

Analisis Kaitan Badai Geomagnet dengan Badai Ionosfer sebagai Dampak Kejadian Lontaran Massa Korona Matahari (Oktober – November 2003)

Lusiani^{1*}, E. S. Mumpuni², dan J. A. Utama¹

¹Jurusan Pendidikan Fisika, FPMIPA – UPI, Bandung, Indonesia

²Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Bandung, Indonesia

*E-mail: saturn_lu2@yahoo.co.id

ABSTRAK

Medan magnet Bumi dan lapisan ionosfer yang melindungi Bumi selalu mengalami perubahan akibat pengaruh dari aktivitas matahari, salah satunya adalah Lontaran Massa Korona (*Coronal Mass Ejection*–CME). Badai geomagnet kuat yang terjadi di magnetosfer Bumi pada bulan Oktober dan November 2003 diakibatkan oleh kejadian CME di Matahari. Sementara itu, respon ionosfer terhadap kejadian CME tidak secara langsung, melainkan melalui proses kopling magnetosfer–ionosfer. Koefisien korelasi antara indeks badai geomagnet untuk semua kelas dengan badai ionosfer memiliki rentang nilai 0,2 sampai 0,8. Dalam selang waktu kurang dari satu jam, kejadian badai ionosfer dapat menyertai kejadian badai geomagnet sangat kuat. Kejadian badai ionosfer juga dapat terjadi hingga selang 10 jam setelah terjadinya badai geomagnet menengah maupun badai geomagnet lemah.

Kata Kunci: Badai Magnetik – Badai Ionosfer – CME

1 PENDAHULUAN

Salah satu ciri aktivitas Matahari ditandai dengan kemunculan bintik Matahari. Bintik Matahari yang muncul di permukaan Matahari dapat memicu timbulnya ledakan Matahari berupa *flare* maupun lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection*–CME). CME yang terdiri atas plasma dan medan magnet bergerak menuju ruang antarplanet dengan kelajuan berkisar antara 50 km/detik sampai 2000 km/detik dapat menimbulkan tekanan terhadap magnetosfer Bumi hingga mengakibatkan badai magnet dan gangguan di lapisan ionosfer di ketinggian 60 km sampai 6000 km.

Peristiwa CME diketahui dapat merusak jaringan listrik, mengganggu komunikasi, dan mengakibatkan sejumlah alat penerima *GPS* (*Global Positioning System*) menjadi beroperasi dengan tidak akurat. Misalnya dalam kejadian CME pada bulan Oktober dan November tahun 2003, yang dikenal sebagai badai *Halloween*, yang mengakibatkan kegagalan komunikasi radio dan rusaknya jaringan listrik di Swedia (Lang, dalam Yatini et al. 2009).

Hasil pengamatan mengindikasikan adanya keterkaitan antara CME dan badai geomagnet dengan badai ionosfer. Faktanya, ionosfer dapat mengalami pengaruh positif dan negatif sebagai respon terhadap badai geomagnet. Pengaruh pada ionosfer ini dapat ditelusuri melalui pengamatan *foF2* (frekuensi kritis lapisan ionosfer F2). Secara umum telah dipahami bahwa penyebab badai ionosfer negatif di lintang tinggi dan menengah adalah karena penurunan perbandingan konsentrasi

[O]/[N₂] di daerah yang mengalami gangguan selama badai geomagnet (Namgaladze, dalam Kesumaningrum & Mumpuni 2009). Berangkat dari hal tersebut di atas, keterkaitan antara peristiwa badai geomagnet dengan badai ionosfer, sekaligus mengetahui seberapa kuat korelasi yang ada, menjadi fokus kajian penelitian ini dalam upaya membangun sistem peringatan dini bagi sistem komunikasi landas Bumi.

2 DATA DAN METODE

Data CME hasil pengamatan SOHO/LASCO selama kurun waktu Oktober–November 2003 diunduh dari http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/. Informasi terkait CME yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data kelajuan CME. Sementara itu data geomagnet berupa indeks *Dst* (*Disturbance Storm Time*) yang berkaitan dengan badai geomagnet diperoleh dari situs <http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp>. Data frekuensi kritis ionosfer *f0F2*, diperoleh dari SPD Tanjung Sari–LAPAN Bandung.

Menggunakan metode statistik, dihitung koefisien korelasi antara variabel yang ditinjau, yaitu badai geomagnet yang direpresentasikan oleh nilai indeks *Dst* dan badai ionosfer oleh nilai frekuensi kritisnya. Adanya gangguan geomagnet terlihat dari fluktuasi nilai indeks *Dst* yang menurun tajam hingga mencapai minus ratusan nano Tesla.

Untuk dapat mengetahui adanya pengaruh aktivitas geomagnet terhadap ionosfer, diperlukan pemisahan dari dominasi pengaruh Matahari dengan cara melihat kenaikan (badai positif) atau

penurunan (badai negatif) nilai frekuensi kritis foF2 relatif terhadap nilai mediannya. Frekuensi relatif yang diperoleh ini memberikan gambaran gangguan ionosfer yang sudah terbebas dari dominasi pengaruh Matahari (Ruhimat et al. 2002).

3 HASIL DAN ANALISIS

3.1 Keterkaitan Badai Geomagnet dengan Badai Ionosfer

Badai geomagnet kuat yang dianalisis adalah yang memiliki nilai indeks Dst ≤ -100 nT. Dari data SOHO/LASCO badai geomagnet kuat pada bulan Oktober 2003 terjadi pada tanggal 29–30 Oktober 2003, dengan nilai minimum yang dicapai masing-masing -363 nT dan -401 nT. Dari penelusuran diketahui sumber gangguan geomagnet ini adalah dua kejadian CME yang pada tanggal 28 Oktober 2003 pukul 11:30:05 UT dan CME tanggal 29 Oktober 2003 pada pukul 20:54:05 UT. Waktu kejadian badai geomagnet kuat yang berhasil diamati dimulai setelah 30–60 jam pascakejadian CME.

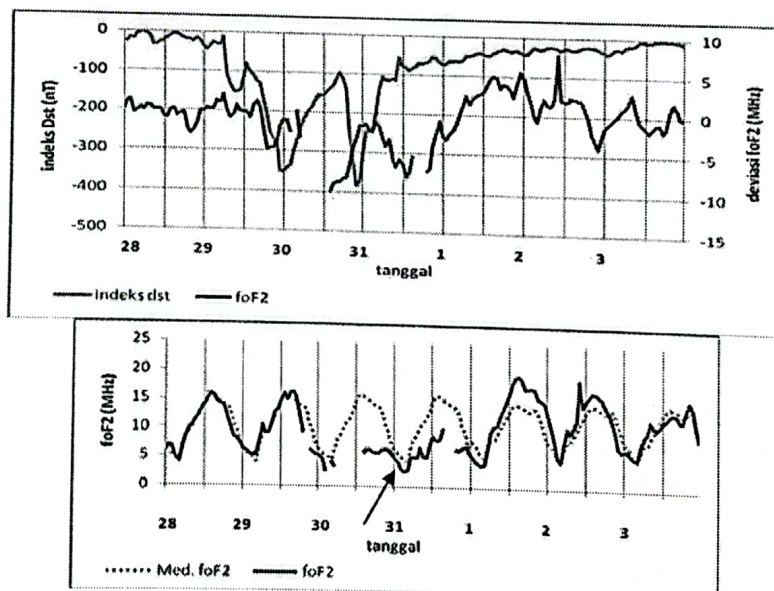
Sementara itu badai geomagnet kuat pada bulan November 2003 terjadi pada tanggal 20 November 2003, dengan nilai minimumnya -472 nT. Dari data SOHO/LASCO diperoleh bahwa sumber gangguan geomagnet ini adalah CME yang terjadi pada tanggal 18 November 2003 pada pukul 09:50:05 UT. Waktu kejadian badai geomagnet kuat yang tercatat dimulai setelah 50 jam pascakejadian CME di Matahari.

Pada tanggal 26–29 Oktober 2003, teramati nilai indeks Dst menurun hingga -50 nT dan terjadi badai ionosfer negatif sebanyak dua kali dengan nilai foF2 mencapai -4 MHz. Mulai tanggal 29–31 Oktober 2003, terjadi badai geomagnet menengah dan kuat. Pada tanggal 29 Oktober 2003 pukul 09.00 UT terjadi badai geomagnet menengah dengan nilai indeks Dst minimum yaitu -100 nT. Pada 30 Oktober 2003 terjadi pula badai geomagnet kuat dengan indeks Dst minimum mencapai -380 nT pada pukul 23.00 UT. Selang 6 jam kemudian, pada tanggal 31 Oktober 2003 pukul 06.00 UT terjadi badai ionosfer negatif yang ditandai dengan penurunan nilai foF2 hingga lebih dari -5 MHz.

Badai ionosfer negatif di atas terkait dengan badai geomagnet kuat dan terjadi dalam waktu yang hampir bersamaan. Ketika terjadi badai geomagnet kuat pada 30 Oktober 2003 pukul 17.00 UT, dalam waktu bersamaan terjadi badai ionosfer negatif besar dengan nilai foF2 mencapai -10 MHz. Dalam Gambar 1 ditunjukkan bahwa badai geomagnet kuat yang terjadi pada tanggal 29–31 Oktober 2003 masih berlangsung hingga tanggal 1 November 2003. Badai geomagnet ini mengakibatkan terjadinya badai ionosfer pada 1 November 2003 pukul 00.00 UT.

3.2 Korelasi Indeks Dst dengan Deviasi foF2

Berdasarkan data yang digunakan, pada bulan Oktober–November 2003 didominasi oleh kejadian



Gambar 1. Variasi indeks Dst terhadap deviasi foF2 pada rentang waktu 28 Oktober–3 November 2003 (*atas*). Variasi nilai foF2 (garis penuh) terhadap mediannya (garis putus-putus). Nilai foF2 pada grafik bernilai negatif. Tanda panah menunjukkan kejadian badai ionosfer negatif (*bawah*).

badai geomagnet lemah. Meskipun demikian, dalam rentang waktu tersebut dijumpai empat kejadian badai geomagnet ekstrem atau sangat kuat yang terjadi pada akhir Oktober dan akhir November 2003. Pengaruh gangguan badai geomagnet lemah terhadap ionosfer relatif minim, hal mana tecermin dari nilai faktor korelasi yang kecil antara indeks Dst dengan f_oF₂. Pada badai geomagnet lemah, koefisien korelasi menunjukkan nilai yang relatif rendah, yaitu antara 0,2 sampai 0,4 dengan rentang waktu kejadian mulai dari 0 hingga 10 jam.

Koefisien korelasi antara indeks badai geomagnet menengah terhadap deviasi f_oF₂ berada dalam rentang nilai 0,2–0,6. Jeda waktu sejak dimulainya badai geomagnet menengah sampai terjadinya badai ionosfer negatif adalah 1 hingga 10 jam kemudian. Dalam satu kasus dijumpai terjadinya badai ionosfer negatif bersamaan dengan kejadian badai geomagnet.

Badai geomagnet sangat kuat didapati memiliki pengaruh yang besar dalam memicu kejadian badai ionosfer dalam waktu yang relatif singkat sejak awal kejadian badai geomagnet. Koefisien korelasi yang diperoleh memiliki nilai 0,5 hingga 0,7. Terlihat bahwa badai geomagnet sangat kuat memiliki pengaruh langsung terhadap ionosfer dibandingkan badai geomagnet lemah dan menengah. Rentang waktu sejak dimulainya badai geomagnet sangat kuat sampai terjadinya badai ionosfer negatif adalah 0 hingga 4 jam kemudian. Dalam penelitian ini, jeda waktu kejadian badai ionosfer yang lebih besar dari 10 jam dianggap bukan lagi dipengaruhi oleh badai geomagnet.

Dalam penelitian ini ditemui beberapa kasus di mana respon dari badai ionosfer negatif terjadi

secara bersamaan baik untuk badai geomagnet menengah maupun lemah, sehingga perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai keterkaitan dari peristiwa badai geomagnet kelas di atas dengan badai ionosfer.

4 KESIMPULAN

Semakin kuat badai geomagnet, semakin cepat respon dari ionosfer untuk terjadinya badai ionosfer. Koefisien korelasi dari keterkaitan ini semakin besar untuk badai geomagnet kuat atau sangat kuat dan berkurang untuk badai geomagnet menengah dan lemah.

Badai ionosfer dapat terjadi secara bersamaan ketika terjadi badai geomagnet kuat, dengan selang waktu kejadian kurang dari satu jam hingga paling lama 4 jam. Kejadian badai ionosfer yang dimulai bersamaan hingga 10 jam kemudian setelah terjadinya badai geomagnet, diamati dalam kasus kejadian badai geomagnet menengah. Kejadian badai ionosfer yang terjadi setelah 10 jam pascakejadian badai geomagnet hanya dijumpai pada badai geomagnet lemah.

5 PUSTAKA

- Hanslmeier, A. 2007, *The Sun and Space Weather*, Astrophysics and Space Science Library vol 347
- Kesumaningrum, R., dan Mumpuni, E. S. 2009, *Matahari dan Lingkungan Antariksa*, 77-84
- Ruhimat, M., Jiyo, Satria, E. I., dan Suryaman, D., 2002, Dampak Aktivitas Geomagnet Terhadap Lapisan Ionosfer, <http://perpustakaan.lapan.go.id/jurnal/index.php/berita_dirgantara/article/...>
- Yatini, C. Y., Jiyo, Ruhimat, M. 2009, *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*, 4 (1), 17-24