



Hubungan Antara Percepatan *Drag* Satelit LAPAN-TUBSAT dengan Indeks Aktivitas Matahari Selama Badai Geomagnetik 2015

Nindhita Pratiwi^{1,*} dan Muhammad Isnaenda Ikhsan¹

¹Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung, Indonesia

Satelit bergerak melewati atmosfer sehingga mengalami gaya *drag* pada arah yang berlawanan dengan gerak orbit. Gaya *drag* atmosfer merupakan gangguan non-gravitasi terbesar pada satelit LEO (*Low Earth Orbit*). Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan hubungan antara percepatan *drag* harian satelit LAPAN-TUBSAT dengan indeks aktivitas Matahari selama badai geomagnetik 2015. Data indeks aktivitas Matahari (indeks F10,7) diambil dari *ftp.swpc.noaa.gov*. Kami menggunakan perangkat lunak STK (*System Tool Kit*), python, dan model interaktif CCMC (*Community Coordinated Modeling Center*) untuk mengolah data. Untuk menghitung percepatan *drag*, dibutuhkan data kecepatan satelit yang diperoleh dari STK dan data kerapatan atmosfer. Untuk menghasilkan data kerapatan atmosfer, digunakan CCMC dengan model atmosfer MSISE-90 (*Mass Spectrometer – Incoherent Scatter Extended 1990*). Selain itu, dibutuhkan data masukan berupa posisi satelit (lintang, bujur, dan ketinggian) yang dapat diperoleh dari STK. Pada tanggal 18 Maret 2015, aktivitas Matahari berada pada tingkat moderate ($100 \leq F10,7 \leq 150$). Model atmosfer cukup sensitif terhadap kondisi Matahari, baik ketika periode tenang maupun ketika periode badai. Untuk model atmosfer ini, nilai percepatan *drag* maksimum yang mencapai 451,4416 m/hari² terjadi pada tanggal 17 Maret 2015 bersamaan dengan terjadinya fenomena badai geomagnetik kuat. Percepatan *drag* satelit LAPAN-TUBSAT memiliki hubungan linier dengan F10,7 dengan koefisien korelasi sebesar 0,47.

Keywords: Drag, Satelit, Atmosfer, dan Badai Geomagnetik.

1. LATAR BELAKANG

Satelit bergerak melewati atmosfer sehingga mengalami gaya *drag* pada arah yang berlawanan dengan gerak orbit. Gaya *drag* atmosfer merupakan gangguan non-gravitasi terbesar pada satelit LEO (*Low Earth Orbit*). *Drag* menunjukkan adanya interaksi antara partikel di atmosfer dengan permukaan satelit. *Drag* dapat menyebabkan satelit mengalami perubahan elemen orbit dan perlambatan (percepatan pada arah yang berlawanan dengan vektor kecepatan). Percepatan satelit akibat *drag* atmosfer dapat dihitung menggunakan persamaan dari [1] berikut:

$$a_{drag} = -\frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} v^2 \quad (1)$$

dimana, a_{drag} = percepatan satelit akibat *drag*, C_D = koefisien *drag*, A = luas penampang satelit, m = massa satelit, v = kecepatan satelit, ρ = rapat massa total atmosfer. Studi kerapatan atmosfer meningkat sebesar 134% selama badai geomagnetik besar sehingga *drag* pada satelit meningkat secara signifikan [2]. Badai yang berasal dari Matahari tersebut terdiri dari partikel-partikel bermuatan (proton, elektron, dan ion). Proses ionisasi atmosfer meningkat tajam saat badai tersebut berinteraksi dengan atmosfer. Badai geomagnetik hebat pertama pada siklus Matahari 24 terjadi sejak tanggal 17 Maret 2015. Gelombang kejut antarplanet yang dikendalikan oleh CME tiba di Bumi pada tanggal 17 Maret 2015 pukul 04.45 UT dan menyebabkan badai terjadi secara tiba-tiba. Badai makin kuat hingga Dst turun menjadi -73 nT pada pukul 10.00 UT, hal ini disebabkan oleh *crossing of CME sheath*.

*Email Address: nindhita.pratiwi@aps.itera.ac.id

Kemudian badai agak mereda ($Dst = -44$ nT) karena IMF (*Interplanetary Magnetic Field*) dibelokkan ke arah utara. Akibat adanya awan magnetik besar, IMF kembali dibelokkan ke arah selatan. Hal ini menyebabkan terjadinya badai yang jauh lebih kuat dari sebelumnya, dengan Dst mencapai -223 nT (17 Maret 2015 pukul 23.00 UT) [3]. Indeks $F_{10,7}$ merupakan indeks aktivitas Matahari yang paling banyak digunakan sebagai indikator EUV. Satuan indeks ini adalah *solar flux unit* (sfu) yang setara dengan 10^{-22} W m⁻² Hz⁻¹. EUV merupakan radiasi elektromagnetik yang dihasilkan oleh korona Matahari. Indeks $F_{10,7}$ mengindikasikan ukuran emisi total pada panjang gelombang 10,7 cm dengan frekuensi 2800 MHz. Panjang gelombang 10,7 cm adalah daerah terbaik untuk melakukan pemantauan tingkat aktivitas Matahari karena emisi pada panjang gelombang tersebut sangat sensitif terhadap kondisi kromosfer atas dan bagian dasar korona [4] Indeks $F_{10,7}$ berkorelasi sangat baik dengan jumlah bintik Matahari dan irradiansi Matahari. Berdasarkan studi sebelumnya tentang hubungan percepatan *drag* dan badai geomagnetik, dan juga adanya badai geomagnetik besar yang terjadi pada tahun 201, maka kami berusaha untuk menghitung besar kecepatan *drag* yang dialami oleh satelit LAPAN-TUBSAT akibat badai geomagnetik tersebut. Satelit LAPAN-TUBSAT dipilih karena sebelumnya belum ada studi yang khusus membahas efek badai geomagnetik terhadap percepatan *drag* yang dialami satelit LAPAN-TUBSAT.

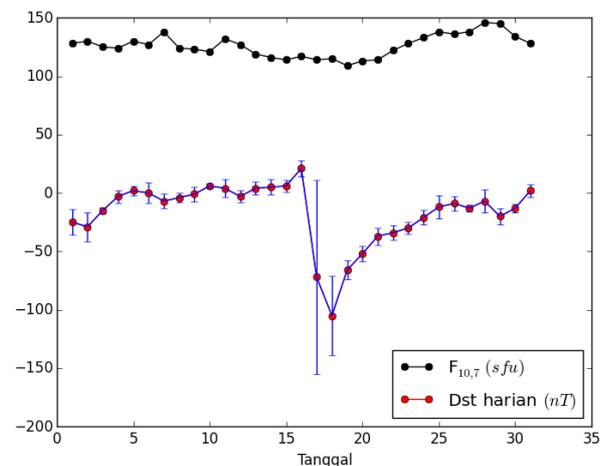
2. METODE

Data aktivitas Matahari berupa indeks $F_{10,7}$ diambil dari ftp.swpc.noaa.gov. Sementara itu, pengolahan data dilakukan dengan bantuan paket perangkat lunak STK (*System Tool Kit*), python, dan model interaktif CCMC (*Community Coordinated Modeling Center*). Untuk menghasilkan nilai kerapatan atmosfer, digunakan model interaktif CCMC dengan model atmosfer MSISE-90 (*Mass Spectrometer – Incoherent Scatter Extended 1990*). Selain itu, dibutuhkan data masukan berupa posisi satelit (lintang, bujur, dan ketinggian) yang dapat diperoleh dari STK. Untuk menghitung nilai percepatan *drag* dibutuhkan data kecepatan satelit yang dapat diperoleh dari STK. Dengan menggunakan STK maka data kecepatan setiap waktu dari satelit bisa didapatkan dengan melakukan pemodelan atau simulasi orbit satelit.

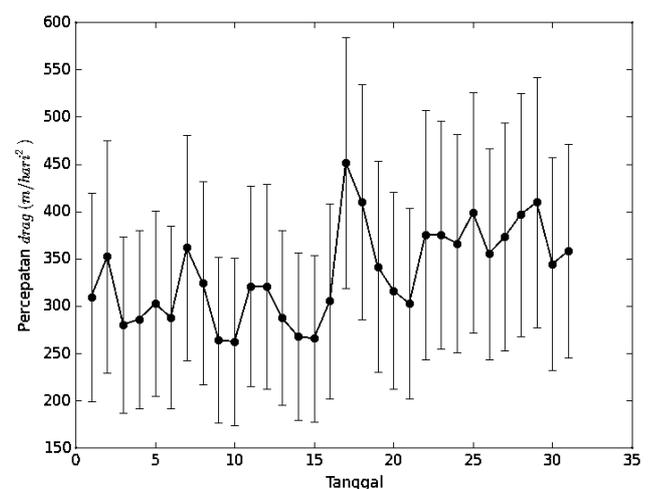
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari gambar 1, dapat diketahui bahwa aktivitas Matahari berada pada tingkat *moderate* ($100 \leq F_{10,7} \leq 150$) dan indeks badai geomagnetik (Dst harian) memiliki nilai minimum sebesar -105 nT pada tanggal 18 Maret 2015. Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai percepatan *drag* maksimum ($451,4416$ m/hari²) terjadi pada tanggal 17 Maret 2015 bersamaan dengan terjadinya fenomena badai

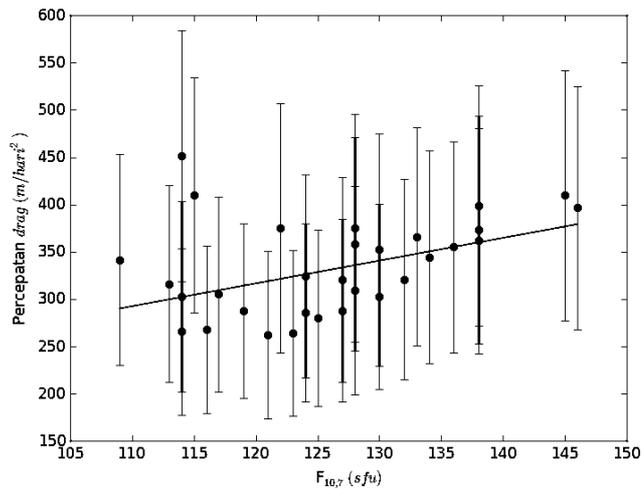
geomagnetik kuat. Nilai rata-rata percepatan *drag* sebesar $334,5745$ m/hari². Gambar 3 menunjukkan bahwa adanya hubungan linier antara percepatan *drag* dengan $F_{10,7}$. Fenomena badai geomagnetik kuat terjadi pada tanggal 18 Maret 2015. Pada tanggal tersebut nilai percepatan *drag* satelit sebesar $409,9675$ m/hari². Selain itu, titik tertinggi pada gambar 3 menunjukkan nilai percepatan *drag* maksimum yang mencapai $451,4416$ m/hari² pada tanggal 17 Maret 2015. Pola kenaikan nilai percepatan *drag* jelas terlihat pada nilai $F_{10,7} > 125$. Artinya pada saat $F_{10,7}$ masih belum terlalu besar, efek badai Matahari terhadap percepatan *drag* belum terlihat, namun saat badai sudah meningkat terlihat kenaikan percepatan *drag* yang signifikan. Diagram scatter percepatan *drag* terhadap $F_{10,7}$ memiliki nilai koefisien korelasi sebesar $0,47$ dan persamaan liniernya adalah $y=2,41x+27,55$ dengan y adalah percepatan *drag* dan x adalah indeks $F_{10,7}$.



Gambar 1: Indeks Dst harian (nT) dan $F_{10,7}$ (sfu) bulan Maret 2015. Sumber: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov> dan ftp.swpc.noaa.gov



Gambar 2: Percepatan *drag* satelit LAPAN-TUBSAT pada bulan Maret 2015.



Gambar 3: Percepatan *drag* terhadap aktivitas Matahari (indeks $F_{10,7}$)

4. KESIMPULAN

Nilai percepatan *drag* maksimum yang mencapai 451,4416 m/hari² terjadi pada tanggal 17 Maret 2015 bersamaan dengan terjadinya fenomena badai geomagnetik kuat. Percepatan *drag* satelit LAPAN-TUBSAT memiliki hubungan linier dengan $F_{10,7}$, dengan koefisien korelasi sebesar 0,47.

Referensi

1. K. H. Kim, Y. J. Moon, K. S. Cho, H. D. Kim, dan J. Y. Park, *Atmospheric drag effects on the kompsat-1 satellite during geomagnetic super storms*, Earth Planets Space 58 (2006).
2. E. A. Rhoden, J. M. Forbes, dan F. A. Marcos, *The influence of geomagnetic and solar variabilities on lower thermosphere density*, J. Atmos. Terr. Phys. 62 (2000).
3. H. Mavromichalaki, M. Gerontidou, E. Paouris, P. Paschalis, D. Lingri, A. Laoutaris, dan A. Kanellakopoulos, *The extended geomagnetic storm of March 17, 2015*, 12th Hel.A.S Conference on 28 Juni – 2 Juli 2015, National and Kapodistrian University of Athens, (2015).
4. K. F. Tapping, *The 10,7 cm solar radio flux (F10,7)*, Space Weather, 11 394 (2013).
5. Data Indeks Dst periode Maret 2015 dari Goddard Space Flight Center, diperoleh melalui situs internet: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>. Diunduh pada tanggal 11 Maret 2017.
6. Data Indeks F10,7 periode Maret 2015 dari Dept. Of Commerce U.S. NOAA, diperoleh melalui situs internet: ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/indices/old_indices/2015_DSD.txt. Diunduh pada tanggal 10 Maret 2017.

Received: 08 Apr 2019, Accepted: 15 May 2019