



Buletin
Cuaca Antariksa
ISSN 2303-2707

AURORA

Indikator visual gangguan cuaca antariksa

SINTILASI DAN E-SPORADIS

Sintilasi ionosfer siang hari

GELEMBUNG PLASMA IONOSFER

Relasi kuat PRE dan kemunculan gelembung plasma

AKURASI, INTEGRITI, KONTINUITI, AVAILABILITI

Keandalan sistem navigasi berbasis satelit

AERONOMI

Aurora

Indikator visual gangguan cuaca antariksa

Oleh

A. Winarko | Pussainsa LAPAN

Aurora, atau dikenal juga sebagai *polar lights* (cahaya kutub) atau *northern/southern lights* (cahaya utara/selatan), adalah pendar lapisan cahaya alami berwarna-warni yang banyak terjadi di lintang tinggi dan kadang-kadang hingga ke lintang menengah. Dalam mitologi Skandinavia, dikatakan bahwa aurora adalah jembatan yang menghubungkan *Midgard* (dunia manusia) dengan *Asgard* (alam dewa) dan dijaga oleh dewa Heimdall. Dalam bukunya "Meteorologica" yang ditulis lebih dari 2.350 tahun yang lalu, Aristoteles mendeskripsikan fenomena cahaya di langit utara sebagai "letupan api di langit akibat gas yang terbakar". Istilah *Aurora Borealis* dicetuskan oleh Galileo pada 1621. Nama *Aurora* diambil dari dewi fajar bangsa Romawi, sedangkan *Boreas* adalah dewa angin utara bangsa Yunani.

Awalnya aurora dianggap hanya muncul di belahan utara Bumi saja, tetapi James Cook mengamati fenomena yang sama di belahan selatan Bumi dan menyebutnya *Aurora Australis*. Pada 1716, Edmund Halley mengamati aurora dan memublikasikan teori bahwa aurora berkaitan dengan garis medan magnet Bumi dan berhipotesis bahwa atom magnetik bergerak menembus Bumi. Kemudian pada 1778, Benjamin Franklin mengusulkan teori awan potensial listrik sebagai penyebab aurora. Observasi dan penelitian

terhadap aurora terus berlanjut, tetapi belum ada kemajuan yang signifikan hingga pada pertengahan abad 19 fenomena cuaca antariksa mulai menarik perhatian dalam hal efek yang ditimbulkannya.

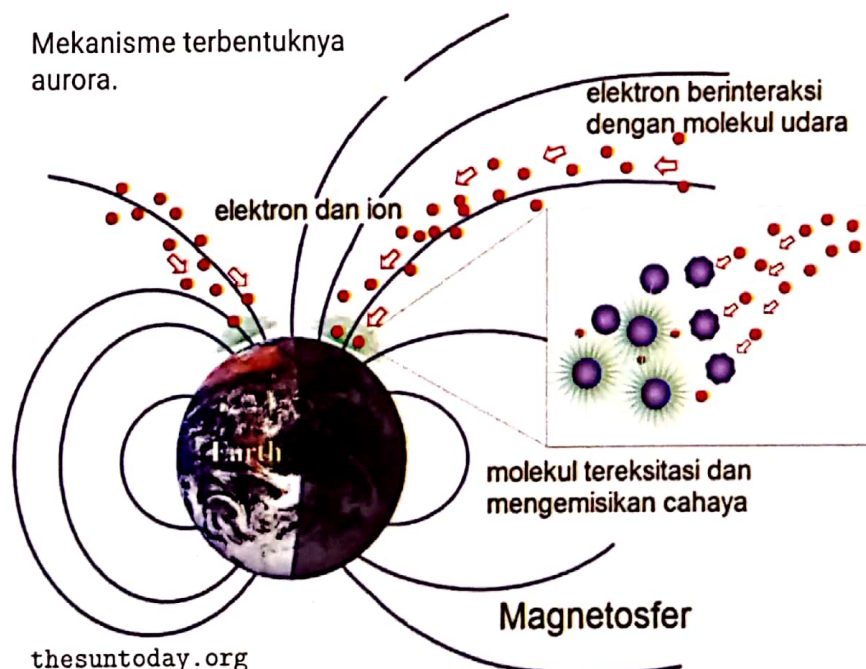
Pengamatan efek cuaca antariksa dimulai saat Carrington mengamati area bintik Matahari berukuran besar pada tahun 1859. Dari pengamatan di Redhill tersebut, tampak letupan cahaya aneh selama sekitar 5 menit (kini dikenal sebagai *flare*), dan bergerak bersesuaian dengan kontur bintik Matahari. Beberapa jam setelah peristiwa cahaya putih ini, teramati gangguan magnetik di Bumi, kemudian aurora muncul di selatan Hawaii dan Roma.

Pada sistem telegraf yang baru mulai dikembangkan pada 1847, muncul anomali arus listrik pada sistem kabelnya (mulai diamati pada 1848 oleh Barlow). Gangguan-gangguan pada sistem

telegraf ini terjadi setelah pengamatan gangguan magnetik oleh Carrington. Selain itu, pada beberapa interval hari yang sama saat aurora borealis muncul, sistem telegraf Eropa (Skandinavia-Tuscany) mengalami gangguan. Dengan demikian, disimpulkan bahwa saat itu terjadi anomali arus listrik yang menjalar di permukaan Bumi dan menimbulkan gangguan.

Pada dasarnya, sistem telegraf yang baru dikembangkan saat itu memang rentan terhadap gangguan oleh petir. Namun, anomali yang teramati pada 1848 tersebut amat berbeda dengan gangguan yang disebabkan oleh petir. Pada gangguan oleh petir, arus listrik atmosfer menginduksi sistem perkabelan, sering kali memunculkan derau pada beberapa stasiun telegraf berupa rekaman suara petir yang merambat. Sementara itu, gangguan anomali arus listrik yang teramati oleh Barlow pada

Mekanisme terbentuknya aurora.



1848 masih belum bisa dijelaskan pada saat itu. Meskipun demikian, ia saat itu menyadari bahwa gangguan muncul bersamaan dengan penampakan aurora borealis.

Barulah pada tahun 1896, Kristian Birkeland pertama kali merealisasikan teori saintifik aurora sebagai "partikel bermuatan berkecepatan tinggi dari bintang Matahari yang ditangkap oleh medan magnet Bumi dan bergerak merambat ke daerah kutub". Untuk mendukung teorinya tersebut, ia melakukan eksperimen aurora buatan menggunakan *terella*, sebuah model bola yang dimagnetisasi sebagai representasi Bumi. Dalam eksperimennya, Birkeland menembakkan elektron dan mengamati kemunculan cahaya di sekitar kutub *terella*. Berdasarkan eksperimennya, Birkeland meyakini bahwa partikel bermuatan pemicu aurora berasal dari Matahari. Tahun-tahun berikutnya, makin banyak teknisi dan operator telegraf yang menaruh perhatian terhadap efek anomali arus listrik Bumi pada sistem telegraf saat kemunculan aurora, hingga kemudian betul-betul diyakini bahwa Matahari adalah penyebab gangguan pada "sistem komunikasi modern" pertama yang dikembangkan manusia itu. Uji coba alat komunikasi nirkabel oleh Marconi pada 1901 (dari Cornwall, Inggris ke Newfoundland, Kanada) berjalan sukses karena adanya refleksi oleh ionosfer. Lapisan pemantul ini diidentifikasi oleh Briet & Tuve dan Appleton & Barnett dua dekade kemudian. Ternyata pada penggunaan teknologi nirkabel, terdapat pula gangguan di ionosfer yang sejenis dengan gangguan arus listrik di

permukaan Bumi dan memengaruhi ketepatan penerimaan sinyal nirkabel. Marconi pada 1928 mengomentari fenomena ini, bahwa terjadinya pelemahan sinyal radio, gangguan kabel, dan jaringan di Bumi selalu kebetulan bersamaan dengan munculnya bintik Matahari dan aurora borealis.

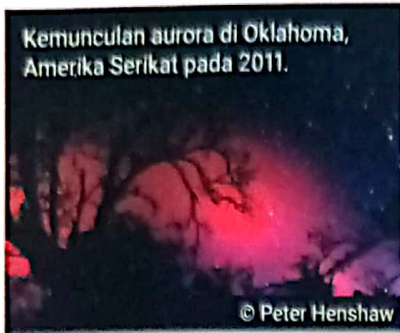
Aurora terjadi saat partikel bermuatan yang berasal dari Matahari yang terlepas melalui lontaran massa korona (CME) atau lubang korona. Partikel "angin Matahari" tersebut mencapai Bumi dan berinteraksi dan mengganggu medan magnet Bumi. Partikel-partikel bermuatan ini makin dipercepat oleh angin Matahari dan terus bergerak konvergen ke kutub sehingga membentuk cincin oval di kedua kutub Bumi. Partikel-partikel bermuatan tersebut bergerak spiral sepanjang garis medan magnet. Karena gerak partikel bermuatan yang mengikuti garis medan magnet inilah, partikel bermuatan tersebut memasuki lapisan atmosfer dan berinteraksi dengan gas-gas di atmosfer terutama di sekitar kutub-kutub magnet Bumi. Saat partikel bermuatan berinteraksi dengan gas, terjadi transfer energi. Gas menerima energi dan tereksitasi sehingga melepaskan energi dan foton dengan panjang gelombang tertentu yang tampak sebagai pendar cahaya warna-warni di langit.

Spektrum cahaya aurora bergantung pada gas penyusun atmosfer. Setiap unsur gas memiliki karakteristik warna emisi cahaya yang khas, misalnya Sodium memancarkan warna kuning gelap, Neon memancarkan warna oranye. Di ionosfer atas, sekitar ketinggian



300 km, terdapat banyak atom Oksigen yang memancarkan cahaya merah saat badai geomagnet yang cukup intens. Namun, di ketinggian yang lebih rendah, sekitar 100-300 km, Oksigen memancarkan cahaya kuning-hijau yang paling dominan pada aurora. Secara umum, atom Oksigen mengemisikan spektrum cahaya merah sampai hijau, sedangkan molekul Nitrogen mengemisikan cahaya pada rentang magenta. Pada umumnya, ketika intensitas aurora awal berwarna hijau makin menguat, warna hijau terang muncul di bagian bawah, sedangkan warna merah mulai muncul di bagian yang lebih tinggi. Cahaya tampak ini merupakan fungsi emisi energi yang berkorelasi dengan panjang gelombang warna spesifik. Selain cahaya tampak ini, aurora juga memancarkan radiasi inframerah dan ultraviolet.

Aurora tampak seperti api yang menyala di langit. Pada pengamatan menggunakan probe Langmuir yang dipasang pada roket AD-II-52, diperoleh hasil



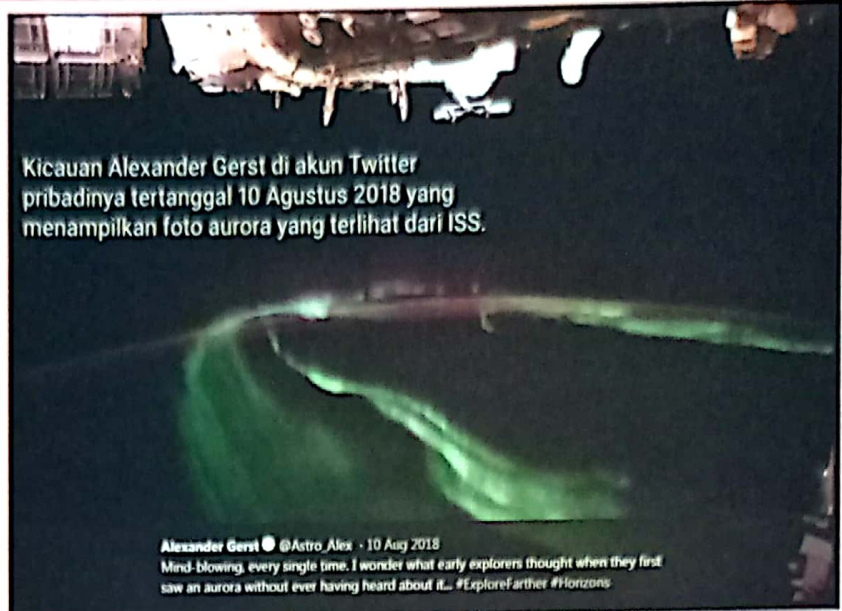
Kemunculan aurora di Oklahoma, Amerika Serikat pada 2011.

© Peter Henshaw



Kemunculan aurora di Flevoland, Belanda pada 2012.

© Ide G. Koffeman



Kicauan Alexander Gerst di akun Twitter pribadinya tertanggal 10 Agustus 2018 yang menampilkan foto aurora yang terlihat dari ISS.

Alexander Gerst @Astro_Alex · 10 Aug 2018
Mind-blowing, every single time. I wonder what early explorers thought when they first saw an aurora without ever having heard about it... #ExploreFurther #Horizons



Citra aurora di Jupiter dan Saturnus (kanan) yang berhasil ditangkap dengan Teleskop Hubble.



© NASA-ESA

pengukuran temperatur plasma di ketinggian aurora (100-168 km) sebesar 500-1400 K. Namun, hasil tersebut didasarkan pada kecepatan rata-rata molekul. Karena kerapatan udara sangat rendah pada ketinggian ± 100 km, termometer akan memiliki suhu di bawah nol derajat Celcius.

Ketika terjadi badai geomagnet dengan intensitas yang tinggi, aurora dapat bergeser jauh dari kutub. Pada 2011, dilaporkan aurora muncul di Oklahoma dan Atlanta. Pada 2012, aurora diberitakan muncul dan terlihat di ufuk Belanda. Jauh sebelum itu, pada saat peristiwa *flare* Carrington yang merupakan *flare* terkuat yang tercatat sepanjang sejarah, aurora merah bahkan dilaporkan terlihat dari kawasan Meksiko, Panama, dan Hawaii yang berada di kawasan lintang rendah.

Aurora juga dapat terlihat dari ruang angkasa. Kurang lebih setahun yang lalu, Alexander Gerst, seorang astronot Jerman yang terlibat dalam misi ekspedisi 56-57, di akun Twitter pribadinya mengunggah foto

aurora di Bumi yang diambil saat ia bertugas di *International Space Station* (ISS). Kemunculan aurora dapat pula menjadi indikator visual menurunnya tingkat radiasi bagi para astronot dan awak ISS karena pada saat itu partikel bermuatan justru berinteraksi dengan medan magnet Bumi.

Karena aurora terkait dengan interaksi aktivitas Matahari dengan medan magnet planet, aurora tidak hanya terjadi di planet Bumi. Teleskop Hubble berhasil menangkap citra aurora di planet Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus. Karena medan magnet planetnya lebih kuat daripada medan magnet Bumi, aurora di Jupiter dan Saturnus jauh lebih besar dibandingkan aurora di Bumi. Mars juga memiliki aurora, tetapi

berbeda dengan planet-planet lainnya. Karena Mars tidak memiliki medan magnet global seperti Bumi, aurora di planet Mars tidak berbentuk cincin. Aurora di Mars terdistribusi menyebar dan muncul di tempat-tempat yang memiliki kandungan batuan magnetik di permukaannya. Ekspedisi MAVEN (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution*) berhasil mendeteksi aurora ultraviolet yang muncul pada 2014. Partikel-partikel dari Matahari menembus atmosfer Mars sangat dalam sehingga aurora muncul di ketinggian di bawah 100 km dari permukaan Mars, lebih rendah dari aurora Bumi yang berada pada ketinggian 100-500 km dari permukaan Bumi.