

# Interaksi Matahari-Bumi

Adisetyo Panduwirawan

Program Studi Fisika, Institut Teknologi Bandung

Himpunan Astronomi Amatir Jakarta (HAAJ)

## Abstrak

Matahari adalah sumber daya utama kita. Matahari memberikan energi ke planet kita, menghangatkan dan menyinari hari kita. Panas matahari memberikan energi pada angin dan air di lautan dan menimbulkan cuaca dan iklim. Lebih jauh lagi, kita menerima energi yang secara tepat sesuai untuk mempertahankan air di planet kita dalam wujud cair, sekitar  $1366\text{W/m}^2$ . Sebagai bintang induk tunggal, matahari adalah satu-satunya bintang yang terlihat sebagai piringan. Hal ini membuat kita mampu melihat secara detil segala proses fisis yang terjadi di permukaan matahari. Tidak hanya pada permukaan matahari, apa yang terjadi di balik permukaan matahari juga menyimpan begitu banyak fenomena yang menjadikan matahari sebagai laboratorium gabungan berbagai disiplin ilmu fisika yang unik.

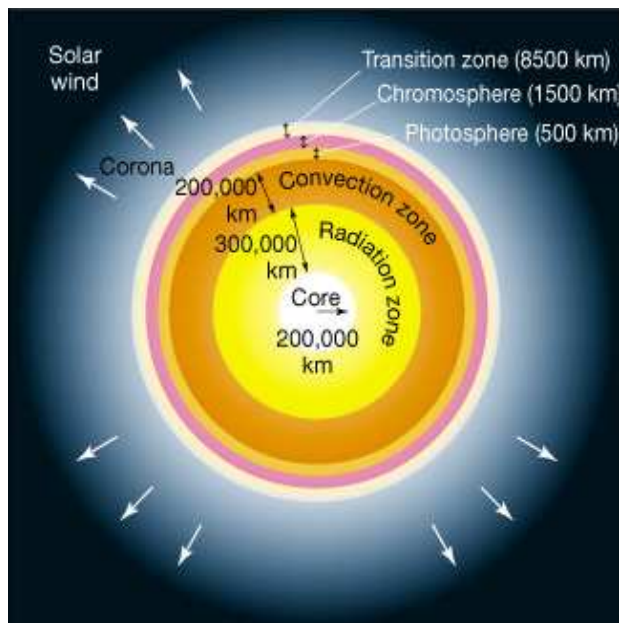
## Struktur dan Parameter Fisis Matahari

Sebagai bintang, matahari merupakan bintang kuning kerdil 'biasa' berumur 4,5 milyar tahun. Menurut sistem klasifikasi bintang, matahari termasuk kelas G2V. Secara lengkap parameter fisis matahari dapat dituliskan sebagai berikut ini.

Parameter Fisis	Besaran
Massa	$1,99 \times 10^{30}$ kg atau 332.000 kali massa bumi
Kerapatan rata-rata	$1,4 \text{ g/cm}^3$ atau seperlima kerapatan bumi
Luminositas	$3,84 \times 10^{26}$ Watt
Temperatur efektif	5.777 K
Temperatur inti	15 juta K
Percepatan gravitasi di permukaan	$274 \text{ m/s}^2$ atau 28 kali perc. gravitasi bumi
Jejari	696 ribu km atau 109 kali jejari bumi
Jarak	149,6 juta km
Kecepatan lepas	618 km/s

Secara skematik, matahari dibagi atas bagian interior dan bagian atmosfer. Interior matahari dapat dibagi menjadi bagian inti, bagian radiatif dan bagian konvektif. Sedangkan di atas permukaan matahari, terdapat lapisan fotosfer, kromosfer dan korona. Inti matahari memiliki suhu 15 juta Kelvin. Di inti matahari, energi dibangkitkan melalui suatu proses yang disebut fusi nuklir. Di matahari, hidrogen akan bergabung menjadi helium dan melepas energi dalam bentuk

foton yang akan melalui zona radiasi. Pada zona radiasi, kepadatan materi yang ada sangatlah tinggi sehingga foton terpaksa berjalan 'zig-zag' seperti halnya pengendara motor yang terjebak macet total. Ini membuat foton yang dilepaskan dari inti baru dapat keluar dari zona radiatif ke zona konveksi setelah 171.000 tahun. Selain itu, foton yang dilepaskan dari inti juga akan kehilangan energi akibat panjangnya jalur yang ditempuh. Lalu pada zona konvektif, energi akan ditransfer melalui sirkulasi plasma panas dan dingin seperti halnya mendidihkan air di ketel.



Gambar 1 Struktur internal dan atmosfer matahari

Lalu pada bagian atmosfer, lapisan pertama diisi oleh lapisan tipis fotosfer yang hanya memiliki ketebalan sekitar 500 km. Fotosfer merupakan satu-satunya bagian matahari yang dapat kita lihat sehari-hari. Meskipun begitu, terdapat lapisan lain di atas fotosfer yang tidak dapat kita lihat secara langsung. Hanya pada gerhana matahari total, lapisan atmosfer matahari lainnya seperti kromosfer dan korona dapat terlihat. Selain itu, tanpa bantuan instrumen, piringan matahari yang kita lihat biasanya mulus sempurna tanpa cacat. Padahal, jika dilihat lebih detail kita dapat melihat keberadaan 'jerawat matahari' yang biasa disebut bintik matahari serta keberadaan granulasi (butuh detail lebih jauh

lagi).

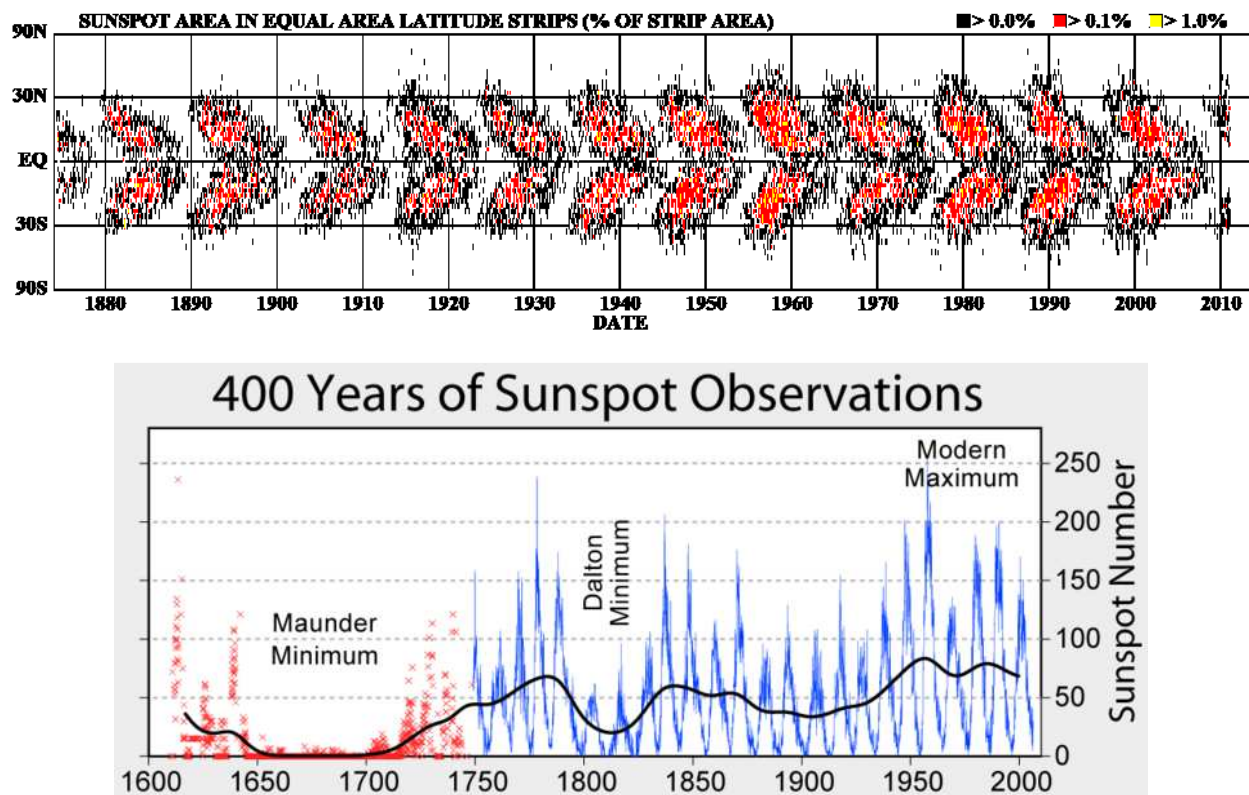
Lalu diatas lapisan fotosfer, terdapat lapisan kromosfer yang hanya dapat diamati dari bumi pada saat terjadi gerhana matahari total sebagai suatu lapisan tipis berwarna kemerahan. Kromosfer memiliki temperatur yang lebih dingin bila dibandingkan dengan fotosfer. Lapisan ini memiliki garis emisi paling terang pada panjang gelombang 656,3 nm (Hidrogen alpha). Pada lapisan ini pula, helium ditemukan oleh Janssen (1824-1907), seorang astronom berkebangsaan Perancis, dalam bentuk garis emisi pada 587,6 nm yang diamati saat gerhana matahari total 18 Agustus 1868. Aktivitas magnetik matahari dapat terlihat secara jelas pada kromosfer ini dalam bentuk *plage* terang dan *spikula*. Plage merupakan area terang yang menandakan aktivitas kuat magnetik pada sekitar bintik matahari. Sedangkan spikula dapat dilihat seperti 'rerumputan api' yang timbul dan tenggelam akibat suatu gelombang akustik yang merambat di dalam matahari.

Pada bagian teratas atmosfer matahari, terdapat lapisan yang sangat renggang namun memiliki temperatur yang sangat tinggi dan sifat yang sangat dinamis yaitu korona. Korona dapat kita lihat pada saat terjadinya gerhana matahari total. Temperatur yang sangat tinggi ini didapat

dari pengamatan garis spektrum Fe XIV (Besi yang telah kehilangan 15 dari 26 elektron yang dimilikinya). Akibatnya, korona kaya akan elektron bebas yang akan terikat oleh medan magnet matahari sehingga mampu menghamburkan cahaya dari fotosfer. Korona memancarkan sebagian besar energinya dengan salah satu jenis radiasi elektromagnet yang paling kuat yaitu sinar-X.

### Aktivitas matahari dan dampaknya terhadap bumi

Matahari merupakan bintang yang dinamis. Atmosfer matahari yang cenderung tenang terkadang dapat memancarkan energi yang sangat besar secara tiba-tiba. Aktivitas matahari ini sangatlah berkaitan dengan siklus matahari yang berlangsung dengan periode 11 tahun. Siklus 11 tahun ini ditandai dengan variabilitas jumlah bintik matahari yang terlihat pada suatu selang waktu tertentu dan pada lintang tertentu. Keduanya dapat digambarkan pada kedua grafik di bawah ini.



Gambar 2 Diagram kupu-kupu yang menunjukkan distribusi area bintik matahari pada lintang tertentu (atas), Kurva jumlah bintik matahari yang teramati dan polanya (bawah)

Aktivitas energetik matahari tersebut dapat diamati dalam bentuk flare, prominensa, serta coronal mass ejection (CME). Aktivitas ini akan terjadi semakin sering seiring mendekatnya puncak siklus 11 tahun matahari.

Flare merupakan suatu peristiwa pelepasan energi matahari yang dapat dianalogikan seperti blitz kamera yang tiba-tiba menjadi terang sesaat pada panjang gelombang radio dan sinar-X. Pada panjang gelombang radio dan sinar-X, kecerlangan matahari meningkat sesaat hingga ribuan kali lebih kuat dibandingkan dengan keadaan normalnya. Medan magnet kuat yang membentuk flare juga mampu mempercepat gerak proton dan elektron hingga berkecepatan mendekati kecepatan cahaya melalui mekanisme sinkotron. Radiasi partikel berenergi tinggi tersebut sangatlah berbahaya bagi instrumen elektronik yang berada di satelit dan juga astronot. Radiasi sinar-X tersebut juga dapat melepaskan elektron yang berasal dari materi ionosfer bumi. Berlawanan dengan sifat asli atom yang berada di ionosfer, elektron bebas ini memiliki sifat menyerap gelombang radio. Akibatnya, komunikasi gelombang radio yang biasa digunakan oleh perusahaan penerbangan, militer, perusahaan telekomunikasi, TV atau pun radio publik akan terganggu.

Prominensa merupakan sebuah pilar 'arc' terbentuk atas plasma dengan suhu sekitar 10.000 K yang menjulang tinggi pada atmosfer matahari. Arc tersebut dibentuk oleh loop garis-garis medan magnet yang terbentuk di matahari. Prominensa biasa dilihat pada pinggiran piringan matahari. Mungkin karena mencoloknya fenomena ini bila dibandingkan dengan latar belakang yang gelap fenomena ini dinamakan prominensa. Jika fenomena ini terjadi tidak pada pinggir piringan matahari, kita akan melihat filamen yang terlihat lebih gelap dibandingkan latar kromosfer pada panjang gelombang emisi hidrogen alpha. Jadi sebetulnya, prominensa dan filamen merupakan fenomena yang sama. Yang membedakan kedua fenomena tersebut hanya sudut pandang kita. Prominensa dan filamen mampu bertahan dengan stabil diatas fotosfer cukup lama. Namun, jika loop garis medan magnet matahari berubah tiba-tiba, material yang membentuk prominensa dan filamen akan terlontar keluar ke arah korona; tidak jatuh akibat gravitasi. Erupsi ini mampu menginduksi terjadinya coronal mass ejection (CME), yaitu lontaran massa korona yang mampu membawa hingga 10 milyar ton material subatomik berenergi tinggi ke satu arah dengan kecepatan tinggi.

Seluruh rangkaian fenomena dinamis yang terjadi ini biasa disebut sebagai cuaca antariksa. Aktivitas matahari yang tinggi biasanya disertai dengan menurunnya radiasi sinar kosmik yang diterima bumi, serta meningkatnya badai magnetik yang terjadi di bumi serta hujan partikel berenergi tinggi. Untungnya, keberadaan medan magnet bumi mampu melindungi kita dari segala bahaya partikel tersebut. Namun tetap saja, terdapat bahaya yang mempengaruhi berbagai aktivitas manusia. Saat badai matahari terjadi Oktober dan November 2003, komunikasi radio terganggu pada setengah area bumi. Terdapat juga kerusakan jaringan listrik yang mengakibatkan listrik terputus di Swedia. Pada 14 Juli 2001, badai tersebut juga merusak dan mengganggu kinerja satelit komersial serta satelit militer.

## Kesimpulan

Matahari merupakan pembangkit energi yang dinamis dengan segala fenomena yang dapat mempengaruhi kehidupan kita. Flare matahari yang kuat serta CME dapat merusak dan mengganggu kerja satelit yang mengorbit bumi, meningkatkan resiko kanker bagi pengguna layanan penerbangan yang melalui kutub bumi, mengganggu komunikasi radio, serta menyebabkan kerusakan jaringan listrik yang dapat mematikan listrik di seluruh kota atau bahkan negara. Oleh karenanya, pengamatan terhadap matahari diperlukan sebagai suatu langkah antisipasi terhadap suatu kejadian yang tidak diinginkan oleh kita semua.

## Referensi

1. Herdiwijaya, Dhani. 2009. Slide mata kuliah AS5214 Fisika Matahari.
2. Herdiwijaya, Dhani. 2010. Slide mata kuliah AS2105 Astronomi dan Lingkungan.
3. Lang, Kenneth R. 2006. Sun, Earth and Sky: Second Edition. New York: Springer.