

Aktivitas Matahari	Flare Matahari				Lontaran Massa Korona (CME)		Angin Matahari	Sinar Kosmik Galaksi	
Efek Sekunder	Emisi X-Ray	Emisi UV	Semburan radio	Solar Energetic Proton (SEP)	Plasma	Solar Energetic Proton (SEP)	Peningkatan Sabuk Radiasi		
Efek di Bumi	Peningkatan Densitas Ionosfer	Gangguan Ionosfer			Badai Geomagnet		Aurora	Radiasi	Sintilasi
Sistem Terkait Penerbangan	Penumpang dan Awak Pesawat			X	X	X		X	
	Avionik			X	X	X		X	
	Komunikasi HF	X	X		X	X			X
	GPS/Glonass/Galileo/WAAS/EGNOS/MSAS	X	X	X	X	X	X		X
	Satelit (Navigasi/Komunikasi)	X	X	X	X	X	X	X	X
	Komunikasi LF	X		X		X			
	Sistem ATC		X			X			

**Tabel 1.** Matriks efek cuaca antariksa terhadap penumpang dan awak pesawat, layanan, dan sistem penerbangan. (Sumber: George Washington University-Space policy Institute)

Amerika Serikat juga terpengaruh. Selama periode 15 jam pada tanggal 29 Oktober dan periode 11 jam pada 30 Oktober, WAAS tidak dapat digunakan untuk tahap *precision approaches* saat pesawat akan mendarat. Hal ini disebabkan lapisan ionosfer sangat terganggu akibat badai Matahari hingga *vertical error limit* dari sistem WAAS tersebut melebihi batas aman yang sudah ditentukan.

Pada tahun 2006, saat aktivitas Matahari rendah, terjadi semburan radio Matahari terbesar yang pernah tercatat. Hal ini menyebabkan gangguan penerimaan sinyal GPS. Di beberapa lokasi dilaporkan bahwa navigasi GPS tidak

tersedia selama 30 menit dan beberapa pesawat terbang melaporkan *loss of lock* atau penerima sinyal GPS tidak dapat lagi menjejak sinyal secara akurat. Contoh lain, suatu sore pada tanggal 4 November 2015, semburan radio Matahari menyebabkan gangguan yang cukup intensif di seluruh *Air Traffic Control* (ATC) atau pengatur lalu lintas udara, ketika radar di Belgia, Estonia, dan Swedia mendeteksi munculnya banyak pantulan (*echoes*). Di selatan Swedia, akibat banyaknya pantulan tersebut menyebabkan sistem ATC dimatikan selama beberapa jam sehingga mengganggu penerbangan di ruang udara Swedia.

## Peran LAPAN

Pusat Sains Antariksa LAPAN dengan layanan *Space Weather Information and Forecast Services* (SWIFtS) sebagai satu-satunya lembaga pemerintah yang bertugas memberikan layanan cuaca antariksa telah mempersiapkan layanan cuaca antariksa untuk penerbangan sejak tahun 2019 dan hingga saat ini masih terus dikembangkan ([swifts.sains.lapan.go.id](http://swifts.sains.lapan.go.id)). Selain itu, SWIFtS sebagai salah satu *Regional Warning Center* (RWC) anggota negara-negara penyedia layanan cuaca antariksa dalam *International Space Environment Service* (ISES) juga sedang menjajaki kerja sama dengan salah satu konsorsium ICAO *Global Space Weather Center*, yaitu ACJF, terutama dengan *Space Weather Service* (SWS) Australia dan *Space Weather Forecast Center* (SWFC) Jepang. Kerja sama yang sedang dijajaki adalah penyediaan data, informasi, dan prediksi terkait komunikasi HF dan navigasi untuk penerbangan. Kontribusi LAPAN, baik di dalam ataupun di luar negeri, diharapkan dapat turut meningkatkan keamanan dan keselamatan bagi penerbangan sipil.

## ASTRONOMI

# Dampak Gerhana Matahari Total pada Medan Magnet Bumi

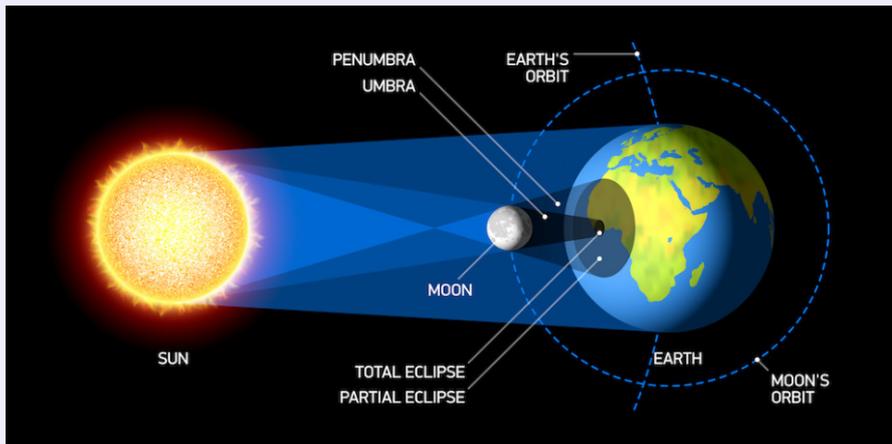
Oleh

F. Nuraeni | Pussainsa OR-PA BRIN

Gerhana Matahari merupakan fenomena antariksa yang sangat menarik dan jarang terjadi. Kejadian gerhana Matahari dapat diamati hanya dalam orde menit di beberapa

bagian dunia saja. Hal itulah yang membuat para pemburu gerhana Matahari berkelana ke seluruh dunia untuk dapat menyaksikan fenomena tersebut. Secara umum, gerhana Matahari terjadi ketika Bulan bergerak di antara Bumi dan Matahari, sehingga sinar Matahari terhalang oleh Bulan dan menciptakan bayangan

di beberapa bagian permukaan Bumi. Hal ini terjadi jika Matahari, Bulan, dan Bumi sejajar berada pada satu garis lurus. Meskipun begitu, tetap saja hanya beberapa area permukaan Bumi yang akan tertutupi oleh bayangan Bulan pada saat gerhana Matahari, karena Bulan tidak cukup besar untuk menghalangi seluruh sinar



**Gambar 1.** Skema gerhana Matahari. (Sumber:

[www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/55279-solar-eclipse](http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/55279-solar-eclipse))

yang dipancarkan Matahari. Selain itu, area yang terhalang pun akan berubah selama gerhana berlangsung. Hal tersebut karena Bumi dan Bulan terus bergerak konstan.

Selain fenomena optik, gerhana Matahari juga mempengaruhi dinamika partikel di sistem Bumi. Sehari-hari, Bumi dibanjiri oleh partikel bermuatan dari Matahari yang kemudian dibelokkan ataupun diperlambat oleh magnetosfer. Aliran kontinu partikel bermuatan dari Matahari ini menuju medium antarplanet yang mencapai orbit Bumi. Gerak partikel bermuatan tersebut membangkitkan medan magnet induksi yang merupakan sumber gangguan bagi medan magnet Bumi. Aliran partikel bermuatan tersebut dikenal sebagai angin surya dan medan magnet induksinya dikenal sebagai medan magnet antarplanet (IMF). Secara umum, interaksi antara medan dipol Bumi dengan angin surya dan IMF mengakibatkan terbentuknya magnetosfer. Efek dari tekanan dinamis angin surya mengakibatkan terbentuknya magnetopause yang merupakan daerah batas antara magnetosfer dan ruang antarplanet. Interaksi ini memodifikasi geometri dipol medan magnet Bumi dimana pada belahan siang mengalami

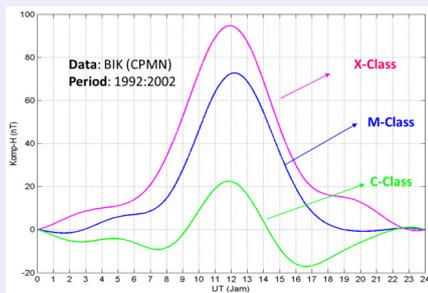
kompresi sedangkan pada belahan malam membentuk ekor. Konsekuensi lain dari interaksi tersebut adalah terbentuknya berbagai sistem arus di magnetosfer dan ionosfer Bumi. Pada sisi lain, keberadaan IMF memungkinkan terjadinya rekoneksi garis medan magnet antarplanet dengan medan magnet Bumi. Pada umumnya, rekoneksi garis medan terjadi pada kondisi ketika polaritas IMF menuju arah selatan berlawanan dengan medan magnet Bumi yang memiliki polaritas menuju utara. Perubahan geometri dipol tertutup menjadi geometri terbuka akibat rekoneksi medan magnet mengakibatkan partikel angin surya dapat secara langsung terinjeksi ke magnetosfer Bumi.

Fluktuasi kontinu IMF dan parameter angin surya (kecepatan dan kerapatan angin surya) menimbulkan gangguan kontinu pada medan magnet Bumi. Gangguan tersebut dapat diamati melalui data rekaman magnetometer berupa perubahan variasi Sq geomagnet pada komponen horizontal medan magnet yang berkaitan dengan kekuatan arus yang mengalir di ionosfer Bumi. Pada kondisi normal, variasi Sq geomagnet bergantung pada waktu lokal

yang memiliki puncak sekitar tengah hari waktu lokal. Hal tersebut berkaitan dengan ionisasi yang terjadi di ionosfer yang memengaruhi arus dinamo yang merupakan salah satu arus yang berkontribusi pada pola variasi harian geomagnet.

Selama berlangsungnya gerhana Matahari arah gerak partikel-partikel angin surya pada orbit Bulan terhalangi oleh Bulan untuk rentang waktu tertentu. Oleh karena itu, selama rentang waktu GMT dengan asumsi tidak ada gangguan magnetik, maka arus variasi Sq mengalami perubahan yang signifikan. Hal ini adalah kebalikan dari fenomena *flare*. Ketika terjadi *flare*, Matahari memancarkan radiasi elektromagnet yang berlangsung dalam orde menit hingga jam, dampaknya akan langsung terasa di Bumi dalam hitungan menit di ionosfer lapisan D dan E. Sedangkan pada medan geomagnet, dampaknya tidak terlihat sebagai gangguan, melainkan berupa peningkatan amplitude/puncak variasi Sq-nya, hal ini karena perubahan sementara pada konduktivitas ionosfer yang meningkatkan arus dinamo.

Berbeda dengan ketika terjadi gerhana Matahari, arah gerak partikel-partikel angin surya pada orbit Bulan untuk rentang waktu tertentu terhalangi oleh Bulan akan menyebabkan puncak/amplitude variasi Sq geomagnet menurun. Pada saat terjadi gerhana Matahari, kebalikan dari kejadian pada peristiwa *flare* terjadi, konduktivitas lokal ionosfer daerah yang tertutupi gerhana sementara akan menurun. Terbukti dengan hasil pengukuran medan magnet yang dilakukan oleh beberapa peneliti Pusat

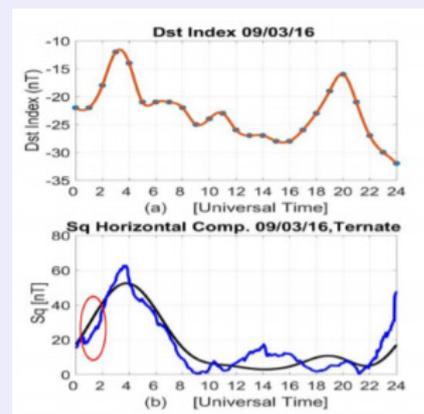


**Gambar 2.** Variasi Sq geomagnet untuk kelas-kelas flare (sumber: Musafar, 2013)

Riset Antariksa pada saat terjadi gerhana pada 9 Maret 2016 lalu. Terekam adanya penurunan amplitude variasi Sq komponen horizontal arah Utara-Selatan yang terjadi selama rentang waktu peristiwa gerhana dapat dilihat pada Gambar 3.

Selain itu, juga terjadi peningkatan kerapatan partikel angin surya pada daerah sekitar Bulan di belahan menghadap Matahari. Pada akhir GMT, partikel-partikel tersebut

dibebaskan menuju daerah tertentu magnetopause sekitar lokasi yang mengalami GMT. Efek ini akan mengakibatkan peningkatan gangguan magnetik. Hal tersebut juga akan disertai dengan peningkatan secara tiba-tiba ionisasi ionosfer yang terkait dengan peningkatan sinar UVI di akhir GMT. Hal lainnya yang dapat muncul berupa pulsa magnet dalam rentang gelombang ULF. Perubahan tekanan dinamis angin surya yang terjadi karena adanya perubahan kecepatan dan densitas angin surya selama beberapa waktu pada saat gerhana dapat menimbulkan ketidakstabilan pada permukaan magnetopause yang selanjutnya membangkitkan gelombang ULF pada berbagai rentang frekuensi. Penelitian terkait dampak dari gerhana Matahari masih terus



**Gambar 3.** Hasil pengukuran medan magnet komponen Utara-Selatan pada 9 Maret 2016. Lingkaran merah adalah penurunan nilai medan magnet pada saat gerhana Matahari total. (Sumber: Ruhimat, dkk, 2016)

dilakukan untuk memperoleh hasil dan penjelasan yang lebih baik untuk lebih memahami dan menghindari dampak yang mengganggu kehidupan di Bumi.

**ASTRONOMI**

# Sejarah Astronomi Radio

Oleh

**M. Husna** | ITB

**& F. Mumtahana** | Pussainsa OR-PA BRIN

Selama ratusan bahkan ribuan tahun, pengamatan objek langit yang dilakukan terbatas hanya pada cahaya tampak saja. Kemudian istilah baru muncul di cabang ilmu astronomi yaitu astronomi radio. Cabang ilmu ini relatif muda, lahir sekitar awal abad ke-20. Frekuensi gelombang radio yang bisa menembus atmosfer Bumi berkisar dari panjang gelombang beberapa milimeter hingga hampir 100 meter. Biasanya teleskop radio mendeteksi sumber yang lemah, karena intensitas sumber yang sampai ke Bumi sangat kecil dibandingkan dengan radiasi

yang diterima dalam cahaya tampak, mengharuskan teleskop radio memiliki area pengumpulan sinyal yang besar.

Astronomi radio sendiri ditemukan secara tidak sengaja oleh Karl Jansky, seorang insinyur radio di Laboratorium telepon Bell, 1928. Jansky ditugaskan untuk mempelajari interferensi frekuensi radio dari badai petir untuk membantu Bell merancang antena yang akan meminimalkan statis. Statis adalah istilah yang digunakan oleh insinyur radio untuk kebisingan yang dihasilkan oleh radiasi frekuensi radio tidak termodulasi, saat sinyal radio telepon melintasi lautan. Jansky mengklasifikasikannya menjadi 3 kriteria, dua di antaranya berasal dari badai petir dekat dan jauh,

dan satu sumber statis yang berbeda.

Jansky melakukan pengamatan lebih akurat dan menemukan radiasi pada panjang gelombang 14,6 m ( $\nu = 20,5$  MHz), dengan instrumen buatannya yang dijuluki "Jansky's Merry-go-round". Awalnya Jansky mengira sumber yang diamatinya adalah Matahari, tetapi ia mengamati bahwa radiasi memuncak sekitar 4 menit lebih awal setiap harinya. Karena hal tersebut, Jansky menyimpulkan bahwa sumber radiasi ini harus lebih jauh dari Matahari atau berada di luar tata surya kita. Jansky melanjutkan pengamatannya dan mengidentifikasi sumbernya berasal dari rasi Sagitarius di