Buletin Guaca Antariksa

ISSN 2303-2707

Lubang Hitam dan Penentuan Rotasinya

Mengintip Gerhana Bulan Total

Dampak Gerhana Matahari
Terhadap Lapisan Ionosfer
(Bagian 1)

Astrofotografi : Seni Memotret
Objek Astronomi

TTS
BERHADIAH

Diterbitkan oleh
Pusat Sains Antariksa (Pussainsa)
LAPAN

Pelindung
Kepala LAPAN

Penanggung Jawab
Kepala Pusat Sains Antariksa

Redaktur
DR. Emanuel Sungging Mumpuni

Editor
S. Sulistiani
V. Wellyanita
R. Kesumaningrum

Kontributor
Jiyo
V. Dear
D. Marlia
S. Sulistiani
Ferdiansyah
S. Anggarani
V. Wellyanita
A.S. Mardiani
F. Mumtahana
R. Priyatikanto
M.Z. Nurzaman
M. Bayu Saputra
A. G. Admiranto
R. Martiningrum
C. Widianingrum

Penata Letak
Endah Oktaviani, S.Ds.

Sekretariat
I.E. Rusnadi
S. Rachman

Alamat
Jl. Dr. Djundjuran No.133
Bandung 40173
Telepon: (022) 6012 602
Fax: (022) 6014 998

Untuk pemesanan Buletin
Cuaca Antariksa
Kirim faks permohonan
langganan Buletin Cuaca
Antariksa ke :

(022) 6012 602

daftar isi

- 3 Lubang Hitam dan Metode
Penentuan Rotasinya
 - 5 Mengintip Gerhana Bulan Total
 - 7 Dampak Gerhana Matahari
Terhadap Lapisan Ionosfer.
(Bagian I)
 - 9 Mengenal Lapisan Ionosfer :
Lapisan E dan E-Sporadis
 - 12 Catatan Seorang Peneliti: Gerhana
Bulan Perige, 31 Januari 2018
 - 14 Astrofotografi: Seni Memotret
Objek Astronomi
 - 24 Peningkatan Pelaporan Keuangan
Melalui Focus Group Discussion
Bagan Akun Standar dan
Bimbingan Teknis Sistem
Aplikasi Satker Pusat Sains
Antariksa LAPAN
 - 25 International School on Equatorial
and Low Latitude Ionosphere
(ISELION 2018)
 - 26 Kalender Astronomi
 - 28 TTS Berhadiah
- Cuaca Antariksa**
- 17 Aktivitas Matahari
 - 18 Aktivitas Geomagnet
 - 20 Koneksitas Jaringan ALE-
LAPAN dan Indeks T
Regional
 - 21 Perbandingan Kemunculan
Sintilasi Ionosfer Diatas
Bandung
 - 22 Review Cuaca Antariksa

Salam Redaksi

Memasuki triwulan dua tahun 2018 kondisi cuaca antariksa masih cenderung dalam keadaan yang tenang, tetapi bukan berarti kondisi keantariksaan sepenuhnya dalam keadaan tenang. Di akhir 2018, terjadi fenomena Gerhana Bulan Perigee, yang secara populer disebut sebagai Super Blue Blood Moon, gerhana Bulan dengan konfigurasi langka, yang terjadi puluhan tahun sekali. Dengan demikian, ada dua artikel pada penerbitan ini yang mengangkat tentang keramaian gerhana Bulan yang baru berlalu tersebut.

Pada penerbitan ini juga menampilkan beberapa artikel menarik, selain yang berkaitan dengan cuaca antariksa, seperti mengenal lapisan-E dan E-sporadis ionosfer, dampak Gerhana Matahari Total di ionosfer, serta

pelaksanaan ISELION 2018 dan mengenal angin Surya; tetapi juga artikel terkait keantariksaan, seperti mengenal astrofotografi, lubang hitam dan metode penentuan rotasinya, serta kegiatan terkait pengenalan bagan akun standar yang di lingkungan Pusat Sains Antariksa.

Akhir kata, selamat menikmati dan semoga bermanfaat. Salam redaksi.

ISSN 2303-2707

Lubang Hitam dan Metode Penentuan Rotasinya

Oleh :

M. Bayu Saputra

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Lubang Hitam Dalam Kajian Astrofisika

Lubang hitam merupakan objek astrofisika yang masih banyak menyimpan misteri karena pengamatannya yang sulit dan teori-teori yang diajukan juga belum banyak terbangun dan terbukti dari hasil pengamatan. Upaya dalam mempelajari lubang hitam pada umumnya bertumpu pada interaksi gravitasi antara lubang hitam dan materi atau objek di sekitarnya. Salah satu hal yang menarik dalam studi tentang lubang hitam adalah rotasinya.

Lubang hitam yang pertama kali ditemukan adalah Cygnus A, merupakan sebuah sumber radio yang terang, berjarak sekitar 230 megaparsek ($7,1 \times 10^{21}$ km) dari Bumi, dan disimpulkan sebagai

sebuah lubang hitam *super massive*.

Pada tahun 1971 satelit sinar-X Uhuru mendeteksi sumber titik sinar-X yang terang di rasi Cygnus (Gambar 2). Objek tersebut diidentifikasi sebagai Cygnus X-1. Cygnus X-1 yang berjarak sekitar 6.070 tahun cahaya atau sekitar $1,86 \times 10^{16}$ km dari Bumi ini merupakan sistem bintang ganda sinar-X yang terdiri dari sebuah bintang normal dan sebuah objek kompak. Bintang ganda tersebut tampak mengitari objek yang tidak terlihat dengan periode orbit 5,6 hari. Hal ini membuat objek tak tampak tersebut seharusnya memiliki massa yang besar seperti lubang hitam atau bintang neutron.

Dari pengukuran dinamikanya, diketahui bahwa Cygnus X-1 memiliki massa sekitar 14,8 massa Matahari (Orosz dkk., 2011). Sehingga dapat disimpulkan bahwa objek kompaknya adalah sebuah lubang hitam, bukan bintang neutron. Hal ini dikarenakan massa bintang neutron secara teoretis terbatas hingga 3 kali massa Matahari. Cygnus X-1 merupakan lubang hitam bermassa kecil (*stellar-mass black hole*) yang pertama kali ditemukan. Ilustrasi dari sistem Cygnus X-1 yang terdiri dari objek kompak lubang hitam, bintang pasangannya HDE 226868 (V1357 Cyg) yang merupakan sebuah bintang normal maharaksasa biru, dan piringan akresi yang berupa materi bintang pasangannya yang bergerak spiral menuju lubang hitam, ditunjukkan oleh Gambar 3.

Klasifikasi Lubang Hitam

Dari hasil penemuan dan bukti-bukti pengamatan Cygnus

Tabel 1 : Jenis lubang hitam berdasarkan muatan listrik dan momentum sudut.

Parameter	Tidak Berotasi ($J=0$)	Berotasi ($J \neq 0$)
Tidak Bermuatan ($Q=0$)	Schwarzschild (1916)	Kerr (1963)
Bermuatan ($Q \neq 0$)	Reissner - Nordstrom (1916 - 1918)	Kerr - Newman (1965)

Gambar 1 : Citra radio modern dari Cygnus. (Narayan & McClintock, 2014)

Gambar 2 : Rasi Cygnus dan letak Cygnus X-1 (lingkaran merah) (Sumber: IAU dan Sky & Telescope, CC BY 3.0, <https://www.iau.org/static/public/constellations/gif/CYG.gif>)

A, Cygnus X-1, dan beberapa lubang hitam yang ditemukan setelahnya, lubang hitam dapat dikategorikan menjadi tiga populasi berdasarkan massanya. Ketiga populasi tersebut adalah:

- (1) lubang hitam *stellar-mass* yang massanya 5-30 massa Matahari,
- (2) lubang hitam *intermediate-mass* yang massanya sekitar 100-100.000 massa Matahari, dan
- (3) lubang hitam *supermassive* yang bermassa pada kisaran 10^6 - 10^9 massa Matahari.

Lubang hitam *stellar-mass* berasal dari akhir evolusi bintang masif yang meledak menjadi supernova. Ledakan supernova tersebut menyisakan sebuah inti bintang yang jika massanya lebih dari tiga kali massa Matahari maka kemungkinan besar menjadi lubang hitam dan jika kurang dari itu akan menjadi bintang neutron. Untuk lubang hitam *supermassive* sendiri masih belum ada konsensus yang bulat mengenai mekanisme pembentukannya. Salah satu kemungkinannya adalah lubang hitam jenis ini terbentuk dari *merger* atau bergabungnya beberapa lubang hitam yang lebih kecil. Selain itu, lubang hitam jenis ini juga mungkin terbentuk dari lubang hitam

bermassa kecil yang mengakresi massa dengan laju yang sangat tinggi dalam jangka waktu yang cukup lama. Sedangkan untuk lubang hitam *intermediate-mass*, masih belum diketahui secara pasti mengenai pembentukannya karena hingga saat ini belum ada lubang hitam yang dikonfirmasi tergolong dalam populasi ini. Namun beberapa studi menyebutkan bahwa objek-objek ULX (*ultra-luminous X-ray source*) merupakan kandidat dari kategori ini.

Selain klasifikasi berdasarkan massanya, secara teoretis, lubang hitam juga dikarakterisasi oleh dua parameter lainnya, yaitu muatan listrik (Q) dan momentum sudut (*spin*) (Narayan, 2005). Berdasarkan *spin* dan muatan listriknya, lubang hitam secara teoretis dibagi menjadi empat jenis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Rotasi Lubang Hitam (*Spin*)

Rotasi dari lubang hitam Kerr ditentukan oleh parameter *spin* (a) dengan $a = Jc/GM^2$ dan J adalah momentum sudut lubang hitam (Narayan, 2005). *Spin* tersebut memiliki nilai dari 0 (untuk lubang hitam tidak berotasi) hingga 1 (untuk lubang

hitam yang berotasi maksimum). Untuk mengukur *spin* tersebut, ditinjau partikel uji yang mengorbit di sekitar lubang hitam. Pada orbit partikel uji tersebut, terdapat jejari paling dalam atau paling dekat lubang hitam yang masih stabil, yaitu jejari ISCO (*innermost stable circular orbit*). Jika jejari orbit partikel uji tersebut lebih besar dari R_{ISCO} maka orbitnya tidak akan stabil dan partikel uji tersebut akan jatuh ke lubang hitam.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara nilai parameter *spin* dan R_{ISCO} untuk partikel uji yang mengorbit searah dan berlawanan arah dengan arah rotasi lubang hitam. Garis tegas menunjukkan R_{ISCO} untuk partikel yang berotasi searah (*corotating*) dengan arah rotasi lubang hitam. Garis putus-putus menunjukkan R_{ISCO} untuk partikel yang berotasi berlawanan arah dengan arah rotasi lubang hitam (*counterrotating*).

Metode Penentuan Rotasi Lubang Hitam

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk dapat menentukan nilai *spin* dari lubang hitam, di antaranya metode *continuum fitting* dan *relativistic iron line*. Kedua metode ini meninjau lubang

Gambar 3: Ilustrasi sistem Cygnus X-1. (Sumber: Optik: DSS; Ilustrasi: NASA/CXC/M. Weiss, <http://chandra.harvard.edu/photo/2011/cygx1/cygx1.jpg>)

Gambar 4 : Hubungan R_{ISCO} terhadap *spin* dari lubang hitam. (Hartle, 2003)

hitam jenis Kerr yang berotasi dan tidak bermuatan. Pada metode *continuum fitting*, beberapa asumsi digunakan seperti penggunaan model piringan akresi standar serta jejari terdalam piringan berada di R_{ISCO} . Selain itu, informasi jarak, massa, dan sudut inklinasi piringan akresi lubang hitam harus telah ditentukan dengan akurasi yang tinggi menggunakan metode lain.

Dari *fitting* data spektrum dengan model piringan standar diperoleh informasi struktur piringan (hubungan temperatur terhadap jejari) yang kemudian dapat dibuat spektrum benda hitam tiap jejarnya. Karena jejari terdalam diasumsikan di R_{ISCO} , maka temperatur yang paling tinggi merupakan temperatur di R_{ISCO} . Dengan mengetahui R_{ISCO} dan massa lubang hitam, *spin* lubang hitam dapat ditentukan.

Metode *relativistic iron line* tidak bergantung pada informasi pengamatan berupa jarak, massa, dan inklinasi piringan akresi lubang hitam. Metode ini hanya bergantung pada profil garis emisi Fe *K α* (garis dengan energi diam 6,4 keV dan saat teramati lebar garisnya dapat merentang dari 4-7 keV) pada spektrum piringan akresi di sekitar lubang hitam. Jika komponen-komponen spektrumnya dapat dimodelkan dengan baik maka dapat diperoleh batasan nilai *spin* yang reliabel. Walaupun metode ini tidak memperhitungkan informasi pengamatan tersebut, tetapi dalam praktiknya metode ini cukup kompleks karena harus memodelkan banyak komponen untuk memperoleh profil garis Fe *K α* .

Berbagai efek relativitas membuat fitur garis Fe *K α* yang teramati menjadi melebar dan tidak simetris seperti pada

Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan model spektrum refleksi piringan akresi beserta fitur garis emisi Fe *K α* . Garis merah merupakan spektrum pada kerangka diam, warna jingga menunjukkan spektrum yang mengalami efek relativistik jika jejari terdalam piringannya agak jauh dari lubang hitam, sedangkan garis hitam menunjukkan spektrum yang mengalami efek relativistik jika jejari terdalam piringannya berada cukup dekat dengan lubang hitam. ■

Gambar 5 : Pengaruh efek relativistik pada spektrum refleksi. (Reynolds, 2014)

Mengintip Gerhana Bulan Total

Oleh :

F. Mumtahana

C. Widianingrum

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Salah satu peristiwa langit yang dinanti-nanti masyarakat dan peneliti astronomi adalah fenomena gerhana baik gerhana Bulan maupun gerhana Matahari. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1, gerhana Matahari dapat terjadi apabila Bulan berada di antara Bumi dan Matahari dalam satu garis lurus sedangkan gerhana Bulan terjadi ketika Bulan memasuki bayangan Bumi dengan posisi Bumi berada di antara Bulan dan Matahari dalam

satu garis lurus. Mengapa fenomena gerhana tidak selalu terjadi padahal setiap pergerakan Bulan mengelilingi Bumi akan menghasilkan konfigurasi tersebut? Salah satu syarat *dalam satu garis lurus* tersebutlah yang menjadikan fenomena gerhana spesial. Bidang orbit Bulan memiliki kemiringan sekitar 5.14° sehingga konfigurasi dengan garis lurus tidak selalu terjadi setiap bulan. Gerhana Bulan tidak selalu terjadi setiap Bulan purnama begitu pula dengan

Gerhana Matahari yang tidak selalu terjadi saat Bulan baru.

Lokasi dan waktu kejadian gerhana ini dapat diprediksikan secara akurat karena benda-

Gambar 1 : Konfigurasi terjadinya Gerhana Matahari (atas) dan Gerhana Bulan (bawah) (Sumber: www.shareitscience.com)

benda langit memiliki keteraturan dalam pergerakan dan orbitnya. Di tahun 2018, Bumi disuguhi dua fenomena Gerhana Bulan Total (GBT) yaitu gerhana yang belum lama terjadi pada awal tahun yaitu pada tanggal 31 Januari 2018 dan di pertengahan tahun nanti pada tanggal 28 Juli 2018.

Terlihat dari peta infografis GBT pada Gambar 2, kedua fenomena yang terjadi di tahun 2018 ini dapat terlihat dari belahan langit di Indonesia yaitu pada saat Bulan mulai muncul hingga pertengahan malam (17:51 – 23:08 WIB) untuk GBT 31 Januari 2018 dan di tengah malam hingga bulan menuju tenggelam (00:14–06:28 WIB) untuk GBT 28 Juli 2018 nanti. Perbedaan lainnya dari kedua gerhana di tahun 2018 ini yaitu ukuran dan kenampakan Bulan dari Bumi. Dengan lintasan orbitnya yang berbentuk elips, pada tanggal 31 Januari 2018

Bulan berada pada titik perige atau titik terdekat sehingga Bulan tampak lebih besar. Sebaliknya pada 28 Juli 2018, gerhana terjadi saat posisi Bulan berada pada apoge atau titik terjauhnya sehingga akan tampak lebih kecil. Banyak yang menggunakan istilah *supermoon* saat Bulan tampak lebih besar di perige dan *micromoon* saat Bulan tampak kecil di apoge, meskipun demikian kedua perbedaan tersebut tidak cukup signifikan saat diamati dengan mata telanjang.

Dalam menyambut GBT 31 Januari 2018 lalu, antusiasme masyarakat begitu tinggi karena peristiwa tersebut bertepatan dengan fenomena yang disebut sebagai *supermoon* sekaligus *bluemoon* sehingga menyandang gelar *Super Blue Blood Moon*. *Bluemoon* sendiri merupakan istilah purnama kedua dalam satu bulan yang sama dalam kalender

Masehi sedangkan *bloodmoon* adalah istilah untuk Bulan purnama saat terjadi gerhana total karena cenderung berwarna merah darah. Istilah-istilah tersebut bukanlah istilah ilmiah atau baku, hanya istilah populer untuk membuat lebih menarik dan mengundang tanya serta minat dari masyarakat.

Dari beberapa hari sebelum berlangsungnya fenomena tersebut hingga saat hari-H sendiri, Pussainsa LAPAN banyak menerima permintaan wartawan dan stasiun TV untuk mewawancarai para peneliti baik secara *off air* maupun *on air*. Dengan persiapan yang sudah matang, para peneliti di Pussainsa LAPAN sendiri berencana mengabadikan momen GBT yang terbagi dalam beberapa tim pengamatan. Telah

Gambar 2 : Wilayah yang terlntasi Gerhana Bulan Total 31 Januari 2018 (atas) dan 27 Juli 2018 (bawah). (Sumber: F. Espenak NASA GSFC)

Gambar 3 : Instrumen-instrumen yang telah disiapkan oleh tim Pussainsa LAPAN untuk menyambut GBT 31 Januari 2018. (Sumber: Pussainsa LAPAN)

direncanakan satu set teleskop untuk pengambilan citra dengan resolusi tinggi (video 4k), satu set teleskop untuk pengambilan video *streaming*, dan beberapa kamera untuk fotografi panorama, serta dua teleskop dan sebuah binokuler untuk kegiatan pengamatan umum (Gambar 3). Namun cuaca saat itu kurang bersahabat, diawali dengan hujan di sore hari kemudian awan tebal menutupi hampir keseluruhan babak gerhana Bulan. Kondisi cuaca sesuai dengan yang diprediksikan oleh BMKG dan SADEWA LAPAN. Sesekali Bulan terlihat di celah awan namun hanya sekejap mata sehingga tidak ada yang berhasil mengabadikan GBT 31 Januari 2018 lalu dari Pussainsa LAPAN. Hal inilah yang menyebabkan penulis memilih judul yang diawali dengan kata *mengintip* karena pengamatan dan pengabadian momen gagal dilakukan, hanya bisa mengintip sesaat dari celah-celah awan. Meskipun demikian, kegiatan edukasi publik yang bersamaan dengan kegiatan pengamatan, tetap berlanjut dan berjalan lancar.

Kegiatan edukasi yang diselenggarakan di Kantor Pussainsa LAPAN, Jl. Dr. Djunjunan 133 Bandung (31/01) dilaksanakan pada pukul 18.30 s/d 22.00 WIB. Kegiatan edukasi berupa mendengarkan paparan dari Peneliti Pussainsa tentang gerhana Bulan, pengamatan secara langsung dengan menggunakan teleskop dan binokuler, serta nonton bareng secara *streaming*. Peserta yang sudah mendaftar sebanyak 160 orang sedangkan peserta yang datang langsung sebanyak 101 orang, dengan kehadiran total hampir 200 orang. Panitia terdiri dari peneliti, humas, teknisi litkayasa dan bagian administrasi sebanyak 20 orang.

Sebelum melakukan pengamatan bersama di area kubah lantai 4, peserta terlebih dahulu mendengarkan penjelasan tentang gerhana Bulan yang disampaikan oleh Drs. Gunawan Admiranto, peneliti astronomi sekaligus koordinator kegiatan GBT 31 Januari 2018 di Pussainsa LAPAN. Paparan mengangkat tema gerhana Bulan dengan fase Bulan mulai, perubahan fase Bulan, Bulan baru, dan Bulan purnama. Diterangkan pula periode sinodis Bulan purnama. Kemudian baru para peserta diajak bersama-sama secara bergantian mengamati Gerhana Bulan Total di lantai atas (*rooftop*). ■

Gambar 4 : Sesi pemaparan mengenai peristiwa gerhana dan pengamatan umum. (Sumber: Pussainsa LAPAN)

Dampak Gerhana Matahari Terhadap Lapisan Ionosfer. (Bagian I)

Oleh :

R. Martiningrum

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Beberapa tahun belakangan animo masyarakat terhadap fenomena antariksa semakin besar, didukung lagi dengan gencarnya sosialisasi dan diseminasi hasil-hasil riset antariksa oleh lembaga penelitian pemerintah, khususnya Lembaga Penerbangan dan Antariksa

Nasional (LAPAN) yang memang ditugaskan untuk melakukan riset di bidang tersebut. Berdasarkan catatan penulis, sejak maraknya isu kiamat 2012 beberapa tahun lalu, masyarakat mulai penasaran dengan segala sesuatu terkait sains antariksa. Kemudian disusul dengan adanya peristiwa

Gerhana Matahari Total pada 9 Maret 2016 yang membuat masyarakat semakin antusias dengan sesuatu terkait sains dan

© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

Gambar 1 : Gerhana Matahari dan Gerhana Bulan

riset antariksa. Rupanya momen ini sekaligus dikemas apik untuk mengenalkan Indonesia sebagai daerah tujuan wisata yang patut diperhitungkan, sehingga fenomena gerhana matahari tersebut menjadi sarana eduwisata atau wisata edukasi yang menarik.

Begitu pun ketika Gerhana Bulan Total 31 Januari 2017 lalu, semakin banyak pelajar dan masyarakat yang ingin mengetahui lebih jauh tentang fenomena tersebut. Beberapa instansi pemerintah maupun komunitas yang mengadakan acara pengamatan bersama kemudian mendapat serbuan pelajar dan masyarakat yang ingin menyaksikan peristiwa tersebut secara langsung.

Rasa penasaran dan ingin tahu para pelajar dan masyarakat ini tentu saja harus dapat dimanfaatkan oleh para peneliti, khususnya yang fokus pada penelitian antariksa untuk terus memberikan pencerahan tidak saja tentang apa dan bagaimana gerhana dapat terjadi, tetapi juga lebih lanjut tentang dampak atau efek dari peristiwa gerhana tersebut.

Matahari berperan penting sebagai sumber energi sekaligus menjadi sumber gangguan dalam sistem Matahari, Bumi, dan lingkungan sekitarnya. Saat sesuatu terjadi pada Matahari, langsung ataupun tidak langsung, sistem di Bumi akan terpengaruh. Begitu pun saat radiasi Matahari mengalami keadaan tidak biasa seperti saat peristiwa gerhana Matahari. Lalu bagaimanakah sesungguhnya dampak gerhana Matahari terhadap lapisan ionosfer? Kenapa lapisan ionosfer menjadi penting dalam kaitannya dengan

gerhana Matahari? Lapisan ionosfer adalah bagian dari lapisan atmosfer yang mengalami proses fotoionisasi oleh radiasi Matahari yang menyebabkan terbentuknya variabilitas kerapatan elektron dalam lapisan tersebut. Maka karakteristik lapisan ionosfer dan berbagai dinamikanya saat gerhana terjadi akan sangat mempengaruhi operasional peralatan yang memanfaatkan gelombang radio seperti radar, satelit, baik satelit komunikasi, navigasi, survei, maupun pemetaan.

Dampak Gerhana Matahari Terhadap Lapisan Ionosfer

Sejarah ditemukannya lapisan ionosfer dan kajian-kajian tentang lapisan ionosfer menunjukkan betapa radiasi sinar Matahari berperan penting dalam pembentukan lapisan tersebut. Oleh karena itu, saat terjadi gerhana tentu saja akan sangat mempengaruhi setiap lapisan ionosfer, yaitu lapisan D, lapisan E dan lapisan F. Hal yang menjadi pertanyaan fundamental adalah bagaimana dengan laju produksi (*Production*) dan berkurangnya kerapatan elektron (*Loss*) saat itu? Bagaimana mekanisme yang dapat menjelaskan perubahan difusi dan perubahan temperatur?

Dampak Terhadap Lapisan D

Sebelum membahas lebih jauh dampak gerhana Matahari terhadap lapisan D, kita perlu tahu beberapa istilah yang terkait

Gambar 2 : *Tweeks* dalam lapisan ionosfer.

gelombang-gelombang elektromagnetik di lapisan bawah ionosfer (lapisan D). Kajian terkait lapisan bawah ionosfer akan melibatkan gelombang-gelombang *Extremely Low Frequency* (ELF) yang berada pada frekuensi 30 Hz – 3000 Hz dan *Very Low Frequency* (VLF) berada pada frekuensi 3 kHz – 30 kHz. Di alam, kedua jenis gelombang tersebut dapat berasal dari sumber alami maupun buatan manusia. Gelombang ELF dan VLF yang berasal dari alam, misalnya dari petir, badai, erupsi gunung berapi, tornado, dan gempa bumi. Sementara gelombang ELF dan VLF buatan manusia, misalnya frekuensi VLF yang dipancarkan peralatan tertentu ataupun yang berasal dari ledakan nuklir. Lebih jauh lagi kajian tentang keduanya akan dikelompokkan lagi menjadi kajian yang terkait gelombang VLF pita lebar (*sferics, tweeks, whistlers*), dan gelombang VLF pita pendek (badai geomagnetik, gempa bumi, *sprite, elves, blue jets*). Namun demikian dalam tulisan ini hanya akan dibahas tentang *tweeks* karena terkait langsung dengan dampak gerhana terhadap lapisan D ionosfer.

Secara sederhana *tweeks* dapat digambarkan seperti pada Gambar 2, yaitu peristiwa pemantulan dan penjararan gelombang elektromagnet yang berasal dari petir dalam lapisan D ionosfer pada malam hari. *Tweeks* dapat menjalar lebih dari 1000 km

Gambar 3 : *Tweeks* dari penerima gelombang.

dan atenuasi sangat rendah yaitu 2-3 dB/1000 km dengan beberapa kali pantulan serta dispersi yang kuat di sekitar frekuensi cutoff antara 1,5 – 2 kHz. *Tweeks* pada penerima gelombang VLF akan terlihat seperti pada Gambar 3, dimana *QTM* (mode magnet transversal) dan *QTEM* (mode elektromagnet transversal) adalah mode komponen penjalaran gelombang, dan *n* adalah orde dari *tweeks*. Dengan menganalisis data kejadian *tweeks* ini, kita bisa mengetahui bagaimana dampak gerhana Matahari terhadap lapisan

ionosfer. Data petir dari beberapa wilayah yang mengalami gerhana total maupun gerhana sebagian lalu dikonfirmasi dengan penerima gelombang VLF di tempat yang mengalami gerhana total dan gerhana sebagian juga.

Beberapa parameter akan diperoleh dengan menganalisis kejadian *tweeks* yaitu:

- Ketinggian lapisan pemantul di lapisan D ionosfer (h)
- Kerapatan elektron malam hari di lapisan D ionosfer (N)
- Jarak penjalaran gelombang dalam lapisan ionosfer (d). Saat terjadi gerhana Matahari

maka akan terjadi perubahan dari ketiga parameter tersebut. Ketinggian lapisan pemantul akan terlihat mengalami perubahan saat sebelum gerhana, pada puncak gerhana, dan sesudah gerhana. Begitu juga dengan kerapatan elektron pada lapisan D akan mengalami perubahan saat sebelum gerhana, pada puncaknya, dan saat sesudah gerhana. Hasil-hasil tersebut akan membantu kita memahami lebih baik lagi tentang gelombang-gelombang atmosfer yang disebabkan oleh petir, sekaligus juga karakteristik lapisan D ionosfer. ■

Mengenal Lapisan Ionosfer : Lapisan E dan E-Sporadis

Oleh :

Jiyo

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

1. Proses Pembentukan Lapisan E

Lapisan E merupakan bagian dari lapisan ionosfer yang menempati ruang antariksa pada ketinggian sekitar 90-150 km di atas permukaan Bumi. Lapisan ini dikenal juga sebagai lapisan Kennelly-Heaviside, sebagai

penghargaan kepada seorang insinyur listrik dari Amerika, Arthur E. Kennelly, dan fisikawan berkebangsaan Inggris, Oliver Heaviside, atas jasa-jasanya dalam penelitian ionosfer. Dalam sejarahnya, lapisan E diyakini sebagai pemantul gelombang radio dalam komunikasi radio trans-Atlantik yang dilakukan pertama kali oleh Marconi pada tahun 1902.

Lapisan ini merupakan bagian dari lapisan ionosfer yang sifatnya

paling mendekati model Chapman, yaitu pembentukannya ditentukan oleh produksi ion dan elektron dari proses ionisasi dan rekombinasi, dengan kerapatan elektron tertinggi terjadi pada tengah hari waktu lokal. Energi untuk proses ionisasi yang terjadi di lapisan E berasal dari Matahari, yaitu pada spektrum sinar-X dengan panjang gelombang 8-10 nm dan spektrum ultraviolet pada panjang gelombang 80-102 nm, yang menyebabkan atom O_2 dan N_2 menjadi O_2^+ dan N_2^+ . Proses

Gambar 1 : Jejak lapisan E (a-b) pada ionogram hasil pengamatan di stasiun Manado-Tomohon menggunakan ionosonda CADI (*Canadian Advanced Digital Ionosonde*) pada tanggal 5 Agustus 2013, pukul 10 WITA.

Gambar 2 : Jejak lapisan Es (b-c) pada ionogram hasil pengamatan di stasiun Manado-Tomohon menggunakan ionosonda CADI pada tanggal (a) 12 Januari 2013 pukul 20 WITA dan (b) 5 Agustus 2013 pukul 10 WITA.

ionisasinya bersifat molekuler, yaitu proses pemisahan molekul netral Oksigen (O_2) dan Nitrogen (N_2) menjadi elektron dan molekul bermuatan positif. Komponen utama yang membentuk lapisan E adalah ion O_2^+ dan N_2^+ , sedangkan komponen minornya adalah ion O^+ dan N_2^+ .

Secara umum, kerapatan elektron lapisan E adalah sekitar 10^5 elektron per cm^3 . Tentu saja, dalam kenyataannya nilai tersebut tidaklah tetap, melainkan selalu berubah seiring dengan perubahan intensitas energi Matahari yang mencapai lapisan E. Pada periode aktivitas Matahari tinggi, nilai kerapatan elektron lapisan E juga akan lebih tinggi dibandingkan dengan nilainya pada saat aktivitas Matahari sedang rendah.

2. Jejak Lapisan E dan Waktu Kemunculannya

Lapisan E selalu terletak di bawah lapisan F. Jejak lapisan E

terekam dalam ionogram yang diperoleh dari pengamatan menggunakan ionosonda. Jejak lapisan ini terletak di bagian bawah ionogram, yaitu di ketinggian sekitar 100 km (Gambar 1). Jejaknya berupa garis lurus atau agak melengkung, membentang dari bagian kiri (titik a) hingga bagian kanan ionogram (titik b). Semakin panjang bentangan jejak lapisan E pada ionogram (a–b), semakin tinggi pula kerapatan elektronnya. Mengacu kepada proses pembentukannya melalui ionisasi yang energinya berasal dari Matahari, waktu kemuculan lapisan ini adalah pada siang hari. Energi Matahari yang memasuki lapisan ionosfer di ketinggian sekitar 100 km, intensitasnya lebih tinggi pada siang hari dibandingkan dengan malam hari. Akibatnya, jumlah ion pada ketinggian lapisan E pada siang hari lebih banyak dibandingkan jumlahnya pada malam hari, sehingga jejak lapisan E hampir

selalu muncul pada siang hari. Pada malam hari, jejak lapisan ini jarang teramati. Walaupun teramati pada malam hari, mekanisme pembentukannya bukan dari proses ionisasi oleh energi Matahari.

Konvensi dalam pengamatan lapisan ionosfer, lapisan E normal hanya muncul pada siang hari. Jika terjadi lapisan di ketinggian sekitar 100 km pada malam hari maka lapisan E ini dikategorikan sebagai lapisan *E-Sporadis* yang sifatnya berbeda dengan lapisan E normal.

3. Lapisan *E-Sporadis*

Lapisan *E-Sporadis* (*Es*) merupakan lapisan tambahan yang muncul pada ketinggian lapisan E. Berbeda dengan lapisan E normal, lapisan ini bisa muncul pada siang maupun malam hari, tetapi waktu kemunculannya tidak tetap/reguler. Oleh karena itu, lapisan ini disebut lapisan *E-Sporadis* yang artinya lapisan yang terjadi secara sporadis.

Jejak lapisan *Es* berupa garis lurus atau melengkung seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 3 : Sepuluh tipe lapisan *Es* yang dikenal saat ini. (Sumber: *Report UAG - 23A*)

Gambar 4 : Jejak lapisan ionosfer yang menunjukkan terjadinya penutupan (*blanketing*) terhadap sebagian lapisan F (f_0-f_1) oleh lapisan *E-Sporadis* yang terjadi di atas stasiun Manado-Tomohon pada tanggal 12 Januari 2013 pukul 20 WITA.

Gambar 2(a) menunjukkan jejak lapisan *Es* yang muncul pada malam hari di atas stasiun Manado-Tomohon (1,48°LU, 124,85°BT). Jejaknya berupa garis lurus (ruas b–c) pada ketinggian ~100 km dan jejak pantulan keduanya terlihat pada ketinggian ~200 km. Pada pantulan kedua, jejaknya lebih pendek daripada jejak pantulan pertama. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua gelombang radio dengan frekuensi tertentu dapat dipantulkan lebih dari satu kali oleh lapisan *Es*.

Gambar 2(b) memperlihatkan jejak lapisan *Es* yang muncul pada siang hari bersama-sama dengan kemunculan jejak lapisan E normal di sebelah kirinya. Bentuk jejaknya tidak benar-benar berupa garis lurus, melainkan berupa garis mendatar yang sedikit melengkung. Letak lapisan *Es* yang terjadi sedikit lebih tinggi daripada lapisan E normal pada ketinggian ~100 km.

Bentuk lengkungan jejak lapisan *Es* menunjukkan tipe dari lapisan ini. Secara umum dikenal 10 tipe lapisan *Es* seperti pada Gambar 3. Dari 10 tipe lapisan *Es*, tipe *f*, *c*, *b*, *q*, dan *r* yang sering dijumpai di Indonesia. Tipe-tipe tersebut merupakan salah satu ciri khas lapisan ionosfer lintang rendah seperti ionosfer di atas Indonesia.

4. Blanketing oleh Lapisan *E-Sporadis*

Sifat lain dari lapisan *Es* adalah dapat ditembus (transparan) oleh gelombang radio dengan frekuensi tertentu. Jadi, terdapat rentang frekuensi tertentu yang dipancarkan ionosoda yang dapat menembus lapisan *Es* dan ada rentang frekuensi lainnya yang tidak mampu menembusnya. Contoh

pada Gambar 4 menunjukkan bahwa gelombang radio pada rentang frekuensi f_1 – f_2 dapat menembus lapisan *Es* sehingga gelombang radio tersebut dapat mencapai lapisan F di atasnya dan jejaknya terekam dalam ionogram pada ketinggian ~400 km. Sedangkan gelombang radio pada rentang frekuensi f_0 – f_1 hanya dipantulkan oleh lapisan *Es* karena tidak mampu menembusnya, sehingga tidak ada jejak lapisan F pada rentang frekuensi tersebut dalam ionogram. Kejadian ini disebut *blanketing* atau terhalangi oleh lapisan *Es* dengan f_1 disebut frekuensi *blanketing* (f_b) yang merupakan salah satu parameter lapisan ionosfer yang dihasilkan dari proses interpretasi ionogram (*scaling*).

Dari Gambar 4 juga dapat disimpulkan bahwa lapisan *Es* dapat berperan ganda, yaitu memantulkan (f_1 – f_2) dan menghalangi (f_0 – f_1) perambatan gelombang radio yang dipancarkan ionosoda. Dari peran pertama, lapisan *Es* dapat dimanfaatkan untuk memantulkan gelombang radio pada komunikasi jarak jauh, sedangkan peran kedua menunjukkan bahwa lapisan *Es*

dapat menjadi gangguan yaitu menghalangi perambatan gelombang radio yang seharusnya dapat dipantulkan oleh lapisan F di atasnya.

Kejadian *blanketing* oleh lapisan *Es* terhadap lapisan F dapat terjadi pada malam maupun siang hari, bahkan dapat pula terjadi *blanketing* secara total. Gambar 5 menunjukkan kejadian *blanketing* total di atas stasiun Manado-Tomohon. Gambar 5(a) menunjukkan kejadian *blanketing* total pada dini hari. Pada kejadian ini jejak lapisan F sama sekali tidak terekam dalam ionogram. Meskipun jejak lapisan F tidak ada pada ionogram, hal ini tidak berarti bahwa lapisan F tidak ada. Lapisan F tetap ada tetapi tidak dapat diamati dengan ionosonda karena terhalangi oleh lapisan *Es*.

Gambar 5(b) menunjukkan kejadian *blanketing* total pada sore hari (pukul 15 WITA). Biasanya, pada jam tersebut lapisan F terekam dengan jelas dalam ionogram. Namun, pada saat itu muncul lapisan *Es* yang sangat kuat dengan frekuensi maksimum mencapai ~11 MHz dan menutupi seluruh jejak lapisan F di atasnya. (Bersambung). ■

Gambar 5 : Jejak lapisan ionosfer yang menunjukkan terjadinya penutupan (*blanketing*) secara total terhadap lapisan F oleh lapisan *E-Sporadis* yang terjadi di atas stasiun Manado-Tomohon pada tanggal 27 Juli 2013 pukul (a) 05 WITA dan (b) 15 WITA.

Catatan Seorang Peneliti : Gerhana Bulan Perige, 31 Januari 2018

Oleh :

R. Priyatikanto

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Gerhana Bulan merupakan peristiwa astronomis yang memukau umat manusia sejak dulu hingga kini. Tak disangka sebelumnya, antusiasme masyarakat Indonesia dalam menyambut fenomena ini pun luar biasa. Salah satu alasannya adalah keistimewaan gerhana yang terjadi saat Bulan berada dekat dengan Bumi serta terjadi saat purnama kedua bulan Januari 2018. Sedemikian istimewanya sehingga peristiwa ini menyandang gelar *Super Blue Blood Moon*, gerhana langka yang terjadi puluhan tahun sekali.

Pada tulisan kali ini, saya akan berbagi cerita terkait peristiwa langka tersebut dari sudut pandang saya sebagai seorang peneliti muda di Pusat Sains Antariksa LAPAN.

Perkiraan waktu dan lokasi terjadinya gerhana Bulan dan gerhana Matahari merupakan pekerjaan yang telah dilakukan sejak lama. Empat milenium yang lalu, astronom Tiongkok

ditugasi kaisar untuk memperkirakan kejadian gerhana Matahari. Namun, kegagalan mereka berujung pada hukuman mati. Usaha terus dilakukan oleh banyak astronom di seluruh dunia hingga menghasilkan pemahaman yang memadai tentang peredaran Bumi dan Matahari. Pemahaman komprehensif ini memungkinkan astronom moderen untuk memperkirakan peristiwa semacam ini, bahkan untuk 1000 tahun yang akan datang. Singkat cerita, peristiwa Gerhana Bulan 31 Januari 2018 telah diketahui sejak lama meskipun isunya baru menyeruak beberapa pekan sebelum peristiwa tersebut berlangsung.

Awal tahun 2018, sejumlah peneliti sains antariksa LAPAN berencana melakukan pengamatan dan pemotretan gerhana tersebut. Beberapa perangkat teleskop dan kamera telah disiapkan untuk melaksanakan pengamatan di

Kantor Pusat Sains Antariksa LAPAN di Bandung. Nama saya tidak termasuk dalam daftar pengamat. Alasannya, musim hujan yang masih melingkupi bulan Januari kemungkinan besar dapat menggagalkan pengamatan dan saya lebih memilih untuk mempersiapkan pengamatan bersama keluarga di rumah.

Namun, rencana pengamatan di rumah urung dilaksanakan. Pada pertengahan bulan Januari 2018, Kepala Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (BUTPAA) LAPAN atau sebut saja LAPAN Garut menyampaikan permintaan narasumber untuk kegiatan sosialisasi dan edukasi publik terkait gerhana. Saya pun segera mempersiapkan materi edukasi yang efektif dan informatif. Dalam paparan singkat yang telah saya persiapkan, diulas karakteristik orbit Bumi dan Bulan serta keteraturan yang ada. Sejumlah hitungan periode (sinodis, draconis, anomalistik) diperkenalkan secara singkat dalam paparan tersebut karena perpaduan tiga periode ini akan menghasilkan gerhana Bulan

Gambar 1 : Tahapan gerhana Bulan perige (*super blue blood moon*) tanggal 31 Januari 2018.

Gambar 2 : Peta prediksi curah hujan tanggal 31 Januari 2018 yang dibuat SADEWA sekitar satu hari sebelumnya. Daerah Garut tampak cukup bersih dari awan hujan.

perige (*super blue blood moon*) yang tergolong langka. Karakteristik gerhana 31 Januari 2018 juga disampaikan secara ringkas di dalamnya (lihat Gambar 1).

Setelah mempersiapkan segala sesuatunya, saya bersama seorang sopir berangkat menuju Garut pada pagi hari tanggal 31 Januari. Perjalanan selama lebih dari empat jam tidak hanya diisi dengan melihat pemandangan beberapa kota kecil, pasar, sawah, dan kebun, tetapi juga diisi dengan melayani permintaan para pencari berita. Seperti itulah peneliti seharusnya. Kakinya tetap berada di permukaan tanah sehingga ilmunya tetap membumi. Kepalanya menjulang tinggi sehingga dapat berpandangan dan berwawasan luas serta belum terlihat batasnya. Tangannya dapat menggandeng siapa saja, baik jauh maupun dekat, untuk berkolaborasi memecahkan teka-teki semesta ini.

Wawancara melalui telepon dilakukan dua kali dalam satu jam. Satu dengan stasiun radio di Jakarta, satu lagi dengan stasiun radio di Surakarta. Pertanyaannya kurang lebih sama. Pertama, istilah *super blue blood moon* yang perlu dijabarkan. Kedua, kapan dan seberapa sering peristiwa ini terjadi. Ketiga, apakah peristiwa ini dapat dilihat di seluruh wilayah Indonesia. Keempat, adakah dampak yang ditimbulkan dari peristiwa ini.

Jawabannya perlu disampaikan secara ringkas dan jelas. Pertama, *super blue blood moon* merupakan nama perpaduan dari *super moon* atau purnama yang tampak besar, *blue moon* atau purnama kedua dalam satu bulan kalender, dan *blood*

moon atau gerhana Bulan total yang membuat purnama tampak merah padam. Jawaban atas pertanyaan kedua adalah tanggal 31 Januari 2018, gerhana Bulan umbra terjadi pukul 18.48-22.11 WIB sementara totalitas berlangsung pukul 19.52-21.08 WIB. Gerhana sejenis pernah terjadi 36 tahun yang lalu, tepatnya tanggal 30 Desember 1982. Gerhana Bulan 31 Januari 2018 dapat disaksikan di seluruh wilayah Indonesia, tapi pemburu foto gerhana perlu menimbang kondisi cuaca lokasi pengamatan. Bila diprediksi mendung atau hujan, sebaiknya jangan pilih lokasi tersebut. Layanan SADEWA (Gambar 2) dari Pusat Sains dan Teknologi Antariksa LAPAN dapat menjadi rujukan. Menurutnya, daerah Jakarta hingga Garut tidak berpotensi besar untuk mendung dan hujan. Pertanyaan terakhir perlu dijawab dengan berimbang. Berimbang dalam arti mencerdaskan dan mengingatkan, tapi tidak menimbulkan kekhawatiran yang berlebihan. Gerhana Bulan perige terjadi saat Bulan berada di perige, titik terdekatnya dengan Bumi. Saat itu, Bulan tampak 6% lebih besar dan 12% lebih terang dari rata-rata. Tentu tidak berbahaya. Dampak lain menyangkut gravitasi dan pasang-surut air laut yang diperkirakan mencapai 18% dari rata-rata, tidak berada pada level yang perlu dikhawatirkan.

Permintaan wartawan atau media tidak datang satu atau dua kali saja. Ketika isu fenomena astronomis telah bergulir, permintaan dan pertanyaan terus mengalir. Permintaan untuk menjadi narasumber siaran langsung di studio televisi pun berdatangan ke Bagian Humas

LAPAN. Tentu tidak semuanya dapat dipenuhi karena keterbatasan peneliti bidang astronomi/astrofisika di LAPAN.

Saat azan Zuhur berkumandang, saya tiba di Kantor LAPAN Garut dan segera melakukan persiapan setelah santap siang bersama.

Acara sosialisasi di Gedung Kendali dimulai sekitar pukul 16.00 WIB dan dihadiri oleh sekitar 50 orang peserta dari SMA/SMK di daerah Garut Selatan. Pengenalan LAPAN menjadi menu awal sosialisasi, dilanjutkan dengan paparan seputar gerhana. Menjelang Magrib, acara dipindahkan ke hangar untuk melaksanakan salat berjamaah diikuti ceramah dan salat khusuf yang dipimpin oleh ulama setempat. Sekitar pukul 19.00 WIB, pengamatan bersama dilakukan di area lapang.

Sebuah teleskop refraktor yang dilengkapi kamera digital mengarah ke Bulan yang tampak samar di balik awan. Beberapa kali Bulan yang telah tertutup bayang-bayang Bumi tampak di antara awan sehingga pemotretan dapat dilakukan (Gambar 3).

Bulan tampak memerah saat terjadi totalitas. Warna merah itu sebenarnya merupakan cahaya Matahari yang tersaring atmosfer Bumi. Ketika melewati atmosfer, cahaya biru dari Matahari terhambur ke segala arah hingga habis. Cahaya yang tersisa dan mencapai permukaan Bulan hanyalah cahaya merah. Semakin keruh atmosfer Bumi, semakin merah-gelap penampakan Bulan saat gerhana.

Karakteristik warna dan spektrum Bulan saat gerhana sering digunakan astronom untuk memahami proses pembentukan spektrum

transmisi. Spektrum transmisi amat penting dalam studi planet di luar tata surya (eksoplanet). Dalam upaya mencari planet mirip Bumi yang mendukung kehidupan, astronom perlu mendapatkan spektrum transmisi untuk mengetahui komposisi atmosfer planet tersebut. Studi semacam ini dapat dilakukan dengan teleskop berdiameter besar. Bisa jadi, karakterisasi eksoplanet menjadi agenda penelitian astronom Indonesia pada masa yang akan datang di Observatorium Nasional Timau.

Rangkaian acara sosialisasi selesai sekitar pukul 22.00 WIB. Peralatan dibongkar kembali dan disimpan di tempat aman. Berita

kegiatan segera disusun untuk disebarluaskan secepatnya. Rasa lelah dan kantuk mulai merundung. Waktunya istirahat sebelum bersiap kembali ke Bandung.

Dua hal yang saya simpulkan dari perjalanan pengamatan dan edukasi publik kali ini. Pertama, masyarakat sangat antusias dan tertarik dengan peristiwa ini. Langit malam beserta fenomenanya adalah aset yang perlu dijaga baik-baik. Jangan sampai kita tidak dapat lagi menyaksikan gerhana Bulan karena langit dipenuhi kabut asap. Kedua, prediksi SADEWA benar adanya. Gerhana berhasil dipotret dari Garut meskipun tidak secara keseluruhan. ▣

Gambar 3 : Potret Bulan saat gerhana, tepatnya pukul 20.45 WIB tanggal 31 Januari 2018. Potret ini diambil di LAPAN Garut menggunakan kamera Ioptron IE5100 yang terpasang pada teleskop refraktor 66 mm oleh A. Nugraha dan R. Priyatikanto.

Astrofotografi: Seni Memotret Objek Astronomi

Oleh :

M. Z. Nurzaman

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Semenjak zaman dahulu keindahan langit malam selalu memukau setiap mata yang memandangnya. Bimasakti yang tiap malam dapat diamati dari langit Indonesia, tak pernah membuat bosan dan selalu memberikan rasa takjub kepada siapa saja yang memandangnya. Rasi-rasi bintang, seperti Orion, Crux, Scorpio, dan Taurus, dan bintang-bintang terang, seperti Vega, Sirius, dan Betelgeuse, turut melengkapi kemegahan pemandangan langit malam. Bintang fajar (planet Venus), Mars, Jupiter, dan Bulan dengan berbagai fasenya menjadi dekorasi tambahan yang tidak bisa diabaikan. Awalnya, keindahan objek-objek tersebut, atau biasa disebut sebagai objek astronomi, dinikmati dengan mata telanjang atau lewat lukisan (Gambar 1). Saat teknologi kamera sudah ada dan mulai berkembang,

objek astronomi turut menjadi sasaran untuk diabadikan dalam foto. Pengambilan foto objek astronomi sering disebut sebagai astrofotografi.

Saat ini, astrofotografi menjadi salah satu cabang fotografi yang cukup populer di kalangan masyarakat. Terlebih lagi ketika terjadi fenomena astronomi yang menarik perhatian, seperti gerhana Matahari total dan gerhana Bulan total, atau ketika sedang berlibur ke daerah dengan polusi cahaya yang masih minim. Kita pasti tidak ingin ketinggalan untuk mengabadikan momen tersebut dengan kamera, baik kamera ponsel maupun kamera yang lebih canggih seperti kamera DSLR. Namun, terkadang hasil jepretan tidak sesuai dengan kenyataan ataupun dengan keinginan kita. Foto yang dihasilkan bisa jadi terlalu gelap, terlalu terang, atau memiliki kontras yang buruk. Ternyata ada teknik-teknik khusus serta terminologi tertentu yang

minimal harus kita ketahui untuk menghasilkan foto yang bagus ketika melakukan astrofotografi.

Untuk memulai astrofotografi, kita, khususnya astrofotografer amatir, setidaknya harus mempunyai peralatan utama seperti kamera sebagai perekam, lensa/teleskop sebagai pengumpul cahaya, dan tripod sebagai penyangga. Sebagian astrofotografer amatir ataupun profesional menambahkan *mounting* sebagai alat penggerak untuk menghasilkan foto yang ciamik. Penggunaan tripod sangat dianjurkan dalam astrofotografi untuk menghilangkan efek goyangan saat kamera sedang

Gambar 1 : Lukisan karya Van Gogh tahun 1889 yang berjudul *The Starry Night*.

mengambil gambar dengan waktu eksposur yang lama, sedangkan penggunaan *mounting* diperlukan untuk mengikuti objek astronomi yang tampak bergerak akibat rotasi Bumi.

Kamera yang digunakan untuk astrofotografi harus mempunyai mode manual serta lensa yang bisa digonta-ganti, contohnya kamera DSLR. Ukuran sensor kamera akan memengaruhi kualitas foto yang diambil. Makin besar ukuran sensor, makin bagus sensitivitasnya terhadap lingkungan bercahaya redup. Hal ini cukup penting karena objek astrofotografi umumnya mempunyai cahaya yang redup. Gambar 2 menunjukkan ukuran sensor kamera dan contoh produknya.

Pemilihan ukuran lensa/teleskop tergantung pada ukuran objek dan kualitas gambar yang ingin dihasilkan. Lensa/teleskop berfungsi sebagai pengumpul cahaya, makin besar diameternya makin banyak cahaya yang dikumpulkan. Namun bukan berarti kita harus memilih lensa/teleskop dengan diameter paling besar untuk menghasilkan foto yang bagus. Ada aspek resolusi foto yang harus diperhitungkan. Resolusi atau kemampuan memisahkan dua benda berbanding terbalik dengan diameter lensa/teleskop. Jadi, makin besar ukuran lensa/teleskop, resolusi foto akan makin berkurang.

Aspek lain yang perlu diperhitungkan adalah panjang fokus. Panjang fokus lensa/teleskop berkaitan dengan skala bayangan atau perbesaran objek. Objek akan terlihat lebih besar jika menggunakan lensa/teleskop

dengan panjang fokus yang lebih panjang, dan sebaliknya. Untuk pengamatan objek yang memerlukan detail seperti mengamati planet Saturnus beserta cincinnya atau satelit-satelit besar Jupiter biasanya menggunakan lensa/teleskop dengan panjang fokus yang panjang. Namun jika objek yang ingin dipotret mempunyai bentangan sudut yang luas seperti Bima Sakti, kamera yang dipakai umumnya mempunyai panjang fokus yang pendek.

Setelah melengkapi peralatan utama untuk astrofotografi, langkah selanjutnya adalah mencari lokasi pemotretan dengan kadar polusi cahaya yang rendah atau jauh dari cahaya perkotaan. Polusi cahaya termasuk cahaya perkotaan dapat memengaruhi kualitas foto dan mengurangi jumlah objek astronomi yang dapat diamati.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengaturan kamera. Ubah pengaturan kamera menjadi mode manual. Dalam mode manual, perlu diperhatikan pengaturan ISO, *aperture* atau diameter bukaan diafragma kamera, *shutter speed* atau waktu eksposur, dan fokus kamera. ISO yang lebih tinggi dapat meningkatkan jumlah cahaya yang ditangkap oleh kamera, namun dapat juga meningkatkan *noise*. Cara cepat

untuk mengetahui ISO yang cocok adalah dengan melihat histogram fotonya. Histogram merupakan representasi dari distribusi intensitas piksel dalam sebuah citra. Pengaturan ISO sudah sesuai ketika bentuk histogramnya normal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Aperture atau diameter bukaan diafragma kamera diberi simbol $f/\text{'angka'}$. Atur fokus kamera sampai ke tak hingga untuk objek yang sangat jauh seperti bintang. Teknik memotret dalam astrofotografi sangat beragam tergantung dari objek yang ingin difoto. Pemotretan objek terang seperti Matahari terbit atau terbenam dan Bulan purnama dapat dilakukan menggunakan ISO paling kecil (100 atau 200), *aperture* kecil ($f/8$ – $f/16$), dan waktu eksposur singkat (1/160–1/640 detik). Fokus kamera pun perlu diatur ulang. Pada pemotretan Bulan purnama, fokus biasanya diatur hingga kawah Bulan sudah terlihat jelas. Pengaturan fokus untuk memotret Matahari bisa menggunakan benda-benda yang menjadi latar depan. Jika

Name	Full Frame	APS-C	Four Thirds	1/1.7"	1/2.3"	1/3.2"
Area
Size	36 x 24 mm ²	23.6 x 15.5 mm ²	18 x 13.5 mm ²	7.6 x 5.7 mm ²	6.1 x 4.6 mm ²	4.4 x 3.3 mm ²
Camera Type	High End DSLRs	Midrange and Entry Level DSLRs	Olympus DSLRs	High End Compacts	Low mid Compacts	Mobile Cameras
Cameras	Nikon D850	Nikon D3500	Olympus E-5	Sony Cyber-shot DSC-HX300	Sony Cyber-shot DSC-WX350/B	Apple iPhone 5
	Canon 5D Mark III	Canon 1200D	Panasonic Lumix DMC-L10	Nikon Coolpix P610	Canon PowerShot SX610 HS	HTC One

Gambar 2 : Ukuran sensor kamera.

Gambar 3 : Jenis-jenis histogram citra.

Gambar 4 : Foto bidang langit di arah pusat galaksi Bimasakti.

Gambar 5 : Foto jejak bintang-bintang di dekat kutub utara langit, diambil di kecamatan Amfoang Tengah, Kupang.

pengambilan gambar dilakukan menggunakan filter Matahari, fokus kamera diatur hingga tepian piringan Matahari terlihat jelas. Objek redup seperti bintang-bintang atau Bimasakti dapat dipotret menggunakan ISO tinggi (lebih dari 800), *aperture* besar ($f/2-f/5.6$), dan waktu eksposur panjang (lebih dari 10 detik). *Mounting* dapat digunakan untuk menjaga agar foto bintang yang dihasilkan tetap bulat, tidak lonjong akibat efek rotasi Bumi, untuk waktu eksposur selama apapun. Syaratnya, *mounting* sudah menuju ke arah yang benar. Namun jika kita tidak mempunyai *mounting*, kita bisa menggunakan kaidah 600 untuk membatasi waktu eksposur sehingga citra bintang yang dihasilkan tetap bulat. Kaidah 600 adalah waktu eksposur maksimal agar citra bintang tetap bulat dengan perumusan $600 \text{ dibagi panjang fokus lensa/teleskop}$. Sebagai contoh, jika kita menggunakan lensa dengan panjang fokus 28 mm maka waktu eksposur maksimalnya adalah $600 \text{ dibagi } 28$, yaitu 21,42 detik. Gambar 4 merupakan contoh dari foto galaksi Bimasakti yang diambil di Kecamatan Amfoang Tengah, Kupang. Foto tersebut diambil menggunakan kamera dengan tipe sensor APS-C, ISO 12800, waktu eksposur 30 detik, *aperture* $f/5.6$, dan panjang fokus 18 mm. Foto diambil menggunakan kamera dengan tripod tanpa *mounting* dan telah melalui proses penyuntingan.

Foto jejak bintang-bintang juga merupakan salah satu karya astrofotografi yang bisa kita hasilkan. Foto tersebut dihasilkan dengan menjejaki pergerakan bintang-bintang sebagai akibat dari rotasi Bumi. Cukup dengan memasang kamera di tripod, mengatur ISO 800 atau lebih dan *aperture* besar, lalu memilih waktu eksposur maksimal (~ 30 detik). Ambil beberapa citra, lalu lakukan proses penumpukan untuk

menghasilkan foto seperti pada Gambar 5. Foto tersebut dihasilkan dari penumpukan 79 citra. Masing-masing citra mempunyai ISO 6400, waktu eksposur 30 detik, *aperture* $f/5.6$, dan panjang fokus 18 mm. Latar depan tampak terang karena adanya cahaya Bulan fase kuartil awal.

Pemotretan objek astronomi lain, seperti nebula, gugus bintang, dan galaksi-galaksi lainnya, membutuhkan filter tambahan dan sensor kamera yang lebih sensitif daripada kamera DSLR. Hal ini bertujuan supaya fitur-fitur dan keindahan objek tersebut bisa dieksplorasi untuk menghasilkan gambar yang sangat indah. Selain menggunakan kamera DSLR, astrofotografi juga bisa dilakukan menggunakan kamera saku atau kamera ponsel. Namun karena keterbatasan sensor dan lensanya, foto yang dihasilkan oleh kamera saku atau kamera ponsel tidak akan sebaik foto yang diambil menggunakan kamera DSLR. Selain itu, astrofotografi menggunakan kamera saku atau kamera ponsel akan terbatas pada objek-objek terang saja, seperti Matahari atau Bulan purnama. Pada tiap pengambilan foto, usahakan menyimpan data dalam bentuk RAW juga untuk mempermudah proses penyuntingan.

Tahap selanjutnya yang tidak kalah penting, setelah berhasil mendapatkan citra yang diinginkan, adalah melakukan penyuntingan

Gambar 6 : Citra hilal awal Zulkaidah 1438 H / 24 Juli 2017. Citra diperoleh menggunakan teleskop dan kamera CCD.

citra. Banyak perangkat lunak yang bisa digunakan untuk proses tersebut, mulai dari perangkat lunak berbayar seperti Adobe Photoshop sampai perangkat lunak gratis seperti Deep Sky Stacker.

Tahun lalu, Pusat Sains Antariksa mengadakan lomba astrofotografi sebagai bagian dari acara Festival Sains Antariksa. Lomba tersebut dibagi menjadi dua kategori, yaitu astrofotografi hilal dan astrofotografi keantariksaan. Kategori astrofotografi hilal, dengan peserta umum, dilaksanakan mulai tanggal 25 Mei 2017 (awal Ramadan 1437 H) sampai dengan 25 Agustus 2017 (awal Zulhijah 1437 H). Sedangkan kategori astrofotografi keantariksaan, dengan peserta khusus siswa SMP dan SMA atau sederajat, dilaksanakan tanggal 25 Mei-15 September 2017. Juara pertama lomba astrofotografi hilal (Gambar 6) berasal dari Kudus, Jawa Tengah atas nama Joko Prasetyo, sedangkan juara pertama lomba astrofotografi keantariksaan (Gambar 7) berasal dari SMAN 1 Gresik, Jawa Timur atas nama Diana Novitasari. ■

Gambar 7 : Citra Matahari terbit di Gunung Semeru tanggal 1 Juni 2017. Citra diperoleh menggunakan kamera tipe APS-C.

Aktivitas Matahari

Desember 2018 - Februari 2018

Oleh :
S. Sulistiani
Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Selama rentang waktu Desember 2017 hingga Februari 2018 tercatat 10 daerah aktif yang muncul pada permukaan Matahari, yaitu NOAA 12690-12699 dengan konfigurasi magnet yang secara umum sederhana (kelas Hale *alpha* dan *beta*). Bulan Desember 2017 diawali oleh permukaan Matahari tanpa bintik. Daerah aktif NOAA 2690 muncul pada 6 Desember dan segera meluruh pada 8 Desember. Daerah aktif NOAA 12692 mulai berkembang pada 19 Desember dengan konfigurasi medan magnet *beta* sederhana. Ia menghasilkan cukup banyak *flare* kelas B. Daerah aktif ini meluruh menjadi konfigurasi *alpha* pada 27 Desember dan menjadi *plage* H-*alpha* pada 28 Desember.

Selama bulan Desember 2017 terjadi beberapa erupsi filamen namun tidak berasosiasi dengan lontaran massa korona (*coronal mass ejection*/CME).

Pada 6 Januari, sebuah bintik kecil (daerah aktif NOAA 12693) muncul di kuadran utara-barat tetapi segera meluruh keesokan harinya. Daerah aktif NOAA 12696 muncul di permukaan Matahari pada tanggal 16 Januari dan tidak menghasilkan *flare* yang signifikan.

NOAA 12697 muncul pada permukaan Matahari pada tanggal 31 Januari dengan konfigurasi magnet *beta*, menjadi *alpha* pada 1 Februari, dan meluruh menjadi *plage* H-*alpha* pada 2 Februari. NOAA 12698 muncul dari tepi timur pada 3 Februari dengan konfigurasi

magnet *alpha* dan meluruh menjadi *plage* H-*alpha* keesokan harinya. Kedua daerah aktif ini tidak menghasilkan *flare* di atas kelas B.

Pada 4 Februari NOAA 12699 mulai muncul di tepi timur dengan konfigurasi medan magnet *alpha* dan menghasilkan *flare* C1.1 yang mencapai puncak pukul 20.24 UT. NOAA 12699 adalah daerah aktif paling produktif *flare* selama rentang

tiga bulan terakhir dengan total 75 *flare* kelas B dan 6 *flare* kelas C. *Flare* terkuat adalah *flare* C8.1 yang memuncak pada 7 Februari pukul 13.47 UT (Gambar 1). Pada tanggal 12 Februari daerah aktif ini menghasilkan sebuah *flare* C1.5 berdurasi panjang (lebih dari 3 jam) yang memuncak pada pukul 01.35 UT (Gambar 2). Citra pengamatan instrumen AIA (*Atmospheric Imaging Assembly*) 193 Å di SDO (*Solar Dynamics Observatory*) menunjukkan adanya peredupan korona atau dikenal juga sebagai lubang korona *transient* (“sementara”) di sekitar pusat piringan Matahari, mengindikasikan bahwa *flare* ini

Gambar 1 : Citra Matahari pada panjang gelombang visual (kiri) yang menunjukkan daerah aktif NOAA 12699 ketika terjadi *flare* C8.1 pada tanggal 7 Februari 2018, diamati pada panjang gelombang ultraviolet ekstrem 304 Å (kanan) oleh instrumen AIA di satelit SDO.

Gambar 2 : Peristiwa peredupan korona yang direkam oleh instrumen AIA 193 Å SDO sebelum (kiri), pada saat (tengah), dan setelah (kanan) peristiwa *flare* C1.5 berdurasi panjang tanggal 12 Februari 2018 di NOAA 12699.

berasosiasi dengan sebuah CME. Koronagraf C2 LASCO (*Large Angle and Spectrometric Coronagraph*) di satelit SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*) mendeteksi sebuah CME halo asimetris (Gambar 3) pada pukul 01.25 UT dengan laju sekitar 500 km/det.

Fluks proton Matahari dengan energi >10 MeV yang diukur oleh satelit geostasioner GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) selama Desember 2017-Februari 2018 tetap berada pada level tenang karena kondisi aktivitas Matahari yang rendah. ▣

Gambar 3 : Peristiwa CME asimetris yang berasosiasi dengan flare C1.5 berdurasi panjang di NOAA 12699 tanggal 12 Februari 2018. (Sumber: CACTus)

Tabel 1 : Prediksi bilangan bintik Matahari bulanan periode Maret 2018-Januari 2019

Bulan	Prediksi Bilangan Sunspot
Maret 2018	11.1 ± 2.9
April 2018	10.1 ± 3.0
Mei 2018	9.3 ± 3.0
Juni 2018	8.5 ± 3.0
Juli 2018	7.5 ± 2.8
Agustus 2018	6.7 ± 2.8
September 2018	6.2 ± 2.9
Oktober 2018	5.8 ± 3.0
November 2018	5.5 ± 3.0
Desember 2018	5.2 ± 3.0
Januari 2019	5.1 ± 3.1

(metode filter Kalman adaptif pada metode McNish & Lincoln (WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, Brussels))

Aktivitas Geomagnet Desember 2017 – Februari 2018

Oleh :
V. Wellyanita
Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Aktivitas geomagnet sepanjang bulan Desember 2017 relatif tenang, dengan nilai indeks K lokal rata-rata berada di bawah $K=3$, meskipun nilai Dst terendah adalah -45 nT (Gambar 1). Balai Kendali Satelit,

Pengamatan Antariksa dan Atmosfer, Pengideraan Jauh Biak mencatat nilai indeks K maksimum sepanjang bulan itu adalah $K=3$ (Gambar 2), sedangkan Stasiun Meteorologi dan Klimatologi BMKG Kupang

Gambar 1 : Indeks Dst pada Bulan Desember 2017

Gambar 2 : Indeks KBalai Kendali Satelit, Pengamatan Antariksa dan Atmosfer, Pengideraan Jauh Biak pada Bulan Desember 2017

Gambar 3 : Indeks K Stasiun Meteorologi dan Klimatologi BMKG Kupang pada bulan Desember 2017

sempat mencatat nilai indeks K = 4 pada tanggal 26 Desember 2017 (gambar 3), yang berarti kondisi geomagnet berada pada level aktif walaupun nilai Dst terendah pada saat itu hanya -27 nT. Gangguan pada aktivitas geomagnet ini disebabkan oleh aliran plasma berkecepatan tinggi yang berasal dari lubang korona yang bersifat geoeftif.

Pada awal tahun 2018, aktivitas geomagnet relatif tenang, hanya mengalami kondisi aktif di awal bulan Januari dengan indeks K = 4 yang terekam pada Stasiun Meteorologi dan Klimatologi BMKG Kupang (Gambar 6) tanggal 7 Januari 2018. Indeks Dst terendah selama bulan Januari 2018 bernilai -22 nT pada tanggal 22 Januari 2018 (Gambar 4). Gangguan tersebut disebabkan oleh lubang korona yang bersifat geoeftif di ekuator Matahari dengan polaritas negatif.

Pada bulan Februari 2018 aktivitas geomagnet diawali dengan kondisi tenang dan kemudian menjadi aktif di akhir bulan akibat aliran plasma dari lubang korona di sentral ekuator Matahari sehingga menyebabkan indeks Dst menurun sampai -31 nT (Gambar 7). Respon indeks K lokal wilayah Indonesia pada saat kondisi aktif tersebut terekam di Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (BPAA) Sumedang (Gambar 8) dan Stasiun Meteorologi dan Klimatologi BMKG Kupang (Gambar 9) nilai indeks K = 4. Kondisi aktif tersebut akibat dari peningkatan kecepatan aliran plasma berkecepatan tinggi dari lubang korona hingga sekitar 550 km/detik. ■

Gambar 4 : Indeks Dst pada Bulan Januari 2018

Gambar 5 : Indeks K Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (BPAA) Sumedang pada bulan Januari 2018

Gambar 6 : Indeks K Stasiun Meteorologi dan Klimatologi BMKG Kupang pada bulan Januari 2018

Gambar 7 : Indeks Dst pada bulan Februari 2018

Gambar 8 : Indeks K Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (BPAA) Sumedang pada bulan Februari 2018

Gambar 9 : Indeks K Stasiun Meteorologi dan Klimatologi BMKG Kupang pada bulan Februari 2018

Koneksitas Jaringan ALE-LAPAN dan Indeks T Regional

Oleh :

A. S. Mardiani

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Dari pengamatan jaringan komunikasi *Automatic Link Establishment* (ALE) sirkit komunikasi Watukosek – Bandung (jarak 571km) selama bulan Februari 2018, frekuensi 7 MHz dan 10 MHz tercatat memiliki keberhasilan tinggi (lihat Tabel 1). Untuk frekuensi 7 MHz, keberhasilan tinggi terjadi sekitar pukul 7:00 – 23:59 WIB sedangkan frekuensi 10 MHz tercatat memiliki keberhasilan tinggi pada pukul 10:00 – 19:59 WIB.

Untuk jaringan ALE sirkit Pekanbaru – Bandung (jarak 1069 km) selama Februari 2018 (lihat Tabel 2), keberhasilan komunikasi rendah & tinggi terjadi pada frekuensi 10 MHz pada pukul 7:00 – 23:59 WIB sedangkan pada sirkit Pontianak – Bandung (jarak 788 km), keberhasilan komunikasi rendah terjadi untuk frekuensi 10 MHz terjadi pukul 10:00 – 19:59 WIB (Lihat Tabel 3).

Untuk rekomendasi frekuensi terbaik dalam komunikasi HF, dapat dilihat pada buku prediksi edisi triwulan II tahun 2018 yang diterbitkan LAPAN. LAPAN juga melayani prediksi frekuensi komunikasi HF dengan sirkit yang lebih spesifik, sesuai permintaan pengguna. Tabel 4 memuat indeks T Regional Indonesia untuk bulan April 2018 – Maret 2019. ■

Tabel 4 : Indeks T Regional Indonesia periode April 2018 – Maret 2019

Tabel 1 : Keberhasilan Komunikasi Sirkit Watukosek – Bandung selama Februari 2018

SIRKUIT/FREKUENSI	WAKTU (WIB)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Februari 2018																								
WATUKOSEK - BANDUNG																								
7.0495	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
7.102	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
10.1455	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
14.109	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆

Tabel 2 : Keberhasilan Komunikasi Sirkit Pekanbaru – Bandung selama Februari 2018

SIRKUIT/FREKUENSI	WAKTU (WIB)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Februari 2018																								
WATUKOSEK - BANDUNG																								
7.102	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
10.1455	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆

Tabel 3 : Keberhasilan Komunikasi Sirkit Pontianak – Bandung selama Februari 2018

SIRKUIT/FREKUENSI	WAKTU (WIB)																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Februari 2018																								
WATUKOSEK - BANDUNG																								
7.0495	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
7.102	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
10.1455	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆

Perbandingan Kemunculan Sintilasi Ionosfer di Atas Bandung Periode Desember 2017 – Februari 2018

Oleh :
D. Marlia
Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Aktivitas sintilasi ionosfer di atas Bandung selama periode 3 bulan (Desember 2017 sampai dengan Februari 2018), menunjukkan tidak ada kemunculan sintilasi kategori kuat (*strong*) selama periode bulan tersebut. Sehingga kondisi aktivitas sintilasi ionosfer dikategorikan dalam kondisi tenang (*quiet*) dan sedang (*moderate*).

Data yang digunakan adalah data indeks sintilasi amplitudo (S4) yang diperoleh dari *GPS Ionospheric Scintillation and TEC Monitor* (GISTM) yang dioperasikan di Bandung ($6,9^{\circ}$ LS dan $107,6^{\circ}$ BT) selama periode 3 bulan pengamatan, yaitu bulan Desember 2017 – Februari 2018. Tabel 1 menunjukkan klasifikasi sintilasi (indeks S4) untuk stasiun Bandung bulan Desember 2017 – Februari 2018.

Gambar 1 : Persentase Kemunculan S4 indeks

Kemunculan sintilasi selama bulan Desember 2017 adalah 45% dalam kategori *quiet* dan 42% dalam kategori *moderate* dan serta terdapat *no data* sebanyak 13%.

Selama bulan Januari 2018, berdasarkan indeks S4 kemunculan sintilasi berada dalam kategori *quiet* sebanyak 55% dan dalam kategori *moderate* sebanyak 45%. Sedangkan untuk bulan Februari 2018, kemunculan sintilasi 39% berada dalam kategori *quiet* dan 61% dalam kategori *moderate*. Selama periode ini tidak ada kemunculan sintilasi dalam kategori *strong*, ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 1.

Gambar 2 : Pemetaan spasial kejadian S4 Indeks kategori *quiet* (tenang) (a) dan kategori *moderate* (sedang) (b) berdasarkan variasi lintang dan bujur di atas Bandung .

Tabel 1 : Aktivitas Sintilasi Ionosfer (Indeks S4) untuk stasiun Bandung bulan Desember 2017 – Februari 2018 Berdasarkan GISM (*Global Ionosphere Scintillation Model*)

Kemunculan Sintilasi		Tanggal																														
Bandung	Januari 2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Februari 2018																															
	December 2017																															

Klasifikasi S4 Indeks : ■ : $0 < S4 \leq 0.25$ Quiet ■ : $0.25 < S4 \leq 0.5$ Moderate ■ : $0.5 < S4 \leq 1$ Strong ■ : No Data/Error ■ : No DOY

Gambar 2a menunjukkan peta kejadian sintilasi ionosfer pada tanggal 8 Januari 2018 dalam

kategori *quiet* untuk periode satu hari. Sedangkan pada Gambar 2b, berdasarkan analisis spasial

tanggal 7 Desember 2017 sintilasi ionosfer berada dalam kategori *moderate* untuk periode satu hari. ■

Review Cuaca Antariksa November 2017 – Januari 2018

Oleh :

S. Aggarani

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Selama fase penurunan aktivitas Matahari pada siklus ke 24, pada periode November 2017 hingga Januari 2018 umumnya aktivitas Matahari berada dalam kondisi tenang tanpa adanya kejadian *flare* maupun lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection* – CME) yang kuat. Namun demikian, gangguan di lapisan magnetosfer Bumi terjadi beberapa kali, ditunjukkan dengan adanya aktivitas badai pada skala aktif hingga badai lemah. Kejadian ini disebabkan oleh adanya lubang korona pada posisi mengarah ke Bumi sehingga menghasilkan peningkatan aliran plasma dari Matahari yang menumbuk angin Matahari dan kemudian

menerobos medan magnet Bumi. Beberapa gangguan di magnetosfer Bumi kemudian diikuti oleh gangguan yang terjadi di lapisan ionosfer berupa penurunan frekuensi kritis lapisan F2 (f_oF_2) yang lebih besar dari 30% median bulannya dari model *Advanced Stand Alone Prediction System* (ASAPS). Pada periode ini tidak terjadi peningkatan nilai frekuensi minimum (f_{min}).

Selama bulan November 2017, pengamatan menunjukkan permukaan Matahari tanpa bintik dan tidak ada kejadian *flare* menengah hingga kuat. Meskipun aktivitas *flare* tercatat dalam kondisi tenang, pengamatan oleh satelit SDO/AIA pada panjang gelombang 193 Å tanggal 4

November 2017 menunjukkan adanya lubang korona geoeftif di kutub utara memanjang hingga bagian barat ekuator Matahari (Gambar 1). Kondisi ini memicu peningkatan kerapatan aliran plasma dari Matahari yang menyebabkan gangguan berupa badai lemah pada tanggal ditunjukkan dengan nilai indeks K lokal bernilai 5 yang diamati di stasiun Biak (Gambar 2) serta indeks Dst minimum -72 nT dan indeks Kp maksimum mencapai 5. Gangguan geomagnet ini diikuti gangguan yang terjadi di ionosfer berupa penurunan nilai f_oF_2 dari nilai median bulannya selama 6 jam durasi total atau biasa disebut dengan *Maximum Usable Frequency* (MUF) *Depression* pada kondisi kuat. Gangguan ionosfer ini berpengaruh pada komunikasi radio frekuensi HF. Badai geomagnet kembali terjadi di akhir bulan November 2017 dengan skala lebih rendah yaitu hanya pada level aktif. Hal ini ditandai dengan peningkatan

Gambar 1 : Lubang korona pengamatan SDO/AIA pada panjang gelombang 193 Å tanggal 4 November 2017 (sumber: <https://solarmonitor.org>).

Gambar 2 : Indeks K lokal stasiun Biak bulan November 2017.

indeks K lokal yang bernilai 4 pada tanggal 21 November 2017. Berbeda dari kejadian sebelumnya, gangguan geomagnet di akhir bulan ini tidak disertai dengan gangguan ionosfer.

Memasuki bulan Desember 2017, aktivitas Matahari didominasi oleh satu-satunya daerah aktif (NOAA 2692) dengan konfigurasi medan magnet *beta* dan menghasilkan 13 *flare* kelas B. Kondisi aktivitas matahari turut diramaikan dengan adanya erupsi filamen di kuadran Utara-Timur pada tanggal 23 Desember 2017. Namun demikian tidak teramati adanya CME yang berasosiasi dengan kejadian tersebut oleh wahana SOHO/LASCO. Sementara itu, kondisi geomagnet daerah ekuator berada pada kondisi tenang dengan indeks K lokal maksimum menunjukkan angka 3, meskipun pada tanggal 4 Desember 2017 indeks Dst terendah mencapai -37 nT dan Kp tertinggi bernilai 4 dan meningkat menjadi 5 pada hari

berikutnya. Hal ini memperlihatkan bahwa peningkatan aktivitas geomagnet hanya terjadi di lintang tinggi hingga menengah. Aktivitas *substorm* mulai aktif sejak tanggal 4 Desember 2017 yang dimulai sekitar pukul 06:00 UT dengan intensitas mencapai 1000 nT dan meningkat keesokan harinya (tanggal 5 Desember 2017) hingga mencapai 1500 nT (Gambar 4). Untuk lapisan ionosfer, gangguan berupa penurunan nilai *foF2* terjadi pada tanggal 2, 22, dan 27 Desember 2017 dengan durasi mencapai 5 jam. Gangguan ini umumnya terjadi pada malam hari. Gangguan ionosfer ini bersifat lokal dan dimungkinkan terjadi akibat sumber dari bawah.

Pada Januari 2018, muncul empat daerah aktif yaitu NOAA 2694, NOAA 2695, NOAA 2696, dan NOAA 2697 yang berukuran kecil dan sederhana yang menyebabkan kondisi Matahari tetap tenang tanpa ada kemunculan *flare* maupun CME yang kuat. Walaupun demikian, aktivitas di geomagnet tercatat

terjadi gangguan dengan skala aktif pada tanggal 8 Januari 2018 yang ditunjukkan dengan indeks K bernilai 4 dari stasiun pengamatan Kupang. Kondisi ini berbeda dengan kondisi indeks Dst yang meningkat hingga bernilai 41 nT dan indeks Kp maksimal bernilai 3. Kondisi aktif ini disebabkan oleh sapuan aliran angin Matahari. Sementara gangguan ionosfer terjadi pada dini hari dengan durasi mencapai 7 jam yang menyebabkan gangguan hingga skala kuat pada tanggal 19 Januari 2018. Penurunan nilai *foF2* dengan durasi yang lebih rendah juga terjadi pada tanggal 13 dan 15 Januari 2018 dengan lama kejadian masing-masing adalah 2 jam dan 5 jam. ■

Gambar 4 : Indeks AE yang menunjukkan kejadian *substorm* pada tanggal 5 Desember 2017 (Sumber: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp>).

Gambar 3 : Hasil scaling ionogram dibandingkan dengan median bulanannya pada 8-9 November 2017.

Peningkatan Pelaporan Keuangan Melalui *Focus Group Discussion* Bagan Akun Standar dan Bimbingan Teknis Sistem Aplikasi Satker Pusat Sains Antariksa LAPAN

Oleh :

**C. Widianingrum
Ferdiansyah**

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Dalam rangka meningkatkan pelaporan keuangan yang benar dan sesuai dengan peraturan yang berlaku, Pusat Sains Antariksa (Pussainsa) LAPAN mengadakan kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) Bagan Akun Standar dan Bimbingan Teknis Sistem Aplikasi Satker, di Ruang Korona gedung I lantai 2 Kantor Pussainsa LAPAN, Jl. Dr. Djunjunan 133 Bandung pada tanggal 8 Februari 2018.

Kegiatan ini diikuti oleh 30 orang yang terdiri dari Kepala Bidang Program dan Fasilitas, Kepala Bidang Diseminasi, Kepala Bagian Administrasi, Kepala Subbagian Keuangan dan BMN beserta stafnya, dan Kepala Subbagian SDM dan Tata Usaha beserta stafnya. Narasumber didatangkan dari Kantor

Pelayanan Perbendaharaan Negara (KPPN) Bandung II sebanyak dua orang, yaitu Rita Restuti Pramudiyanti dan Widodo Mardiyanti.

Kegiatan FGD dibuka oleh Kepala Bagian Administrasi Pussainsa LAPAN, Nurkhamdani, S.I.P. yang mewakili Kepala Pusat Sains Antariksa LAPAN. Dalam sambutannya beliau menyampaikan harapan agar FGD ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi pengelola anggaran dan dapat memecahkan berbagai masalah yang sering ditemui dalam proses pengelolaan dan pelaporan keuangan.

Selanjutnya, Ibu Rita Restuti Pramudiyanti sebagai narasumber memberikan

paparan beberapa materi mengenai dasar hukum, strategi pelaksanaan anggaran, dan penilaian kinerja satker. Paparan dilanjutkan dengan diskusi dan tanya jawab selama kurang lebih satu jam mengenai kendala dan permasalahan yang terjadi selama ini.

Diskusi diakhiri dengan penyerahan plakat dan cenderamata dari Kepala Bidang Program dan Fasilitas, Adi Witono, M.Sc. kepada Ibu Rita Restuti Pramudiyanti. Kegiatan FGD Bagan Akun Standar dan Bimbingan Teknis Sistem Aplikasi Satker secara resmi ditutup oleh Kepala Bagian Administrasi Pussainsa LAPAN yang mewakili Kepala Pusat Sains Antariksa LAPAN. Melalui kegiatan ini pengelolaan dan pelaporan keuangan di Pussainsa LAPAN diharapkan menjadi lebih baik pada masa yang akan datang. ■

International School on Equatorial and Low Latitude Ionosphere (ISELION 2018)

Oleh :

S. Anggarani

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Setelah sebelumnya sukses diselenggarakan pada tahun 2015, kegiatan *International School on Equatorial and Low Latitude Ionosphere* (ISELION) kembali diselenggarakan di Indonesia. ISELION 2018 dilaksanakan pada tanggal 5 – 9 Maret 2018 dengan berlokasi di Gedung *Assessment PKP2A1 LAN* Jatinangor, Jawa Barat. Kegiatan ini merupakan wadah untuk belajar dan berdiskusi seputar ionosfer dan dinamikanya, dihadiri oleh 38 peserta terdiri dari mahasiswa program sarjana/pasca sarjana dan peneliti muda yang berasal dari 7 negara, yaitu Malaysia, Mesir, Nepal, India, Vietnam, Filipina, dan Indonesia. Adapun pengajar dalam kegiatan ISELION 2018 ini antara lain, Kazuo Shiokawa (*Nagoya University*), Mamoru Yamamoto (*Research Institute for Sustainable Humanosphere, RISH, Kyoto*), Tatsuhiro Yokoyama (*National Institute of Information and Communications Technology,*

NICT), Yoshimasa Tanaka (*National Institute of Polar Research, NIPR*), Nurul Shazana (*National University of Malaysia, UKM*), Buldan Muslim (Pusat Sains Antriksa, LAPAN), Varuliantor Dear (Pusat Sains Antariksa, LAPAN), dan Asnawi (Pusat Sains Antariksa, LAPAN).

Kegiatan dalam ISELION 2018 meliputi pemaparan materi oleh pengajar di dalam kelas dan kegiatan praktikum pengolahan data ionosfer. Dalam paparannya, pengajar memperkenalkan dinamika yang terjadi di lapisan ionosfer, teknik pengamatan, ionosfer di daerah ekuator dan lintang rendah (Asia Tenggara), proses kopling di daerah atmosfer-ionosfer, cuaca antariksa, serta pengolahan data geomagnet dan *Total Electron Content* (TEC). Pengolahan data ionogram sebagai kegiatan dilaksanakan saat dilakukan kunjungan ke Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Sumedang selama satu hari pada tanggal 8 Maret 2018.

Lapisan ionosfer di daerah ekuator dan lintang rendah memiliki sifat khusus

dibandingkan dengan lapisan ionosfer di wilayah lainnya. Ionosfer di ekuator dan lintang rendah umumnya memiliki kerapatan yang tinggi dan dinamikanya sangat terpengaruh oleh turbulensi plasma. Ketidakstabilan ionosfer di wilayah ini mengakibatkan gangguan arus medan listrik di daerah ionosfer. Daerah ionosfer juga sangat terpengaruh oleh radiasi Matahari, angin Matahari, dan lingkungan magnetosfer Bumi, dari atas ionosfer, serta variasi dinamis dan proses kimia dari atmosfer netral di bawah lapisan ionosfer yang merupakan media yang dilalui dalam perambatan gelombang radio.

Peserta ISELION 2018 juga berkesempatan untuk memperkenalkan penelitian yang telah atau sedang dilakukan, dikemas dalam satu kegiatan sesi poster. Pada sesi poster, peserta dapat saling bertanya dan memperoleh saran dari pengajar ataupun peserta lainnya sehingga diharapkan dapat mengembangkan penelitian dan terjalannya suatu kerjasama penelitian untuk selanjutnya. ▣

KALENDER astronomi

April - Juni 2018

Oleh :

A. Gunawan Admiranto

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

16 April – Bulan baru.

Bulan dan Matahari berada di bagian langit yang sama bila dilihat dari Bumi dan tidak kelihatan di malam hari. Fase ini terjadi pada pukul 08:58 WIB. Ini adalah saat terbaik untuk mengamati objek yang lemah seperti galaksi-galaksi dan gugus-gugus bintang karena tidak ada gangguan cahaya Bulan.

30 April – Bulan purnama.

Bulan dan Matahari berada di bagian langit yang berlawanan bila dilihat dari Bumi dan seluruh permukaannya akan disinari cahaya Matahari. Fase ini terjadi pada pukul 17:58 WIB. Penduduk asli Amerika Serikat menjuluki Bulan purnama ini sebagai *Full Pink Moon* karena ditandai dengan munculnya moss pink, yang merupakan bunga musim semi yang pertama kali muncul. Bulan purnama saat ini juga dikenal dengan nama *Sprouting Grass Moon*, *Growing Moon*, dan *Egg Moon*. Suku-suku bangsa yang tinggal di pantai menyebutnya *Full Fish Moon* karena ini adalah saat ikan shad bergerak ke hulu untuk bertelur.

6,7 Mei – Hujan meteor Eta Aquarids.

Hujan meteor Eta Aquarids adalah hujan meteor dengan intensitas di atas rata-rata dan mampu menghasilkan lebih dari 60 meteor per jamnya saat puncaknya. Sebagian besar kegiatan hujan meteor ini terlihat dari belahan Bumi selatan. Di belahan Bumi utara laju hujan meteor ini bisa mencapai 30 meteor per jam. Hujan meteor ini berasal dari partikel-partikel debu yang ditinggalkan komet Halley yang sudah diamati sejak zaman kuno. Hujan meteor ini muncul setiap tahunnya dari 19 April sampai 28 Mei. Puncaknya dalam tahun ini terjadi pada malam tanggal 6 Mei sampai dinihari tanggal 7 Mei. Bulan bungkuk yang menuju Bulan mati membuat meteor yang lemah menjadi sulit teramati, tetapi jika Anda cukup sabar, meteor yang cukup terang akan tampak, dan akan mudah teramati dari tempat yang cukup gelap. *Radiant meteor* terlihat dari konstelasi Aquarius, tetapi bisa muncul dari mana saja di langit.

A P R I L

22,23 April – Hujan meteor Lyrids.

Hujan meteor ini memiliki tingkat intensitas rata-rata dan biasanya menghasilkan sekitar 20 meteor setiap jamnya saat puncak. Hujan meteor ini berasal dari partikel-partikel debu yang ditinggalkan komet C/1861 G1 Thatcher yang ditemukan pada tahun 1861. Hujan meteor ini muncul setiap tahunnya pada tanggal 16-25 April. Pada tahun ini puncaknya berlangsung pada malam tanggal 22 dan dinihari tanggal 23. Meteor-meteor ini akan menghasilkan jejak debu yang panjang yang berlangsung selama beberapa detik. Bulan kuarter pertama akan tenggelam beberapa saat setelah tengah malam sehingga langit cukup gelap untuk bisa mengamati fenomena ini. *Radiant meteor* ini terlihat dari konstelasi Lyra, tetapi bisa muncul juga dari sebarang titik di langit.

29 April – Elongasi Maksimum Merkurius.

Planet Merkurius mencapai elongasi barat maksimumnya sebesar 27 derajat dari Matahari. Saat ini adalah saat terbaik untuk mengamati Merkurius karena ia akan berada di titik tertingginya di atas cakrawala langit fajar. Carilah planet ini di langit bagian timur dekat cakrawala beberapa saat sebelum Matahari terbit.

M E I

9 Mei - Jupiter berada dalam oposisi.

Planet raksasa ini berada pada titik terdekatnya dengan Bumi dan seluruh permukaannya akan mendapatkan cahaya Matahari. Saat itu ia berada dalam keadaan paling terang dan berada di atas cakrawala sepanjang malam. Saat ini adalah saat terbaik untuk memotret Jupiter dan bulan-bulannya. Teleskop berukuran sedang sudah bisa menampilkan detail-detail dalam pita-pita awan Jupiter. Binokular juga bisa dipakai untuk menampilkan empat bulan terbesar Jupiter yang tampak dalam bentuk titik-titik terang di dekat planet ini.

29 Mei – Bulan Purnama.

Bulan dan Matahari berada di bagian langit yang berlawanan bila dilihat dari Bumi dan seluruh permukaannya akan disinari cahaya Matahari. Fase ini terjadi pada pukul 02:19 WIB. Penduduk asli Amerika Serikat menjuluki Bulan purnama ini sebagai *Full Flower Moon* karena bunga-bunga musim semi bermekaran penuh. Bulan purnama ini juga dikenal sebagai *Full Corn Planting Moon* dan *Milk Moon*.

28 Juni – Bulan Purnama.

Bulan dan Matahari berada di bagian langit yang berlawanan bila dilihat dari Bumi dan seluruh permukaannya akan disinari cahaya Matahari. Fase ini terjadi pada pukul 23:53 WIB. Penduduk asli Amerika Serikat menjuluki Bulan purnama ini sebagai *Full Strawberry Moon* karena saat ini menandakan waktunya memanen buah-buahan yang sudah matang. Bulan purnama ini juga dikenal sebagai *Full Rose Moon* dan *Full Honey Moon*.

21 Juni – Solstice Juni.

Solstice Juni berlangsung pada 17:07 WIB. Kutub Utara Bumi akan mengarah ke Matahari, yang berada pada posisinya yang paling utara dan berada tepat di atas Garis Balik Utara pada 23,44 derajat lintang utara. Ini adalah hari pertama musim panas di belahan Bumi utara dan hari pertama musim dingin di belahan Bumi selatan.

J U N I

15 Mei – Bulan Baru.

Bulan dan Matahari berada di bagian langit yang sama bila dilihat dari Bumi dan tidak kelihatan di malam hari. Fase ini terjadi pada pukul 06:12 WIB. Ini adalah saat terbaik untuk mengamati objek yang lemah seperti galaksi-galaksi dan gugus-gugus bintang karena tidak ada gangguan cahaya Bulan.

13 Juni – Bulan Baru.

Bulan dan Matahari berada di bagian langit yang sama bila dilihat dari Bumi dan tidak kelihatan di malam hari. Fase ini terjadi pada pukul 05:44 WIB. Ini adalah saat terbaik untuk mengamati obyek-objek yang lemah seperti galaksi-galaksi dan gugus-gugus bintang karena tidak ada gangguan cahaya Bulan.

27 Juni – Oposisi Saturnus.

Planet bercincin ini berada pada posisi terdekatnya dengan Bumi dan seluruh permukaannya akan seluruhnya disinari cahaya Matahari. Saat itu ia berada dalam keadaan paling terang dan berada di atas cakrawala sepanjang malam. Saat ini adalah saat terbaik untuk mengamati dan memotret Saturnus dan bulan-bulannya. Teleskop berukuran sedang sudah bisa menampilkan cincin Saturnus dan beberapa satelit besarnya.

TEKA TEKI SILANG

Vol.7 / No.2 April - Juni 2018

Menurun

- 1 Salah satu rasi bintang
- 2 Benda yang diperlukan untuk mengikuti objek astronomi yang tampak bergerak akibat rotasi Bumi dalam teknik astrofotografi
- 3 Grafik distribusi
- 4 Peristiwa pemantulan dan penjalaran gelombang elektromagnet yang berasal dari petir dalam lapisan D ionosfer pada malam hari
- 5 Rotasi searah
- 6 Parameter yang digunakan untuk mengklasifikasi lubang hitam
- 8 Spektrum gelombang radio yang dibangkitkan oleh peristiwa petir
- 10 Salah satu partikel yang menyusun angin Matahari
- 11 Lapisan ionosfer yang muncul di malam hari pada kisaran ketinggian 100km
- 13 Salah satu sifat lapisan E Sporadis
- 15 Salah satu komponen utama pembentuk lapisan E ionosfer
- 17 Wahana antariksa yang berhasil merekam angin surya saat melakukan perjalanan menuju Venus
- 18 Titik terdekat dengan Bumi
- 19 Salah satu teori terbentuknya lubang hitam dengan kategori supermassive

Oleh :
V. Dear

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

Mendatar

- 7 Jejari orbit partikel untuk mengukur rotasi lubang hitam
- 9 Metode penentuan rotasi lubang hitam yang bergantung pada profil garis emisi Fe Ka
- 12 Lokasi yang menjadi sumber angin Matahari lambat
- 14 Lontaran atmosfer matahari secara terus menerus dan ke segala arah
- 16 Lubang hitam yang bermassa pada kisaran 106-109 massa Matahari
- 20 Sirkuit komunikasi radio pertama yang diyakini sebagai awal adanya pemantulan gelombang radio di angkasa

Jawaban TTS

Vol.7 / No.1 Januari - Maret 2018