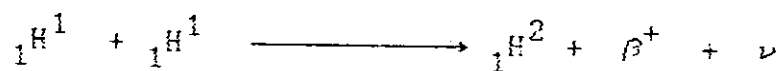
m = massa

c = kecepatan cahaya

sehingga diperoleh energi sebesar :

$$\begin{aligned} E &= m c^2 \\ &= 0,02866 \times (3 \cdot 10^8)^2 \\ &= 26,64 \text{ Mev} \end{aligned}$$

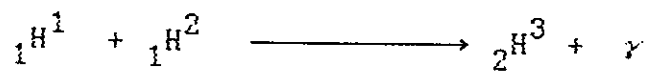
Pada permulaan benturan dua inti hidrogen yang telah kehilangan elektron pengiringnya bersatu menjadi deuterium, yakni isotop hidrogen yang massanya lebih besar. Dua sisa pecahan tadi laksana bunga api yang sangat hebat, tumbukan kedua proton itu membawa pergi momentum dan muatan listrik yang tak diperlukan. Satu diantaranya adalah neutrino yang merupakan zarah yang sangat kecil tidak mempunyai massa dan muatan listrik, sehingga sangat lambat beraksi dengan segala bentuk unsur. Pecahan lainnya yakni zarah bermuatan listrik positif atau positron, yang tidak dapat bergerak jauh melintasi unsur yang sangat tebal dan rapat disekitarnya tanpa menumbuk elektron. Apabila terjadi tumbukan antara positron dan elektron, maka kedua zarah yang berlawanan muatan tersebut akan saling meniadakan. Reaksi yang terjadi adalah :



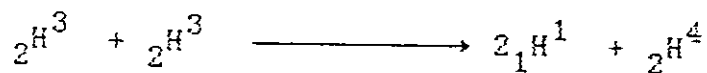
Inti deuterium yang dihasilkan pada langkah pertama fusi ini terdiri dari proton dan neutron, yakni gabungan zarah yang massanya hampir dua kali massa proton, tetapi sifatnya mudah bereaksi. Pada kesempatan pertama deuterium akan menangkap inti hidrogen yang ada di sekitarnya. dari reaksi antara deuterium dan inti hidrogen lahir unsur baru yakni helium.

Helium hasil benturan ini bukan jenis helium

biasa, tetapi helium yang intinya terdiri dari dua proton dan satu neutron. Dari benturan kedua inti tadi menghasilkan salah satu bentuk tenaga radiasi, yang disebut sinar gama. Sinar ini merupakan gelombang yang paling pendek, daya tembusnya kuat sehingga merupakan spektrum yang paling kuat diantara seluruh spektrum gelombang elektromagnetik. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Pada benturan ketiga, inti helium tersebut menjadi helium biasa yang terdiri dari dua proton dan dua neutron caranya adalah dengan mengambil zarah sejenis yakni helium yang terbentuk dengan cara yang sama pula. Kedua inti ini mempunyai empat proton dan dua neutron, sehingga pada persenyawaan tersebut akan tersisa dua proton yang reaksinya :



Kelebihan zarah berupa proton tadi akan terlempar dari peristiwa benturan, dan akhirnya akan membentur proton yang lain dan berfusi menjadi inti deuterium. Selanjutnya memulai lagi seluruh daur transformasi, seperti yang diuraikan di atas dimana reaksi keseluruhannya adalah :