

# **PENGARUH AKTIVITAS MATAHARI PADA MEDAN MAGNET DAN ATMOSFER BUMI**

**R. Susanto**

## **PENDAHULUAN**

Pada tahun 1964 – 1965, tepatnya pada tanggal 1 April 1964 hingga 31 Desember 1965, telah dilaksanakan suatu program internasional dalam bidang penelitian geofisika. Program ini dikenal dengan sebutan “*The International Quiet Sun Years*” atau disingkat dengan IQSY. Terjemahan bebasnya dalam bahasa Indonesia adalah “Tahun Matahari Tenang Internasional”.

## **MENGAPA DISEBUT MATAHARI TENANG?**

Karena dalam periode waktu tersebut matahari berada dalam keadaan tenang yang ditandai oleh sedikitnya jumlah bintik-bintik hitam yang tampak pada permukaannya.

Kurang lebih tujuh tahun sebelum program IQSY, yaitu dalam tahun 1957 – 1958, telah diadakan pula suatu program internasional yang disebut “*The International Geophysical Year*” atau disingkat dengan IGY. Program IGY dilaksanakan justeru pada saat matahari berada dalam keadaan aktivitas puncak. Telah diketahui bahwa siklus kegiatan matahari rata-rata 11 tahun.

## **LALU APA TUJUAN UTAMA DARI KEDUA PROGRAM TERSEBUT?**

Tujuannya untuk mempelajari kaitan antara kegiatan matahari dengan gejala-gejala fisik yang terjadi di bumi, khususnya atmosfer, sebagai akibat dari kegiatan matahari tersebut.

Dengan memperbandingkan dan menganalisa kebesaran-kebesaran fisik di bumi dalam kedua periode yang sangat berbeda tersebut, dapat diketahui lebih banyak hal-hal mengenai gejala geofisika yang diharapkan dapat membuka tabir rahasia berbagai gejala yang hingga kini masih merupakan teka-teki.

## **SEDIKIT TENTANG FISIKA MATAHARI**

Matahari seperti yang kita lihat dengan mata biasa merupakan bundaran putih yang menyilaukan dan mempunyai batas yang jelas dengan sekelilingnya. Tetapi jika kita amati lebih teliti, misalnya dengan memproyeksikan matahari pada suatu layar, maka akan ternyata bahwa kecerahan cahaya akan berkurang secara beransur-ansur di tepinya. Hal ini menunjukkan bahwa ada semacam “atmosfer” di sekeliling matahari yang disebut kromosfer. Bundaran putih yang menyilaukan di tengahnya disebut fotosfer.

Pada waktu-waktu tertentu, yaitu pada saat terjadi gerhana matahari total, akan dapat dilihat lebih jelas adanya kromosfer tersebut sebagai cahaya yang berwarna di sekeliling bundaran hitam yang merupakan bayangan (*silhuet*) bulan.

Di pinggir kromosfer terdapat beberapa pancaran cahaya keluar yang disebut jengkul atau protuberance, sedangkan jauh di luar kromosfer masih terlihat adanya pancaran cahaya lemah yang disebut korona. Suhu pada permukaan fotosfer diperkirakan sebesar kurang lebih  $6000^{\circ}\text{C}$  dan jejari fotosfer sebesar  $6.95 \times 10^8$  m. Dengan massa sebesar  $1.95 \times 10^{30}$  kg, matahari mempunyai kepadatan rata-rata sebesar  $1.38 \times 10^3$  kg./m<sup>3</sup> yaitu lebih kecil daripada kepadatan rata-rata bumi.

## **APA YANG TERJADI SELANJUTNYA PADA PERMUKAAN MATAHARI?**

Selintas pandang, matahari seakan-akan menunjukkan keadaan yang statis, tidak tampak adanya gejala-gejala yang terjadi pada permukaannya.

Tetapi jika kita teliti permukaan matahari secara saksama, misalnya dengan menggunakan teropong khusus atau spektrohelioskop, ternyata pandangan kita tadi keliru.

Permukaan matahari menunjukkan ketidak-tenangan yang luar biasa. Di samping adanya bintik-bintik hitam yang telah kita kenal sebelumnya, kecerahan cahaya yang datang dari bundaran matahari sangat berbeda-beda dan berganti-ganti. Beberapa gejala yang dapat dibedakan pada permukaan matahari di antaranya adalah:

- a. Granulasi, yaitu bintik-bintik kecil berwarna putih dan berkelip-kelip tidak menentu dengan kecepatan rata-rata sebesar 4km/detik dan diameter rata-rata sebesar 1000 km, tersebar di seluruh permukaan matahari.
- b. Obor atau fakula, sering tampak di tepi bundaran matahari, merupakan tempat-tempat dengan kecerahan lebih besar dari sekelilingnya. Obor ini terutama terdapat di sekitar daerah bintik matahari.
- c. Gumpalan atau flokuli yang menyerupai gumpalan salju akan tampak jika kita mengambil gambar matahari dengan menggunakan cahaya kalsium. Daerah yang ditempati kurang lebih sama dengan daerah obor.
- d. Filamen, gambar-gambar menyerupai cacing yang tampak pada foto dengan menggunakan cahaya kalsium.
- e. Jenggul atau protuberance merupakan pancaran cahaya yang keluar dari matahari yang tampak jelas pada waktu terjadi gerhana matahari total.

Sesungguhnya jenggul tidak terjadi hanya pada saat terjadi gerhana matahari total saja tetapi terjadi sepanjang waktu. Hal ini disebabkan karena kita tidak dapat melihat adanya pancaran tersebut jika matahari tidak ditutupi oleh sesuatu benda di luar atmosfer bumi. Karena itulah bulan merupakan satu-satunya alat yang kita miliki secara cuma-cuma untuk melakukan tugas ini, meskipun kita harus bersabar menunggu terjadinya peristiwa gerhana matahari total.

Pada saat ini, berkat kemajuan teknik penginderaan, sudah dapat dibuat suatu alat fotografi yang dapat mengambil gambar-gambar matahari lengkap dengan jenggunya pada setiap saat yang kita inginkan. Jenggul merupakan pancaran cahaya yang pada umumnya berarah tegak lurus pada permukaan matahari, sehingga untuk melihatnya dengan jelas haruslah apabila ia terjadi pada tepi bundaran matahari. Ada anggapan bahwa filamen yang tampak pada bundaran matahari sesungguhnya adalah jenggul yang gambarnya terproyeksikan pada bundaran tersebut. Dengan pengamatan yang lebih teliti, akan dapat kita bedakan adanya dua macam jenggul, yaitu:

- jenggul statis yang tidak menunjukkan perubahan-perubahan dalam jangka waktu yang lama.
  - Jenggul eruptif yang menunjukkan pemandangan seperti letusan sebuah gunung berapi.
  - Jenggul eruptif juga sering dinamakan ledakan-ledakan matahari atau solar-flare.
- f. Bintik-bintik matahari atau sunspot, merupakan fenomena yang paling mudah diamati dan telah lama mendapatkan perhatian dari para ahli astrofisika. Bintik yang paling besar dapat mencapai garis tengah sekitar 90 000 km dan dapat diamati dengan mata biasa, asalkan kecerahan cahaya matahari dikurangi misalnya dengan menggunakan film negatip yang sudah dipapar.

### **APA SESUNGGUHNYA BINTIK-BINTIK MATAHARI ITU?**

Banyak para ahli telah mengemukakan berbagai teorinya, tetapi yang banyak dianut sekarang adalah teori pusaran yang dapat kita samakan dengan angin pusar atau siklon di bumi. Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik mengenai bintik-bintik matahari adalah sebagai berikut:

- Bintik-bintik matahari sangat berubah-ubah baik dalam hal jumlah, dimensi maupun letaknya.
- Bintik-bintik matahari dapat “tumbuh”, baik dalam jumlah maupun besarnya hingga mencapai maksimum, kemudian menyusut hingga mencapai minimum yang disusul dengan pertumbuhan berikutnya. Waktu yang diperlukan dari posisi maksimum hingga mencapai maksimum berikutnya atau dari posisi minimum ke minimum berikutnya disebut periode kebintikan matahari yang rata-rata sebesar 11.1 tahun. dari posisi minimum ke maksimum dibutuhkan waktu rata-rata 4.5 tahun, sedangkan dari posisi maksimum ke minimum diperlukan waktu rata-rata 6.6 tahun. Jadi berarti bahwa daurnya tidak simetris. Jika kita amati satu bintik yang besar selama beberapa hari (kita ambil bintik besar karena mempunyai umur yang panjang) ternyata bahwa bintik tersebut bergerak dari tepi timur ke tepi barat bundaran matahari, kemudian setelah beberapa saat muncul lagi di sebelah timur dan bergerak lagi ke barat dan seterusnya. Hal ini menunjukkan bahwa matahari berputar pada suatu poros. Lebih lanjut ternyata bahwa kecepatan berputarnya di khatulistiwa matahari lebih kecil daripada di kutubnya yang hanya dimungkinkan jika matahari tidak bersifat sebagai benda padat. Periode perputaran matahari, jika dilihat dari bumi, rata-rata 27.3 hari.

Dari pengamatan selama ini dapat disimpulkan bahwa jumlah bintik atau derajat kebintikan matahari pada suatu saat menentukan tingkat aktivitas matahari. Bintik-bintik matahari biasanya merupakan pusat-pusat gangguan, karena di sekitar bintik sering terjadi gejala-gejala yang menimbulkan aktivitas.

## **PENGARUH KEBINTIKAN MATAHARI PADA MEDAN MAGNET BUMI**

Pengaruh apakah yang terdapat pada medan magnet bumi yang disebabkan oleh kegiatan matahari?

Metode yang lazim ditempuh untuk menyelidiki pengaruh antara dua gejala yang terjadi berulang-ulang adalah metode statistik. Pertama-tama harus diselidiki apakah ada korelasi berbagai gejala di bumi dengan derajat kebintikan matahari secara umum. Jika ternyata ada, gejala-gejala manakah itu dan peristiwa-peristiwa manakah di matahari yang menimbulkan gejala itu. Sesudah diketahui betul adanya korelasi, dicarilah kemudian teori-teori atau hipotesa-hipotesa yang dapat menerangkan hubungan antara kedua gejala tersebut secara fisis. Kita belum dapat mengetahui hipotesa mana yang betul sebelum diuji kebenarannya dengan mencari gejala-gejala lainnya yang menurut hipotesa tersebut harus mempunyai korelasi yang tinggi.

Gejala yang pertama-tama diselidiki adalah hubungan antara kebintikan matahari dengan gangguan pada medan magnet bumi. Derajat kebintikan matahari dinyatakan dengan suatu angka yang disebut “angka kebintikan matahari” atau sunspot number  $r$ , yang besarnya tergantung dari kebesaran teleskop yang digunakan.

Gangguan medan magnet bumi dinyatakan dengan besarnya simpangan yang terjadi pada medan magnet bumi terhadap harga rata-ratanya. Ternyata bahwa antara kedua gejala tersebut terdapat korelasi yang cukup menakutkan.

## **LALU BAGAIMANA HUBUNGANNYA SECARA FISIS?**

Menurut hipotesa, di sekitar bintik matahari terdapat medan magnet, tetapi secara teoretis besarnya medan magnet tersebut tidak cukup kuat untuk dapat menimbulkan gangguan yang berarti pada medan magnet bumi seperti yang kita temui sekarang. Gangguan tersebut kadang-kadang dapat mencapai 1% dari harga normal yang berarti cukup besar. Lalu apa yang terjadi di sekitar bintik-bintik tersebut?

Di atas telah dikemukakan bahwa beberapa gejala di permukaan matahari pada umumnya terdapat di sekitar bintik-bintik. Dari angka-angka statistik diketahui bahwa hanya 6% dari ledakan matahari atau jenggul eruptif terdapat di sekitar bintik-bintik.

Tetapi jika terjadi ledakan matahari di dekat bintik-bintik, maka kekerapan dan besarnya gangguan pada medan magnet bumi meningkat.

Jadi ledakan matahari yang pertama-tama kita curigai sebagai penyebab terjadinya gangguan magnet bumi. Tetapi jumlah 6% kiranya belum dapat menjatuhkan keputusan secara mutlak setiap ledakan matahari. Kita harus membatasi kepada ledakan matahari yang terjadi di sekitar bintik-bintik saja (bintik-bintik pada pertumbuhan maksimum tersebar antara lintang  $40^{\circ}$ , di utara dan selatan khatulistiwa matahari, kemudian bergerak ke arah khatulistiwa dan menghilang di daerah tersebut). Di samping itu juga ada anggapan bahwa obor yang terdapat pada permukaan matahari adalah semacam ledakan matahari. Yang penting adalah bahwa pada peristiwa tersebut telah dikeluarkan sejumlah sinaran ultralembayung dan zarah-zarah bermuatan ke ruang angkasa. Sinaran ultralembayung dipancarkan ke segala arah, tetapi zarah-zarah bermuatan biasanya dalam arah tegak lurus terhadap permukaan matahari. Untuk dapat menimbulkan gangguan yang besar pada medan magnet bumi tentunya diperlukan suatu polisi yang tepat dari ledakan matahari, yaitu biasanya di daerah sekitar titik pusat bundaran matahari yang merupakan tempat yang paling cocok untuk “penembakan” tersebut.

Sinaran ultralembayung mempunyai kecepatan sekitar 300 000 km per detik dan jarak matahari – bumi dapat ditempuh dalam waktu 8 menit. Datangnya sinaran ultralembayung akan mempengaruhi lapisan ionsfer, yaitu lapisan pemantul gelombang radio pada ketinggian sekitar 100 sampai 500 km di atas permukaan bumi.

Medan magnet bumi sebagian besar berasal dari ... sifat kemagnetan bumi itu sendiri dan sebagian kecil lainnya berasal dari arus-arus listrik yang terdapat pada lapisan ionsfer. Jadi jika lapisan ionosfer terganggu oleh datangnya sinaran ultralembayung, maka demikian pula yang terjadi pada medan magnet bumi secara keseluruhan. Peristiwa gangguan ini disebut “efek erupsi” yang biasanya berlangsung dalam waktu yang singkat dan tidak terlalu besar. Meskipun demikian efek erupsi telah cukup untuk menyebabkan terputusnya sama sekali hubungan radio yang menggunakan gelombang pendek. Di

bidang teknik radio peristiwa ini disebut “gangguan ionosfer mendadak” atau *sudden ionospheric disturbance* (SID) atau juga disebut *radio-fade-out*.

Zarah-zarah bermuatan yang dikeluarkan mempunyai kecepatan rata-rata sebesar 2000 km/detik dan akan sampai di bumi dalam waktu kurang lebih 24 jam. Dalam perjalanannya menembus medan magnet bumi, zarah-zarah tersebut dibelokkan sehingga lintasannya berupa spiral-spiral mengikuti garis-garis kaku medan magnet bumi dan berakhir di daerah sekitar kutub-kutub magnet bumi. Pada saat masuk ke lapisan udara yang lebih padat, zarah-zarah yang bergerak dengan energi yang sangat besar itu dapat menumbuk atom-atom udara yang menyebabkan atom-atom tersebut memancarkan sinar yang tampak di sekitar kutub-kutub magnet bumi. Sinar-sinar tersebut dikenal dengan nama “cahaya kutub” atau aurora.

Selama perjalanannya menuju kutub-kutub magnet, zarah yang bergerak dengan lintasan spiral akan menimbulkan suatu medan magnet baru yang akan mengganggu medan magnet asli secara tidak teratur. Peristiwa ini dikenal dengan istilah “badai magnet” yang merupakan gangguan besar pada medan magnet bumi yang dapat menimbulkan dampak yang luar biasa seperti terkacaunya penunjuk kompas sehingga membahayakan navigasi di laut dan terputusnya hubungan radio jarak jauh selama beberapa jam dan kadang-kadang sampai berhari-hari.

Dapatkah gejala ini diprakira sebelumnya? Ya, tentu saja dapat. Efek erupsi biasanya mendahului terjadinya badai magnet dengan selang waktu sekitar satu hari. Efek tersebut dapat dijadikan sebagai pertanda akan datangnya badai magnet, sehingga masih cukup waktu untuk menyampaikan peringatan dini (*warning*) kepada pihak-pihak yang memerlukan. Hal yang tidak menguntungkan adalah karena tidak setiap badai magnet didahului oleh efek erupsi, sedangkan tidak setiap efek erupsi yang terekam diikuti oleh badai magnet. Memang ternyata masih banyak gejala-gejala lain yang mempengaruhi kedua peristiwa tersebut.



## **PENGARUH KEBINTIKAN MATAHARI PADA IKLIM DAN CUACA**

Sinaran matahari yang sampai di bumi merupakan sumber utama energi yang menimbulkan segala macam kegiatan atmosfer seperti hujan, angin, siklon tropis, musim panas, musim dingin, pola iklim di suatu wilayah dan berbagai pengaruhnya seperti pertumbuhan tanaman penyediaan air tanah dan sebagainya.

Untuk mengukur banyaknya energi sinaran yang sampai di bumi digunakan besaran yang disebut “tetapan matahari” atau *solar constant*, yaitu banyaknya energi sinaran yang jatuh pada bidang mendatar secara tegak lurus tiap satuan waktu tiap satuan luas bidang tersebut dengan meniadakan penyerapan oleh atmosfer. Besarnya tetapan matahari dinyatakan dengan satuan kalori per  $\text{cm}^2$  per detik, yang rata-rata berkisar 2  $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{detik}$ . Fluktuasi harga itu antara lain disebabkan oleh perubahan jarak antara matahari dan bumi karena lintasan bumi mengelilingi matahari tidak merupakan lingkaran tetapi berbentuk lonjong dengan matahari terletak pada salah satu titik apinya. Penyebab kedua terjadinya perubahan harga tetapan matahari ternyata berasal dari kebintikan matahari. Di samping itu pada setiap ledakan matahari dikeluarkan sejumlah sinar ultralembayung yang dapat menambah energi sinaran matahari dalam daerah gelombang sinar tersebut. Seperti diketahui proses pembentukan iklim dan kehidupan di bumi tidak hanya dipengaruhi oleh kuantitas sinaran matahari saja tetapi juga kualitasnya, yaitu susunan spektrum yang ada di dalamnya. Marilah kita tinjau lebih dalam pengaruh perubahan sinaran matahari, baik dalam kuantitas maupun kualitas, terhadap iklim di bumi. Perubahan iklim sifatnya sangat lambat sehingga sangat sukar untuk diamati, terlebih apabila menyangkut jangka waktu ratusan bahkan ribuan tahunan.

Gejala yang sering tampak dan membekas karena pengaruh iklim adalah gelangan pohon. Pada pohon-pohon tua yang ditebang dapat diamati adanya gelangan-gelangan pada penampang batangnya. Gelangan tersebut terbentuk setiap tahun sehingga dapat dipakai untuk menentukan umur pohon yang ditebang.

Ternyata lebar gelangan pada satu pohon sepanjang masa hidupnya tidak tetap karena dipengaruhi oleh kondisi iklim pada suatu waktu. Iklim yang baik dan sesuai untuk pertumbuhannya akan melebarkan gelangan karena pohon tumbuh dengan subur, sedangkan iklim yang kurang baik akan mempersempit gelangan. Berdasar penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa iklim di bumi menunjukkan perubahan yang daurnya sama dengan daur kebintikan matahari, yaitu sekitar sebelas tahun.

### **BAGAIMANA PENGARUH KEGIATAN MATAHARI TERHADAP CUACA?**

Pertanyaan ini lebih sulit untuk menjawabnya daripada pengaruh kebintikan matahari terhadap iklim, karena cuaca merupakan keadaan sesaat dari atmosfer sedangkan iklim merupakan keadaan rata-rata dari cuaca dalam suatu kurun waktu yang panjang. Pengaruh kecil pada cuaca yang sangat berubah-ubah lebih sulit untuk menemukannya dibandingkan dengan pengaruhnya pada iklim yang lebih mantap. Seorang ilmuwan dari Lembaga Smithsonian telah mencoba membuat prakiraan suhu udara berdasarkan jumlah flokuli yang tampak pada bundaran matahari. Ia membuat prakiraan untuk 10 hari yang akan datang dan setiap kali dibandingkan dengan keadaan sesungguhnya dan hasilnya cukup baik.

Seorang ilmuwan lain, yaitu ahli meteorologi yang telah mengadakan penelitian tentang perubahan cuaca di seluruh permukaan bumi mendapat kesimpulan sebagai berikut:

Di daerah tropika, suhu udara rata-rata lebih rendah selama periode kebintikan matahari maksimum dan lebih tinggi dari harga normal selama periode kebintikan matahari minimum. Keadaan yang sama juga berlaku bagi daerah lintang sedang, tetapi justru kebalikannya bagi daerah subtropika yang kering.

## **KESIMPULAN**

Dengan telah diketahuinya hubungan antara kegiatan matahari dan segala fisik di bumi seperti yang telah diuraikan di atas, kiranya terbuka kemungkinan untuk mengadakan prakiraan tentang keadaan atmosfer atau medan magnet bumi berdasarkan aktivitas matahari yang menjadi penyebab utama dari kedua gejala tersebut.

Seperti halnya pada prakiraan cuaca, prakiraan tentang aktivitas matahari dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu prakiraan jangka pendek dan prakiraan jangka panjang.

Prakiraan jangka pendek meliputi prakiraan tentang akan timbulnya bintik-bintik baru dan kemungkinan terjadinya ledakan matahari pada posisi yang tepat untuk gangguan di bumi.

Prakiraan jangka pendek ini di antaranya berguna bagi:

- a. Peringatan dini kemungkinan terjadinya badai magnet yang menyebabkan gangguan pada medan magnet bumi dan dapat membahayakan operasi telekomunikasi radio dan navigasi.
- b. Prakiraan keadaan meteorologi dengan memperhitungkan kemungkinan terjadinya penyimpangan-penyimpangan atau keadaan ekstrem dalam atmosfer atau cuaca.

Prakiraan jangka panjang meliputi prakiraan tentang daur (siklus) kebintikan matahari, yaitu memprakirakan kapan dan bagaimana sifat kebintikan maksimum atau minimum dalam periode yang akan datang. Prakiraan jangka panjang ini di antaranya berguna bagi:

- a. Prakiraan datangnya musim kemarau atau musim hujan yang luar biasa.

- b. Prakiraan tentang jumlah, intensitas dan sifat-sifat siklon tropis dan lintasannya.
- c. Prakiraan tentang kepadatan ion dan ketinggian berbagai lapisan ionosfer agar penggunaan gelombang radio untuk hubungan telekomunikasi dapat diatur dan disusun jauh sebelumnya.
- d. Prakiraan tentang kadar zat-zat radioaktif dalam udara dan kadar ozon yang dapat mempengaruhi pola kehidupan dan iklim di bumi.

## **BIBLIOGRAFI**

1. Donald H. Menzel: "Our Sun" Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, 1959.
2. C. M. Minnis "Annal Of The IQSY, Vol, I" International Council of Scientific Unions The M.I.T. Press, 1968.
3. R. Susanto: "Pengaruh Kegiatan Matahari Terhadap Cuaca" Almanak NUBIKA PUSNUBIKA YNI-AD, 1978 – 1979.