

# CUACA ANTARIKSA DAN PENGARUHNYA TERHADAP KESEHATAN, IKLIM DAN SISTEM GPS

Maya Nirwana

Program Sarjana Sains Atmosfer dan Keplanetan, Institut Teknologi Sumatera  
Jl. Terusan Ryacudu, Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan

**Abstrak.** Cuaca antariksa bermula dari permukaan matahari yang merupakan sumber dari energi radiasi dan partikel yang mencapai bumi. Aktivitas matahari membuat radiasi dan partikel yang keluar dari matahari bervariasi, yang mengakibatkan perubahan sangat bervariasi pada lingkungan antariksa dekat bumi, dan juga permukaan bumi. Peristiwa flare dan lontaran massa korona (coronal mass ejection/CME) di matahari merupakan faktor cuaca antariksa yang menjadi perhatian utama yang dapat berpengaruh pada kehidupan di bumi. Tujuan Artikel ini adalah untuk Memberikan pengetahuan baru mengenai dampak cuaca antariksa terhadap Kesehatan, iklim dan system GPS. Hasil yang dicapai diketahui bahwa dampak cuaca antariksa mampu mempengaruhi performa, dan rehabilitas sistem teknologi yang berbasis interaksi seperti GPS dan landas bumi, selain itu juga mampu membawa dampak terhadap kehidupan umat manusia dalam berbagai aspek, contohnya Kesehatan dan iklim. Di dalam bidang Kesehatan cuaca antariksa memiliki pengaruh yang cukup signifikan, bahwa selama periode gangguan cuaca antariksa yang kuat, jumlah pasien rawat inap dengan penyakit saraf, myocardial infarcts, serangan otak, psycho-neurological diseases, serta upaya bunuh diri mengalami peningkatan. Durasi minimum matahari juga dapat berdampak pada iklim bumi, ada teori bahwa sinar kosmik dapat membuat situs nukleasi di atmosfer yang menghasilkan pembentukan awan benih dan menciptakan kondisi yang lebih keruh dan Ketidakstabilan skala yang lebih kecil atau gelembung, menyebabkan sinyal GPS menjadi gemerlap seperti gelombang di permukaan air yang akan mengganggu dan menyebarkan jalur cahaya saat melewatinya.

*Kata kunci : cuaca antariksa, matahari, Kesehatan, iklim, GPS*

## 1. PENDAHULUAN

Interaksi antar benda luar angkasa akan memberikan pengaruh pada kehidupan di bumi, untuk itu yang menjadi alasan mendasar mengapa mempelajari tingkah laku alam semesta sangat menarik untuk dikaji lebih dalam. Tata surya yang ber bintang induk matahari, memberikan berbagai fenomena antariksa yang dapat diamati dan tentunya akan berdampak pada kehidupan di bumi. Adapun dampak yang akan ditimbulkan dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung. Namun, dampak akibat fenomena luar angkasa tersebut harus dapat diminimalisir serta dicegah dampak negatifnya. Karena pada dasarnya mencegah lebih baik daripada mengobati, untuk itu penting bagi kita civitas akademika untuk mengetahui dan mempelajari fenomena luar angkasa yang mungkin terjadi, seperti badai geomagnetik.

Badai geomagnetik bukanlah suatu fenomena yang baru. Badai geomagnetik menjadi pembahasan yang menarik hal tersebut dikarenakan dampak dari badai geomagnetik dapat mempengaruhi berbagai sektor kehidupan seperti teknologi, sistem komunikasi, social, ekonomi bahkan dalam bidang kesehatan. Cuaca antariksa sangat dipengaruhi oleh aktivitas matahari yang ditandai dengan keluarnya bintik matahari atau sunspot, kemunculannya di permukaan matahari menimbulkan ledakan matahari berupa flare dan Coronal Mass Ejection (CME). Flare berupa pengecap api yang ditimbulkan pelepasan

partikel energi tinggi (10<sup>9</sup>-10<sup>25</sup> Joule) yang berasal dari sunspot pada permukaan matahari. CME terdiri atas plasma serta medan magnetik yang digerakkan oleh angin matahari menggunakan kecepatan tinggi yang berkisar antara 50 km/detik hingga 2000 km/detik. CME ini akan sampai di bumi setelah 1-4 hari yang dapat menyebabkan gangguan pada magnetosfer dan ionosfer bumi. Gangguan di magnetosfer bumi diklaim sebagai badai geomagnet, sedangkan gangguan di ionosfer diklaim sebagai badai ionosfer. Untuk itu, disini akan dibahas mengenai pengaruh badai geomagnetik terhadap kehidupan di bumi, berdasarkan referensi ilmiah yakni jurnal ilmiah. Tujuan ditulisnya artikel ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan baru mengenai cuaca antariksa.
2. Mengetahui dampak cuaca antariksa terhadap kesehatan, iklim dan sistem GPS.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Cuaca Antariksa**

Cuaca antariksa bermula dari permukaan matahari, merupakan sumber dari tenaga radiasi dan partikel yg mencapai bumi. kegiatan surya menghasilkan radiasi serta partikel keluar dari surya sangat bervariasi, mengakibatkan perubahan yang bervariasi di lingkungan antariksa dekat bumi, serta bagian atas bumi juga. Peristiwa flare serta lontaran massa korona (coronal mass ejection/CME) di surya adalah faktor cuaca antariksa yang menjadi perhatian primer, terlebih CME, karena CME bisa menyebabkan naiknya kecepatan serta kerapatan angin surya secara tiba-tiba. Meskipun demikian variasi jangka panjang pada emisi surya, meskipun tidak mengakibatkan pengaruh cuaca antariksa yang seketika, juga sangat membantu pada memahami proses-proses yang terjadi di kembali variasi jangka pendeknya.

Perubahan radiasi matahari memengaruhi syarat atmosfer atas serta ionosfer melalui eksitasi serta ionisasi atom dan molekul. Emisi partikel asal surya meliputi partikel energetik dan plasma tenaga rendah yg menghasilkan angin matahari. di ketika partikel dan medan elektromagnet keluar asal matahari, keduanya akan berevolusi terutama pada saat berinteraksi dengan medan magnet antar planet. Angin matahari keluar asal matahari dan akhirnya akan mencapai bumi. Plasma serta medan magnetnya akan berinteraksi menggunakan atmosfer serta lalu medan magnet bumi membuat magnetosfer. bagian atas wilayah ini dianggap sebagai magnetopause. Magnetopause akan menunda tenaga yg dibawa oleh angin matahari supaya tidak memasuki magnetosfer. dalam syarat normal tenaga yg menembus magnetopause disimpan dalam bentuk partikel dan medan magnet magnetosfer. akan tetapi, pada syarat tertentu, tenaga ini akan dapat dilepaskan secara impulsif ke atmosfer bumi. pelepasan tenaga secara impulsif ini diklaim sebagai magnetospheric substorm, yg terlihat dengan keluarnya aurora serta per-tambahan aliran partikel di ionosfer yang kuat. Selama substorm ini medan magnet pada magnetosfer akan segera menghasilkan konfigurasi baru, dan akan balik ke kondisi semula pada waktu yang lebih lama (Yatini, 2008:).

### **2.2 Dampak Aktivitas Matahari**

Selain memancarkan gelombang elektromagnetik, Matahari juga melepaskan partikel berenergi tinggi. Aliran partikel berenergi tinggi dari Matahari tersebar ke seluruh penjuru tata surya seperti hembusan angin di Bumi. Aliran partikel ini disebut angin surya. Angin surya mengandung partikel-partikel bermuatan listrik yang dapat mempengaruhi dinamika cuaca antariksa. Angin surya dapat berhembus dengan kecepatan yang lebih tinggi dari biasanya setelah terjadi CME atau saat terdapat lubang korona di Matahari.

### 2.2.1 Semburan radio Matahari

Perubahan jumlah dan laju partikel yang terlontar dari Matahari menyebabkan berubahnya kondisi plasma di atmosfer Matahari. Gangguan ini menyebabkan dipancarkannya gelombang elektromagnetik pada rentang panjang gelombang radio yang disebut semburan radio Matahari (solar radio burst). Karakteristik sinyal semburan radio Matahari dapat digunakan untuk menentukan kecepatan partikel berenergi tinggi yang akan sampai ke Bumi. Di LAPAN, peneliti menggunakan radiospektrograf untuk menentukan waktu kedatangan partikel berenergi tinggi ke Bumi.

### 2.2.2 Badai Matahari dan CIR

CME dan flare akan menyebabkan peningkatan intensitas dan kecepatan angin surya serta radiasi gelombang elektromagnetik. CME dan flare lazim disebut badai Matahari. Badai Matahari bisa langsung berdampak pada wahana antariksa termasuk yang berada di ruang antarplanet (di luar magnetosfer) melalui badai partikel (SPE) atau berdampak secara tidak langsung melalui badai geomagnet jika CME berinteraksi dengan magnetosfer pada kondisi yang tepat. CIR juga bisa langsung berdampak pada wahana antariksa melalui partikel energetik yang ditimbulkannya dan memicu badai geomagnet. Bukan hanya teknologi di ruang angkasa, badai geomagnet juga dapat mengganggu bahkan merusak teknologi di permukaan Bumi. Astronot dan penumpang pesawat yang melintasi daerah kutub bisa terganggu secara langsung akibat radiasi EM dan partikel. Badai geomagnet dapat diikuti dengan badai ionosfer.



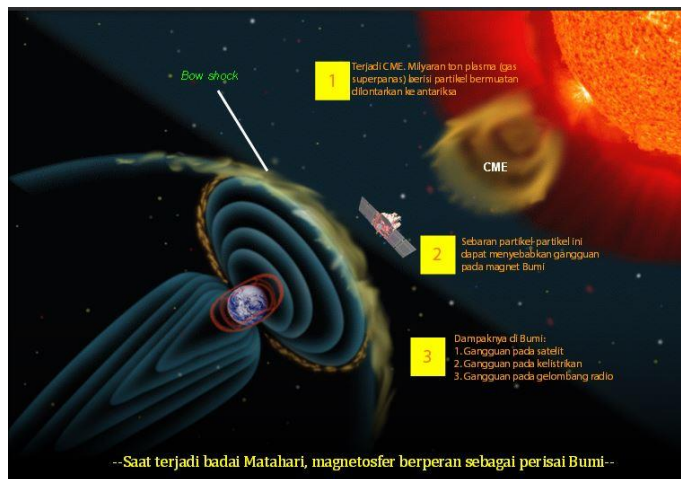
Gambar 2.2.2 CME pada tanggal 27 Februari 2000

### 2.2.3 Gangguan sistem dan orbit wahana antariksa

Aktivitas Matahari bisa mengakibatkan anomali satelit. Sebuah proton relativistik yang ditimbulkan oleh badai Matahari dapat langsung merusak komponen elektronik satelit melalui mekanisme single event upset (SEU). Elektron energetik (baik yang relativistik maupun yang energinya lebih rendah) dapat menimbulkan pemuatan (charging) pada satelit yang jika diikuti dengan pelepasan muatan (discharging) dapat mengakibatkan kerusakan fatal. Gangguan cuaca antariksa juga dapat menyebabkan penurunan ketinggian orbit satelit dan berkurangnya akurasi prediksi orbit sehingga meningkatkan resiko tubrukan antar benda buatan.

## 2.3 Magnetosfer

Medan magnet Bumi menjangkau ribuan kilometer ke antariksa. Medan magnet ini membentuk daerah magnetik yang menyelubungi Bumi. Daerah ini disebut magnetosfer. Bagi Bumi, magnetosfer seperti perisai yang melindunginya dari serangan partikel bermuatan akibat aktivitas Matahari. Karena adanya tekanan angin surya, magnetosfer berbentuk menyerupai komet. Di bagian yang menghadap Matahari, magnetosfer terkompresi dan garis-garis gaya magnetnya sekitar 10 kali jari-jari Bumi. Pada sisi malam Bumi, magnetosfer membentang hingga 100 kali jari-jari Bumi sehingga bentuknya seperti ekor komet yang dinamakan magnetotail. Magnetosfer laksana perisai Bumi yang mampu meredam terjangan radiasi berbahaya dari partikel-partikel yang dipancarkan Matahari seperti partikel alfa, beta, dan elektron serta ion berenergi tinggi (Yatini, DAMPAK AKTIVITAS MATAHARI TERHADAP CUACA ANTARIKSA, 2008).



Gambar 2.3 Magnetopause dibentuk oleh medan magnet bumi, dan melindungi bumi dari partikel dari matahari

## 2.4 Cuaca Luar Angkasa Dan Sistem GPS

Penggunaan sistem navigasi radio satelit frekuensi tunggal dan ganda, seperti Global Positioning System (GPS), telah berkembang secara cepat. Penerima GPS sekarang ada di hampir setiap ponsel dan di banyak mobil, truk, dan peralatan apa pun yang bergerak dan membutuhkan pengukuran lokasi yang akurat. Sistem GPS frekuensi ganda presisi tinggi digunakan untuk pertanian, konstruksi, eksplorasi, survei, penghilangan salju, dan banyak aplikasi lain yang penting bagi masyarakat. Sistem navigasi satelit lain di orbit termasuk sistem Galileo Eropa dan sistem GLONASS Rusia. Ada beberapa cara di mana cuaca luar angkasa memengaruhi fungsi GPS. Sinyal radio GPS berjalan dari satelit ke penerima di darat, melewati ionosfer bumi. Plasma bermuatan ionosfer membelokkan jalur sinyal radio GPS mirip dengan cara lensa membelokkan jalur cahaya. Jika cuaca luar angkasa tidak ada, sistem GPS mengimbangi ionosfer.

Dalam kondisi tenang, sistem GPS frekuensi tunggal dapat memberikan informasi posisi dengan akurasi satu meter atau kurang. Selama badai cuaca antariksa yang parah, kesalahan ini dapat meningkat hingga puluhan meter atau lebih. Dua sinyal GPS yang berbeda digunakan untuk mengkaraktiriasi ionosfer dengan lebih baik dan menghilangkan dampaknya pada kalkulasi posisi. Tetapi ketika ionosfer menjadi sangat terganggu, penerima GPS tidak dapat mengunci sinyal satelit dan informasi posisi menjadi tidak akurat. Badai geomagnetik menciptakan gangguan besar di ionosfer. Arus dan energi yang dibawa oleh badai geomagnetik meningkatkan ionosfer dan meningkatkan jumlah elektron ionosfer yang terintegrasi dengan tinggi total, atau Jumlah Elektron Total (TEC).

Di dekat ekuator magnet bumi terdapat sistem arus dan medan listrik yang menciptakan ketidakstabilan di ionosfer. Ketidakstabilan paling parah terjadi setelah matahari terbenam. Ketidakstabilan skala yang lebih kecil (puluhan kilometer), atau gelembung, menyebabkan sinyal GPS menjadi gemerlap seperti gelombang di permukaan air yang akan mengganggu dan menyebarkan jalur cahaya saat melewatinya (Wilsin Slnambela, 2010).

## 2.5 Dampak Cuaca Antariksa Pada Iklim

Cuaca antariksa dan cuaca terrestrial (cuaca yang kita rasakan dipermukaan) dipengaruhi oleh perubahan kecil yang dialami Matahari selama siklus Matahari. Dampak terpenting Matahari di Bumi adalah dari kecerahan atau iradiasi Matahari itu sendiri. Matahari menghasilkan energi dalam bentuk foton cahaya. Variabilitas keluaran Matahari bergantung pada panjang gelombang; panjang gelombang yang berbeda memiliki variabilitas yang lebih tinggi dari yang lain. Sebagian besar energi dari Matahari dipancarkan dalam panjang gelombang tampak (kira-kira 400 - 800 nanometer (nm)). Keluaran dari matahari dalam panjang gelombang ini hampir konstan dan berubah hanya satu bagian dalam seribu (0,1%) selama siklus matahari 11 tahun. Pada panjang gelombang Ultraviolet atau UV (120 - 400 nm), variabilitas penyinaran matahari lebih besar selama siklus matahari, dengan perubahan hingga 15%. Ini berdampak signifikan pada penyerapan energi oleh ozon dan di stratosfer. Pada panjang gelombang yang lebih pendek, seperti Ultraviolet Ekstrem (EUV), Matahari berubah sebesar 30% - 300% dalam rentang waktu yang sangat singkat (yaitu menit). Panjang gelombang ini diserap di atmosfer atas sehingga berdampak minimal pada iklim Bumi. Di ujung lain spektrum cahaya, pada panjang gelombang Inframerah (IR) (800 - 10.000 nm), Matahari sangat stabil dan hanya berubah satu persen atau kurang selama siklus matahari. Total energi yang terintegrasi dengan panjang gelombang dari sinar matahari disebut sebagai Total Solar Irradiance (TSI). Ini diukur dari satelit menjadi sekitar 1365,5 Watt / m<sup>2</sup> pada matahari minimum hingga 1366,5 Watt / m<sup>2</sup> pada maksimum matahari. Peningkatan 0,1% di TSI mewakili sekitar 1,3 Watt / m<sup>2</sup> perubahan input energi di bagian atas atmosfer. Energi ini tersebar, dipantulkan, dan diserap di berbagai ketinggian di atmosfer. Durasi minimum matahari juga dapat berdampak pada iklim bumi. Terdapat teori bahwa sinar kosmik dapat membuat situs nukleasi di atmosfer yang menghasilkan pembentukan awan benih dan menciptakan kondisi yang lebih keruh (Muslim, 2013).

## 2.6 Dampak Cuaca Antariksa Terhadap Kesehatan

Dalam sektor sistem ekologi dan biologi menunjukkan bahwa aktivitas matahari dan geomagnet memiliki pengaruh yang cukup signifikan. Hal tersebut memainkan peranan yang sangat penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Salah satu dampak negatif dari badai geomagnetik ialah kesehatan khususnya sistem saraf manusia. Hasil studi rinci, yang diterbitkan dalam **Biofizika** (J. Biophysics) menunjukkan bahwa selama periode gangguan geomagnetik yang kuat, jumlah pasien rawat inap dengan penyakit saraf, myocardial infarcts, serangan otak, psycho-neurological diseases, serta upaya bunuh diri mengalami peningkatan.

Pada jurnal (Babayev & Allahverdiyeva, 2005) penyelidikan mereka mengungkapkan bahwa selama badai geomagnetik yang parah, sebagian besar pasien yang diuji menunjukkan ketidaksukaan, kelemahan, atau adanya sakit kepala lokal yang tidak jelas. Hasil yang diperoleh juga membuktikan adanya perubahan signifikan dalam aktivitas otak manusia selama badai geomagnetik yang parah, yang mencerminkan terdapatnya pelanggaran fungsi pada mekanisme integratif pusat dan proses lokal regulasi otak. Tidak hanya pada pusat otak saja, tetapi sistem saraf vegetatif manusia juga sangat peka atau

responsif terhadap gangguan geomagnetik ini. Berdasarkan penelitian electroencephalogram (EEG), dikatakan bahwa sistem saraf pasien merespons dan menunjukkan *diphasic reaction* yakni reaksi unik dari seseorang fobia darah berupa peningkatan detak jantung, tekanan darah, diikuti dengan penurunan yang cepat, hingga pingsan. Pada pemeriksaan lainnya, darah pasien yang diperiksa juga memberikan hasil yang menarik. Viskositas darah selama badai geomagnetik meningkat tajam bahkan dalam beberapa kasus hampir dua kali lipat.

## KESIMPULAN

Matahari menjadi sumber energi terbesar di dalam tata surya. Hampir seluruh fenomena yang terjadi di tata surya berkaitan dengan matahari. Cuaca antariksa merupakan hal yang bermula dari aktivitas pada permukaan matahari. Aktivitas yang terjadi di matahari memegang peranan penting dalam cuaca antariksa, dimana hal yang menjadi faktor penyebabnya ialah lontaran massa bermuatan yang terjadi akibat aktivitas matahari tersebut. Cuaca antariksa sendiri merupakan keadaan matahari yang berpengaruh terhadap magnetosfer bumi, dan lapisan atmosfer atas, dimana dampaknya mampu mempengaruhi performa, dan rehabilitas sistem teknologi yang berbasis interaksi dan landas bumi, selain itu juga mampu membawa dampak terhadap kehidupan umat manusia dalam berbagai aspek, contohnya Kesehatan. Di dalam bidang Kesehatan cuaca antariksa memiliki pengaruh yang cukup signifikan, bahwa selama periode gangguan cuaca antariksa yang kuat, jumlah pasien rawat inap dengan penyakit saraf, myocardial infarcts, serangan otak, psycho-neurological diseases, serta upaya bunuh diri mengalami peningkatan. Durasi minimum matahari juga dapat berdampak pada iklim bumi, ada teori bahwa sinar kosmik dapat membuat situs nukleasi di atmosfer yang menghasilkan pembentukan awan benih dan menciptakan kondisi yang lebih keruh dan Ketidakstabilan skala yang lebih kecil atau gelembung, menyebabkan sinyal GPS menjadi gemerlap seperti gelombang di permukaan air yang akan mengganggu dan menyebarkan jalur cahaya saat melewatinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Babayev, E. S., & Allahverdiyeva, A. A. (2005). Geomagnetic Storms and their Influence on the Human Brain Functional State . *Revista CENIC Ciencias Biológicas*.
- [2] Muslim, B. (2013, Mei). PENGARUH BADAI MATAHARI OKTOBER 2003 PADA IONOSFER DARI TEC GIM. *Jurnal Fisika, Vol. 3*(No. 1), 63-69.
- [3] Wilsin Slnambela, I. E. (2010). DAMPAK CUACA ANTARIKSA PADA VARIABILITAS IKLIM. *Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa*(574), 1-14.
- [4] Yatini, C. Y. (2008). DAMPAK AKTIVITAS MATAHARI TERHADAP CUACA ANTARIKSA. *Penelitian Matahari yang Mendukung Penelitian*, 1-7.
- [5] Yatini, C. Y. (2008, Maret). CUACA ANTARIKSA. *Berita Dirgantara, Vol. 9*(No. 1), 20-24.