

FENOMENA

GRB) dan eksoplanet. *Superflares* adalah *flare* besar yang terjadi dengan energi lebih dari 10 kali lebih besar dari *flare* besar yang pernah teramati di Matahari. Sebelumnya telah pernah teramati *superflare* yang terjadi di bintang sekelas dengan Matahari.

Untuk selanjutnya, pengamatan dengan menggunakan teleskop ini diharapkan dapat mempelajari jenis bintang penghasil *superflare* dan bagaimana sebenarnya *superflare* dapat terjadi. Adapun lubang hitam ganda adalah sistem lubang hitam dan bintang

normal yang saling mengorbit. Interaksi kuat dan tumbukan antara dua lubang hitam dapat menghasilkan radiasi energi tinggi, bahkan GRB.

AERONOMI

Fenomena Bercahaya Di Angkasa

Emisi akibat interaksi magnetosfer, ionosfer, dan atmosfer

Oleh

F. Nuraeni | Pussainsa LAPAN

Interaksi antara angin Matahari, magnetosfer, ionosfer, dan atmosfer berupa transfer energi dan partikel yang berdampak pada sistem dan teknologi di Bumi disebut sebagai cuaca antariksa. Setiap harinya Bumi dibombardir oleh partikel bermuatan dari Matahari yang dibawa oleh angin Matahari dan dipandu oleh garis-garis gaya medan magnet. Partikel-partikel tersebut tidak serta merta dapat memasuki lingkungan Bumi, ia akan ditahan atau dibelokkan oleh magnetosfer. Interaksi antara magnetosfer dengan angin

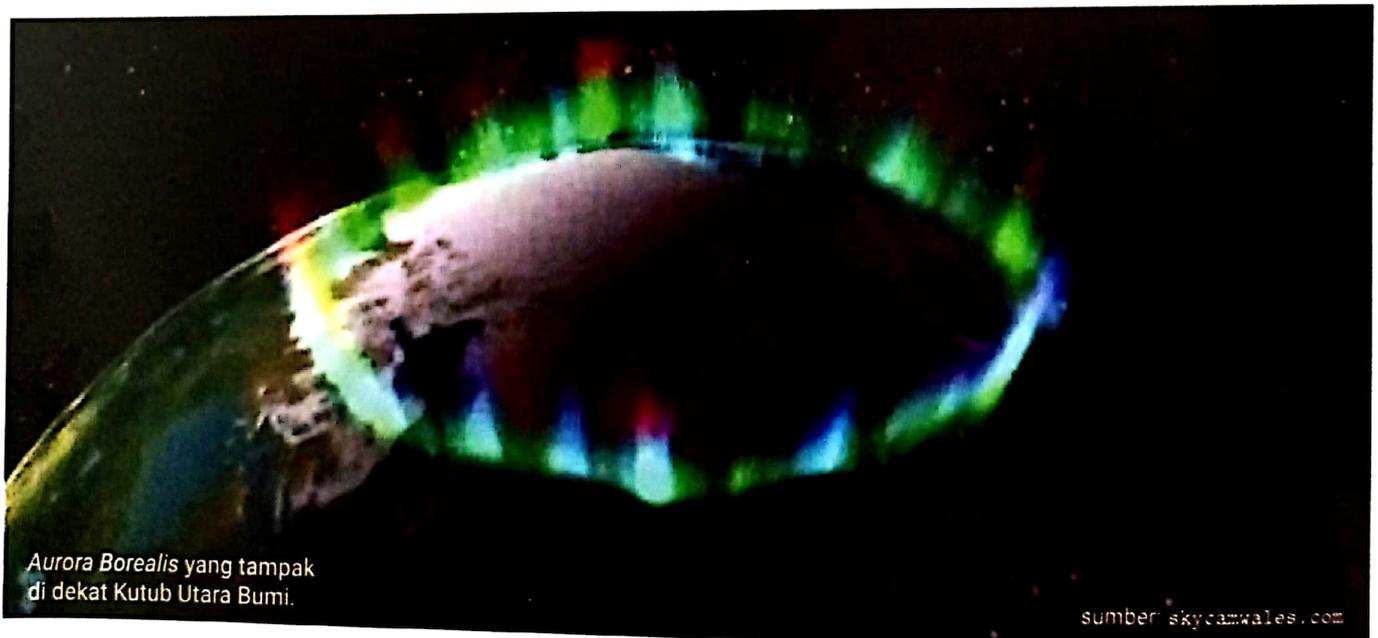
Matahari membangkitkan proses dinamo yang menghasilkan gaya listrik dan sistem arus di magnetosfer Bumi. Begitu juga dengan interaksi antara ionosfer dan atmosfer atas dapat membangkitkan proses dinamo ionosfer yang juga mempengaruhi sistem arus magnetosfer Bumi.

Pada saat aktivitas Matahari meningkat, partikel bermuatan dari Matahari dapat memasuki magnetosfer dan mempengaruhi sistem arus di dalamnya. Akibatnya dapat terjadi badai geomagnet dan gangguan pada ionosfer, lebih jauh lagi partikel-partikel tersebut dapat memasuki atmosfer Bumi

sehingga menghasilkan fenomena optik yang sangat menarik. Fenomena optik yang terkait dengan cuaca antariksa diantaranya adalah aurora dan *Transient Luminous Events* (TLE).

Aurora

Aurora disebut juga polar lights karena memang fenomena ini tampak dan sering muncul di daerah kutub dan lintang tinggi. Aurora yang terlihat di lingkaran kutub utara disebut *aurora borealis* dan di lingkaran kutub selatan disebut *aurora australis*. Aurora merupakan fenomena alam berupa kemunculan cahaya di ketinggian atmosfer Bumi yang tampak seperti menari dengan warna-warna menarik. Ketinggian



Aurora Borealis yang tampak di dekat Kutub Utara Bumi.

sumber: skycamwales.com

emisi maksimum biasanya yang pernah terukur adalah sekitar 90 hingga 130 km, bahkan untuk aurora dengan warna merah pada bagian batasnya dapat mencapai ketinggian yang lebih rendah yaitu sekitar 70 km.

Fase pertumbuhan (*growth phase*), ekspansi dan pemulihan (*recovery*) aurora sesuai dengan fase pada substorm. Ketika gangguan geomagnet mulai terjadi, daerah yang disebut auroral zone meluas baik ke arah kutub maupun ke ekuator. Fase pertumbuhan aurora bermula dari sisi malam yang kemudian meluas ke arah kutub, terlihat dengan semakin bertambahnya kecerlangan busur aurora. Kemudian dengan bertambahnya intensitas *substorm*, aurora melingkari kutub dan meluas ke arah lintang menengah dan bahkan bisa mencapai lintang rendah jika energinya cukup besar, disebut fase ekspansi. Fase ekspansi ini umumnya hanya terjadi selama 10 – 30 menit. Beberapa saat setelah fase ekspansi kemudian terjadi fase pemulihan yang ditandai

dengan pergerakan kembali aurora ke arah kutub pada sisi malam. Pada fase pemulihan, penampakan cahaya aurora yang intens selama fase ekspansi semakin memudar.

Energi aurora menentukan seberapa dalam partikel-partikel tersebut dapat memasuki atmosfer Bumi. Karena emisi aurora merupakan karakteristik ketinggian tempat asal mereka, maka warna aurora dapat digunakan untuk menentukan energi elektron aurora. Kecerlangan aurora bergantung pada laju elektron aurora yang masuk. Dalam analogi arus listrik diketahui bahwa warna dapat menyatakan seberapa besar tegangannya dan kecerlangan menyatakan kuat arusnya.

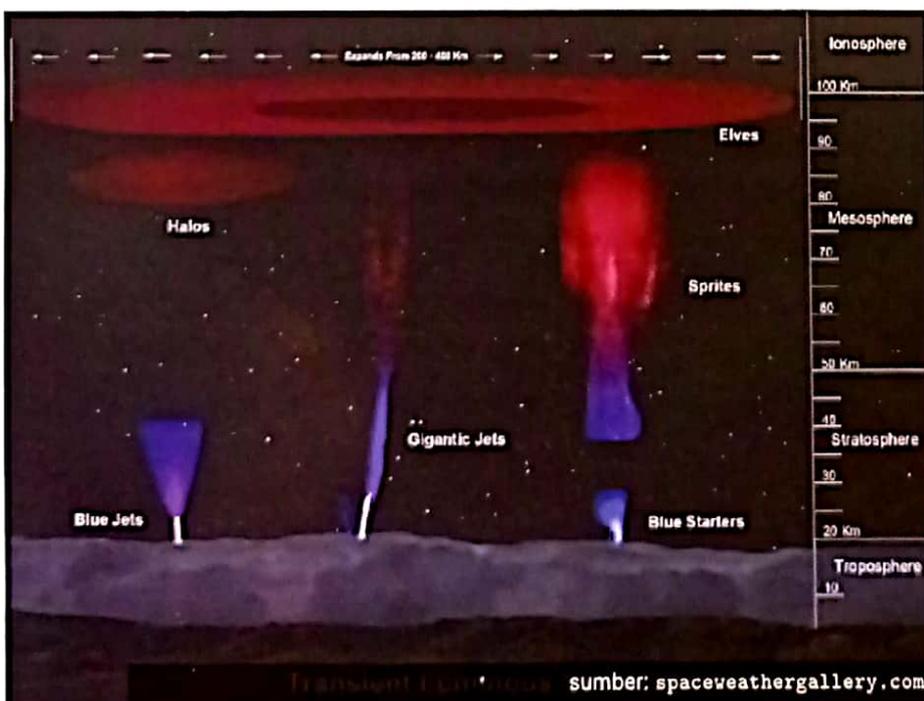
Warna-warni aurora disebabkan oleh komposisi atmosfer atas yang terdiri dari berbagai macam atom dan molekul seperti oksigen dan nitrogen. Warna aurora yang paling sering muncul adalah hijau karena partikel Matahari pada umumnya bertumbukan dengan atmosfer atas pada ketinggian 90

hingga 130 km dimana terdapat konsentrasi oksigen yang tinggi. Pada ketinggian tersebut, oksigen yang tereksitasi akan membangkitkan aurora dengan gradasi warna hijau. Warna biru dan ungu tidak terlalu sering terlihat, akan muncul ketika aktivitas Matahari tinggi. Aurora berwarna biru dan ungu terjadi pada ketinggian kurang dari 90 km ketika partikel Matahari bertumbukan dengan nitrogen yang memang banyak mengisi atmosfer atas pada ketinggian tersebut. Warna merah pun tidak terlalu sering tampak, kemunculannya disebabkan oleh tumbukan partikel dari Matahari dengan oksigen pada ketinggian diatas 240 km. Pada ketinggian tersebut kepadatan oksigen tidak terlalu tinggi.

Transient Luminous Events

TLE merupakan peristiwa optik yang biasanya terjadi diatas badai petir yang cukup besar pada ketinggian stratosfer dan mesosfer. Terdapat beberapa jenis TLE yang diklasifikasikan berdasarkan karakteristiknya, yaitu *sprites*, *blue jets*, *elves*, *halo*, *gigantic jets* dan *blue starters*. Berbeda dengan aurora, TLE merupakan peristiwa optik yang bersumber dari aktivitas di atmosfer tetapi kemudian mempengaruhi kondisi di ionosfer dan magnetosfer.

Sprites biasanya terjadi pada ketinggian 50 hingga 90 km dan dipicu oleh sambaran petir yang berasal dari awan positif yang sangat kuat. Petir ini membangkitkan medan elektrostatis yang kuat diatas awan badai petir, kemudian menghasikan beda potensial antara awan dan atmosfer atas, dan dapat menyalakan bunga api berupa *sprites*. Terdapat 3 tipe *sprites* berdasarkan bentuknya



Jenis-jenis dan posisi ketinggian peristiwa *Transient Luminous Events* (TLE).



Kiri: *sprites* di atas sistem badai yang terjadi pada tanggal 18 Juli 2018 di timur laut New Mexico, Amerika Serikat. Tengah: peristiwa *blue jets* yang dipotret di Pulau St. Barthelemy, Karibia tanggal 30 Oktober 2014. Kanan: fenomena *elves* di atas Nydek, Republik Ceko pada tanggal 2 April 2017.

yaitu *jellyfish* (berbentuk seperti ubur-ubur), kolom yang memiliki bentuk seperti pilar atau batang dan *carrot* karena berbentuk seperti wortel. *Sprites* didominasi warna merah dan biasanya hanya berlangsung selama beberapa milidetik saja. Wilayah yang paling terang berada di ketinggian sekitar 65-75 km, di atasnya terdapat cahaya redup berwarna merah atau struktur tipis yang memanjang sekitar 90 km. Sedangkan dibawahnya terdapat struktur seperti sulur memanjang ke bawah berwarna biru hingga ketinggian terendahnya mencapai 30 km. Beberapa peristiwa *sprites* terkadang memiliki bentuk yang meluas hingga jarak horizontalnya dapat mencapai 50 km bahkan lebih.

Blue jets seperti juga *sprites* merupakan fenomena atmosfer atas yang terkait dengan badai petir, meskipun *blue jets* tidak dipicu oleh petir. Fenomena optik *blue jets* ini merupakan semburan cahaya yang berasal dari bagian atas daerah dengan kelistrikan yang kuat pada inti awan badai yang berpropagasi keatas hingga ketinggian 40-50 km dan berlangsung hanya dalam orde milidetik. *Blue jets* berpropagasi dalam bentuk kerucut dengan

lebar sudut sekitar 15 derajat dan memiliki kecepatan sekitar 100 km/detik. Sesuai dengan namanya *blue jets* berwarna biru dan tampak lebih terang daripada *sprites*. Warna biru tersebut diperkirakan berasal dari emisi molekul nitrogen terionisasi dan netral. Peristiwa lain serupa dengan *blue jets* adalah *blue starters*. *Blue starters* memiliki ketinggian yang lebih rendah hanya sekitar 20 km saja.

Jenis jet lain adalah *gigantic jets* yang terjadi diantara puncak/bagian atas awan badai dan bagian bawah ionosfer dan merupakan manifestasi dari pelepasan muatan yang lebih intensif daripada *blue jets*. Dari propagasinya kearah atas menghasilkan hubungan listrik antara bagian atas awan badai dengan lapisan E Ionosfer yang konduktif. *Gigantic jets* ini dapat mencapai ketinggian 70 km, berwarna biru keunguan pada bagian pangkalnya dan bagian atasnya berwarna merah seperti *sprites*.

Peristiwa TLE lainnya adalah *elves* yang merupakan akronim dari *Emissions of Light and Very Low Frequency perturbations due to Electromagnetic pulse Sources*. Penjalarannya tidak berasal dari

bagian atas awan badai tepat seperti *sprites* dan *blue jets*, tetapi muncul berbentuk lingkaran yang meluas jauh di atasnya. *Elves* terjadi karena dipicu oleh pelepasan pulsa elektromagnet (EMP, *electromagnetic pulse*) pada petir tipe tertentu yang naik keatas menuju ionosfer dan meluas seperti riak-riak kerikil didekat daerah transisi antara stratosfer dan ionosfer. Peristiwa ini terjadi pada ketinggian 100 km sekitar bagian bawah lapisan ionosfer dan meluas hingga diameternya bisa mencapai 400 km. Terkadang peristiwa *elves* ini tertukar dengan *sprites halo* yang tampak seperti piringan juga. *Sprites halo* merupakan difusi cahaya yang bergerak mendahului peristiwa *sprites*, berlangsung hanya dalam beberapa milidetik dan menjalar ke bawah pada ketinggian 85-70 km.

Peristiwa TLE ini banyak dipelajari oleh peneliti kopling antara atmosfer dengan ionosfer. TLE sangat berkaitan dengan perubahan konduktivitas pada ionosfer bawah, dan perubahan konduktivitas ini tentunya mempengaruhi penjalaran gelombang Very Low Frequency (VLF).