

Risalah Triwulan

Maret-Mei 2021

mengalami peningkatan terjadi pada tanggal 17–18 April, 20–21 April, 23 April, dan 26–27 April.

Selama bulan Mei 2021, terjadi peningkatan aktivitas Matahari. Peningkatan aktivitas ini umumnya berasal dari daerah aktif yang menimbulkan *flare* baik kelas C (yang menyebabkan aktivitas Matahari meningkat menjadi eruptif) maupun *flare* kelas M (yang menyebabkan aktivitas Matahari menjadi aktif). Daerah aktif yang dimaksud, antara lain:

- NOAA 12822 menyebabkan peningkatan aktivitas Matahari pada 8–10 dan 12 Mei 2021 dengan kelas maksimumnya M3,9;
- NOAA 12824 menyebabkan peningkatan aktivitas Matahari pada 18 dan 22–24 Mei 2021 dengan kelas maksimumnya M1,4; dan
- NOAA 12826 menyebabkan peningkatan aktivitas Matahari pada 27–30 Mei 2021 dengan kelas maksimumnya C9,4.

Beberapa *flare* ini juga disertai dengan semburan radio tipe III dan lontaran massa korona.

Pada tanggal 10 Mei, aktivitas Matahari dalam kondisi eruptif sehingga berdampak pada aktivitas geomagnet yang meningkat menjadi aktif pada tanggal 10 dan 12 Mei. Pada tanggal 12 Mei, kondisi eruptif Matahari turut memicu badai geomagnet lemah. Pada tanggal 3 Mei, aktivitas Matahari tenang namun geomagnet berada pada level aktif. Peningkatan aktivitas

geomagnet ini dipengaruhi oleh lubang korona yang terletak di daerah geoeftif pada 30 April 2021.

Pada bulan Mei 2021, teramati ionosfer berada dalam kondisi tenang sebanyak 5 hari, terganggu level rendah sebanyak 15 hari, terganggu level sedang sebanyak 9 hari, dan terganggu level kuat sebanyak dua hari (26–27 Mei 2021). Dari lima hari kondisi ionosfer yang tenang, hanya dua hari yang tidak mengalami kenaikan nilai *fmin*. Sementara itu, tiga hari sisanya mengalami kenaikan nilai *fmin*; dua di antaranya mengalami kenaikan nilai *fmin* selama 2–3 jam (level kuat), yakni pada tanggal 16 dan 26 Mei 2021.

Kondisi ionosfer yang terganggu ketika aktivitas Matahari maupun geomagnet masih tenang terjadi pada tanggal 1, 2, 4, 5, 7, 13, 14, 19, 21, dan 31 Mei (level rendah) serta 11, 17, 18, 20, dan 23 Mei (level sedang). Sementara itu, kondisi ionosfer yang terganggu ketika aktivitas Matahari maupun geomagnet meningkat terjadi pada tanggal 3 Mei, 8–10 Mei, 12 Mei, 18 Mei, 22–23 Mei, dan 27–30 Mei. Pada tanggal 24 Mei, aktivitas Matahari dalam kondisi aktif dan terjadi peningkatan aktivitas baik pada geomagnet maupun ionosfer sebagai responsnya. Penurunan *fmin* selama 2–3 jam (level kuat) terjadi pada keesokan harinya, yakni pada tanggal 25 Mei.

Aktivitas Matahari

Oleh

A.D. Pangestu | Pussainsa LAPAN

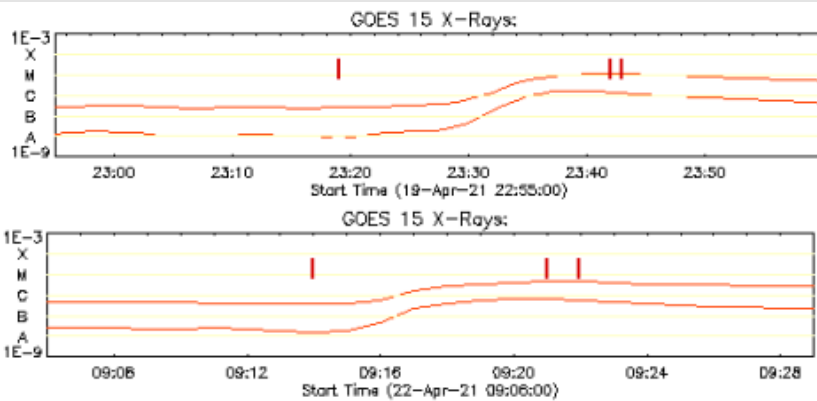
Aktivitas Matahari selama bulan Maret hingga Mei 2021 berada dalam kondisi eruptif hingga aktif, ditunjukkan oleh adanya *flare* kelas C hingga kelas M. *Flare* tersebut mayoritas muncul dari bintik yang berada di sisi dekat Matahari dengan kelas magnetik yang cukup kompleks dan area yang luas. Meskipun demikian, terdapat beberapa *flare* kelas C dan M yang kemungkinan berasal dari daerah aktif di sisi jauh Matahari karena tidak berasosiasi dengan bintik di sisi dekat. Adanya *flare* tersebut diikuti semburan radio yang intens dan disertai juga lontaran massa korona (CME) dengan bentangan sudut yang lebar.

Selama tiga bulan ini, *flare* terkuat adalah *flare* kelas M3,9 yang terjadi pada tanggal 7 Mei 2021 pukul 18.43 UT. *Flare* tersebut bersumber dari daerah aktif yang masih berada di tepi timur piringan Matahari (N17E78 dalam koordinat heliografis Matahari) sehingga pada saat itu belum memiliki identitas NOAA. *Flare* tersebut juga diikuti peristiwa CME dengan lebar sudut 72 derajat dan median kecepatan sebesar 625 km/detik. Walaupun demikian, CME tersebut tidak geoeftif karena tidak mengarah ke Bumi. Keesokan harinya, daerah aktif tersebut tercatat sebagai NOAA 12822 dan kembali menghasilkan beberapa *flare* kelas C.

Kenaikan aktivitas Matahari ini berkaitan dengan dimulainya siklus Matahari ke-25 yang

Risalah Triwulan

Maret-Mei 2021



Gambar 1. Fluks sinar X selama terjadinya *flare* kelas M1,1 yang bersumber dari NOAA 12816 (atas) dan *flare* kelas C4,3 yang bersumber dari NOAA 12817 (bawah). (Sumber: <https://www.lmsal.com/solarsoft/>)

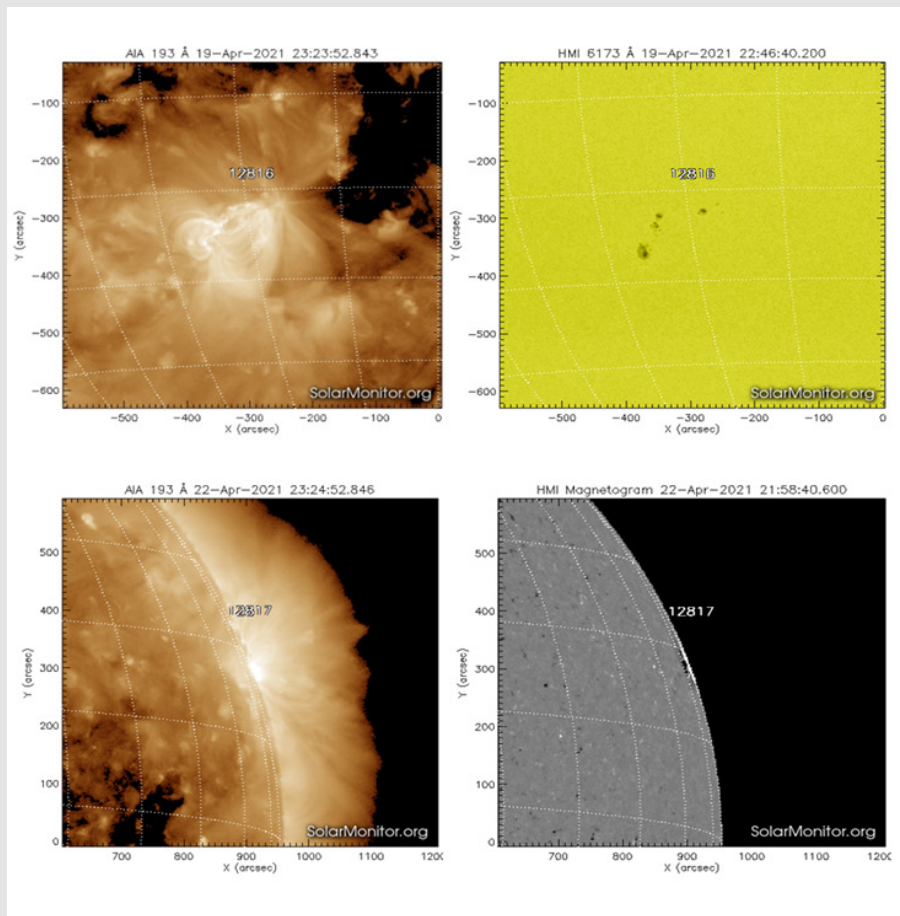
mulai meningkat, ditandai dengan adanya bintik Matahari hampir tiap hari. Bintik tersebut bisa bertahan hingga 7 hari sebelum mengalami peluruhan menjadi *plage* atau bergerak memasuki sisi jauh Matahari. Selama tiga bulan ini, tercatat 25 daerah aktif yang muncul di fotosfer Matahari, yaitu NOAA 12804 hingga NOAA 12828. Daerah aktif yang sangat produktif menghasilkan banyak *flare* kelas C hingga M, antara lain NOAA 12816, 12822, 12824, dan 12826. NOAA 12824 diketahui menghasilkan *flare* terkuat dengan kelas M1,4 pada tanggal 22 Mei 2021 pukul 21.43 UT. Keempat daerah aktif tersebut memiliki kelas Hale yang bisa

menuju maksimum. Pada awal siklus, bintik Matahari muncul di lintang menengah dan akan bergeser ke lintang yang lebih rendah seiring berjalannya waktu. Sementara itu, pada akhir siklus, bintik Matahari muncul di dekat ekuator Matahari. Orientasi medan magnet bintik Matahari akan sama dalam satu siklus lalu berubah ketika memasuki siklus yang baru. Dengan demikian, adanya bintik Matahari baru di lintang menengah dengan orientasi medan magnet yang berbeda dari siklus sebelumnya merupakan tanda permulaan siklus baru.

hingga Mei, yang mengalami peningkatan aktivitas dengan ditandai adanya *flare* hingga kelas M.

Kemunculan daerah aktif juga

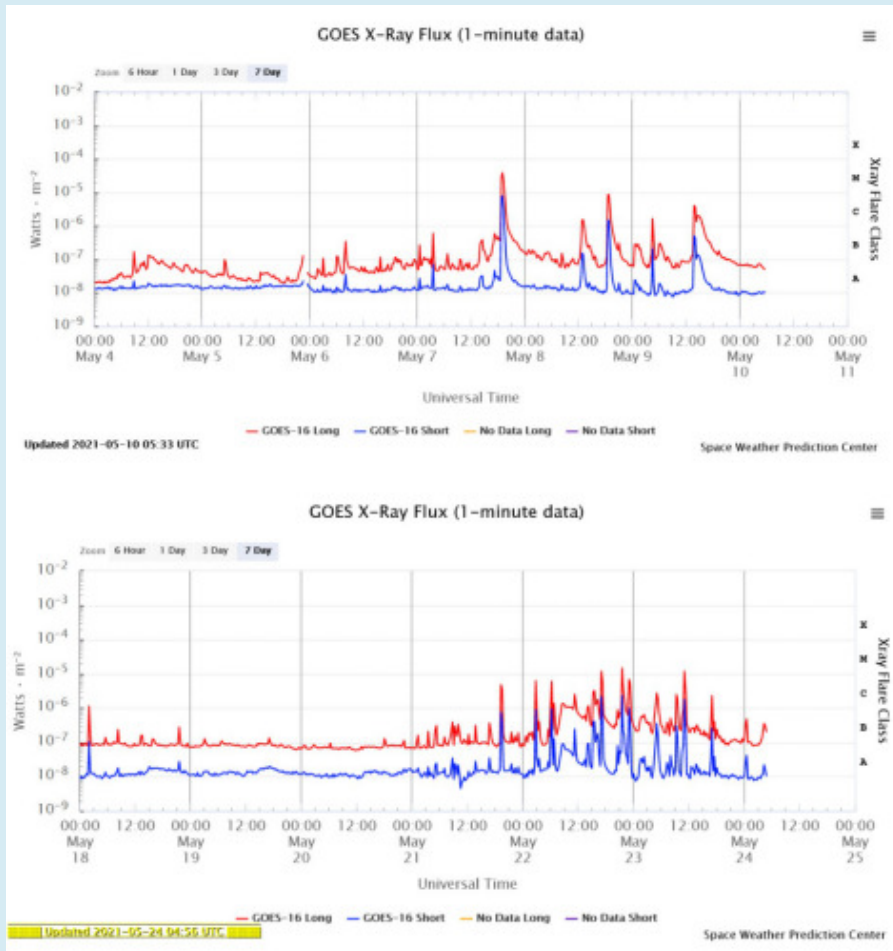
Awal siklus Matahari ke-25 mulai tampak jelas pada akhir tahun 2019, ditandai dengan kemunculan bintik Matahari yang banyak dan berada pada daerah lintang menengah dengan orientasi medan magnet yang berbeda dari siklus Matahari ke-24. Bintik Matahari dengan karakteristik siklus 25, seperti yang telah dijelaskan di atas, muncul makin banyak, sedangkan bintik dengan karakteristik siklus 24 menjadi makin sedikit. Permulaan siklus baru ini juga sejalan dengan kondisi Matahari, khususnya pada bulan Maret



Gambar 2. Citra NOAA 12816 (atas) menggunakan AIA 193 Å dan HMI 6173 Å setelah terjadi *flare* M1,1. NOAA 12817 (bawah) menggunakan AIA 193 Å dan HMI Magnetogram. NOAA 12817 tampak sudah berada di tepi barat Matahari ketika menghasilkan banyak *flare* kelas C.

Risalah Triwulan

Maret-Mei 2021

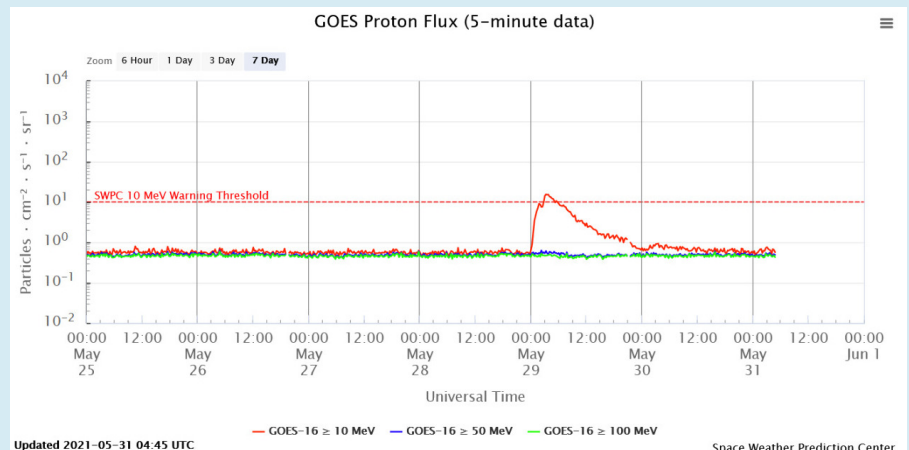


Gambar 3. (Atas) Fluks sinar X yang berkaitan dengan *flare* M3,9 pada 7 Mei dan tidak berasosiasi dengan daerah aktif manapun, sedangkan *flare* kelas C lainnya bersumber dari NOAA 12822. (Bawah) Kumpulan *flare* kelas C dan M yang bersumber dari NOAA 12824.

mencapai kelas $\beta\gamma$ hingga $\beta\delta$ dengan jumlah bintik mencapai 15. Sementara itu, luasnya dapat mencapai 280 MH pada puncaknya, sebelum meluruh menjadi lebih kecil dan menghilang menjadi *plage*, atau memasuki sisi jauh. Mayoritas *flare* tersebut diikuti dengan CME yang besar, tetapi tidak semuanya geoeftif.

Secara terperinci, pada bulan Maret 2021 terjadi dua kali *flare* kelas C, yakni C1,2 pada 2 Maret 2021 pukul 23.53 UT dan C1,6 pada 9 Maret 2021 pukul 12.15 UT. Kedua *flare* ini tidak berasosiasi dengan bintik yang muncul di sisi dekat Matahari.

Sementara itu, daerah aktif yang muncul di sisi dekat adalah grup bintik dengan kompleksitas magnet yang rendah dan hanya menghasilkan *flare* kelas B.



Gambar 4. Fluks proton energi tinggi yang mengalami peningkatan pada 29 Mei 2021 berdasarkan pantauan satelit GOES

Selama bulan ini, fluks proton dalam keadaan tenang, tidak ada peningkatan jumlah proton yang melebihi batas ambang 10 partikel $\text{cm}^{-2}\text{det}^{-1}\text{sr}^{-1}$.

Kemudian pada bulan April 2021, aktivitas Matahari mengalami peningkatan dengan kemunculan NOAA 12816 dan 12817. Kedua daerah aktif tersebut banyak menghasilkan *flare* kelas C, bahkan NOAA 12816 menghasilkan *flare* kelas M1,1 pada 19 April 2021 pukul 23.19 UT. Sementara itu, NOAA 12817 menghasilkan *flare* maksimum kelas C4,3. Gambar 1 menunjukkan plot fluks sinar X selama terjadinya *flare* tersebut, sedangkan citra kedua grup bintik dalam beberapa panjang gelombang ditunjukkan pada Gambar 2. Masing-masing daerah aktif tersebut mempunyai jumlah bintik maksimum mencapai 10 dan 13, dengan luas maksimum mencapai 120 dan 180 MH. Sementara itu, fluks proton selama bulan ini masih dalam kondisi tenang.

Sepanjang bulan Mei 2021 terdapat setidaknya tiga daerah aktif yang menghasilkan peristiwa besar. Daerah aktif

Risalah Triwulan

Maret-Mei 2021

tersebut adalah NOAA 12822, 12824, dan 12826. NOAA 12822 menghasilkan 7 kali *flare* kelas C dengan kelas maksimum C8,6. Sementara itu, NOAA 12824 lebih aktif lagi dengan menghasilkan 22 kali *flare* kelas C dan 3 kali *flare* kelas M. Maksimum *flare* yang dihasilkan adalah M1,4 pada 22 Mei 2021 pukul 21.30 UT. Dalam evolusinya di Matahari, daerah aktif tersebut sangat aktif hingga memasuki tepi barat Matahari pada 30 Mei 2021. Daerah aktif NOAA 12826 yang sejak awal kemunculannya sudah berada di dekat tepi barat (N24W58) pada 26 Mei 2021, langsung menghasilkan *flare* kelas C. Namun, daerah aktif tersebut tidak lama bernaung di sisi dekat Matahari karena daerah aktif tersebut sudah memasuki sisi jauh pada tanggal 29 Mei 2021. Walaupun kemunculannya singkat, NOAA 12826 cukup eruptif dengan menghasilkan 10 kali *flare* kelas C yang maksimumnya mencapai kelas C3,4 pada 26 Mei 2021 pukul 21.34 UT.

Flare kelas M yang dilontarkan oleh NOAA 12824 juga berasosiasi dengan CME yang terjadi pada tanggal 22 Mei 2021. CME yang paling kuat berkaitan dengan *flare* kelas M1,4 terlontar pada pukul 22.00 UT dengan kecepatan maksimum sebesar 664 km/detik. CME tersebut geoeftif sehingga dapat mencapai Bumi. Pada bulan Mei juga terjadi *flare* kelas M3,9 dan C1,1 yang tidak berasosiasi dengan daerah aktif manapun sehingga kemungkinan berasal dari daerah aktif yang berada di sisi jauh Matahari. Gambar 3 menunjukkan plot fluks sinar X

Tabel 1. Prediksi bilangan bintik Matahari periode Juni 2021–April 2022. (Sumber: sidc.oma.be/products/kalfil)

Bulan	Prediksi
Juni 2021	32,1 ± 6,3
Juli 2021	35,5 ± 7,5
Agustus 2021	39,6 ± 8,9
September 2021	44,2 ± 10,3
Oktober 2021	48,9 ± 11,8
November 2021	53,8 ± 13,4
Desember 2021	57,7 ± 14,8
Januari 2022	61,3 ± 16,1
Februari 2022	64,3 ± 17,3
Maret 2022	66,8 ± 18,3
April 2022	69,7 ± 19,5

selama terjadi *flare* yang bersumber dari NOAA 12822 dan 12824.

Pada tanggal 29–30 Mei 2021, fluks proton energi tinggi melampaui batas ambang, atau berada pada rentang 10 hingga 100 partikel $\text{cm}^{-2}\text{det}^{-1}\text{sr}^{-1}$ (lihat Gambar 4). Peningkatan ini kemungkinan berkaitan dengan beberapa *flare* kelas C yang bersumber dari NOAA 12826.

Dengan demikian, aktivitas Matahari diprediksi akan makin meningkat (lihat Tabel 1). ■

Aktivitas Geomagnet

Oleh

V. Wellyanita | Pussainsa LAPAN

Pada awal bulan Maret 2021, aktivitas geomagnet berada pada level aktif yang ditandai dengan peningkatan indeks K = 4 tanggal 1 Maret 2021 dan Indeks Dst mencapai nilai minimum sebesar -59 nT pada pukul 07.00 UT. Aktivitas geomagnet pada level aktif ini disebabkan partikel bermuatan dari Matahari yang terbawa oleh angin surya masuk ke dalam magnetosfer Bumi

melalui rekoneksi yang terjadi akibat medan magnet antarplanet berada pada arah selatan dalam rentang waktu yang cukup lama, yaitu sekitar 5 jam. Tanggal 3 Maret 2021, aktivitas geomagnet kembali meningkat, ditandai dengan nilai indeks K = 4 dan indeks Dst mencapai -39 nT pada pukul 05.00 UT. Di daerah lintang tinggi dan menengah tampak terjadi pula peningkatan indeks *Auroral Electrojet* (AE) di bawah nilai 1500 nT yang berlangsung lebih dari 24 jam. Sepanjang bulan Maret ini, aktivitas geomagnet cenderung berada pada level tenang sampai dengan level aktif. Pada tanggal 14 Maret 2021, aktivitas geomagnet kembali mencapai level aktif dengan indeks K = 4 dan Dst -43 nT pada pukul 10.00 UT dan pada tanggal 20 Maret 2021 aktivitas geomagnet kembali berada pada level aktif dengan nilai indeks K = 4 dan Dst -45 nT pada pukul 13.00 UT. Peningkatan aktivitas geomagnet tersebut disebabkan lubang korona besar di sisi barat ekuator Matahari yang geoeftif dan mengakibatkan terjadinya peningkatan kecepatan angin surya hingga hampir mencapai 700 km/s.

Sama halnya dengan bulan Maret 2021, aktivitas geomagnet pada bulan April 2021 cenderung berada pada level tenang. Aktivitas meningkat hingga mencapai level aktif pada tanggal 17 April 2021, dengan nilai indeks Dst -54 nT pada pukul 06.00 UT dan nilai indeks K = 4. Peningkatan aktivitas geomagnet ini disebabkan medan magnet antarplanet arah utara-selatan (*Bz*) mengarah ke selatan dalam rentang waktu yang cukup