

PENENTUAN PREKURSOR GEMPA BUMI BERDASARKAN VARIABILITAS IONOSFER

Sarmoko Saroso

Bidang Aplikasi Geomagnet dan Magnet Antariksa,

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa – LAPAN

e-mail : sarmoko@bdg.lapan.go.id

ABSTRAK

Dalam makalah ini dibahas variasi frekuensi plasma yang tertinggi di lapisan ionosfer, foF2, yang diamati dengan menggunakan ionosonda di SPD Tanjungsari (6.90°LS, 107.50°BT) sebelum terjadinya gempa bumi berkekuatan $M \geq 5.0$ di daerah Jawa Barat pada tahun 1997-1999. Untuk menentukan prekursor gempa bumi berdasarkan fenomena seismo-ionosfer, dilakukan perhitungan statistik menggunakan 15 hari median berjalan dan daerah inter-kuartil sebagai referensi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa prekursor gempa bumi dapat ditentukan dari variasi foF2 yang berada di bawah batas bawah yang ditentukan dan teramati pada pukul 12.00-17.00 waktu lokal, 1-5 hari sebelum kejadian gempa bumi.

Kata kunci : Prekursor gempa bumi, seismo-ionosfer

ABSTRACT

This paper examines variations of the greatest plasma frequency in the ionosphere, foF2, observed by the Tanjungsari ionosonde (6.90°S, 107.50°E) before $M \geq 5.0$ earthquakes during 1997-1999. The 15-day running median and associated inter-quartile range are utilized as the reference and upper or low bounds to monitor the ionospheric foF2 variations for finding seismo-ionospheric precursors of the earthquakes. It is found that precursors, in the form of the observed foF2 being below its associated lower bound around 1200-1700 LT, appear within 1-5 days prior to these earthquakes.

Keywords : precursors of the earthquakes, seismo-ionospheric

1. PENDAHULUAN

Lapisan kulit bumi dengan ketebalan 100 km mempunyai temperatur relatif jauh lebih rendah dibandingkan dengan lapisan dalamnya (mantel dan inti bumi), sehingga terjadi aliran konveksi dimana massa dengan temperatur tinggi mengalir ke daerah yang bertemperatur rendah atau sebaliknya. Teori aliran konveksi ini sudah lama dikembangkan untuk menerangkan pergeseran lempeng tektonik yang menjadi penyebab utama terjadinya gempa bumi tektonik. Selain itu dikenal juga jenis gempa lain, yaitu gempa vulkanik, gempa runtuh, gempa imbasan dan gempa buatan. Gempa vulkanik disebabkan oleh desakan magma ke permukaan, gempa runtuh banyak terjadi di pegunungan yang runtuh, gempa imbasan biasanya terjadi di sekitar dam karena fluktuasi air dam, sedangkan gempa buatan adalah gempa yang dibuat oleh manusia seperti ledakan nuklir atau ledakan untuk mencari bahan mineral. Skala gempa tektonik jauh lebih besar bila dibandingkan dengan jenis gempa lainnya dan selanjutnya yang akan ditinjau dalam penelitian ini adalah gempa tektonik. Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bertumbukan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusa Tenggara, sedangkan dengan Pasifik di utara Irian dan Maluku utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tumbukan terkumpul sampai suatu titik dimana lapisan bumi tidak lagi sanggup menahan tumpukan energi, sehingga terlepas berupa gempa bumi.

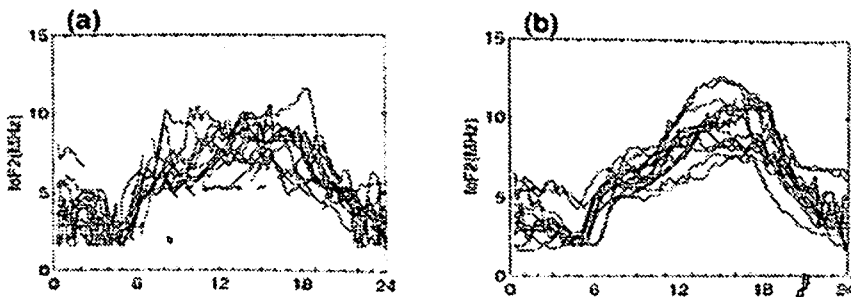
*Geomagnet dan Magnet Antariksa (2009),
©2009 Massma Publishing, Jakarta.*

PENENTUAN PREKURSOR GEMPA BUMI BERDASARKAN VARIABILITAS IONOSFER

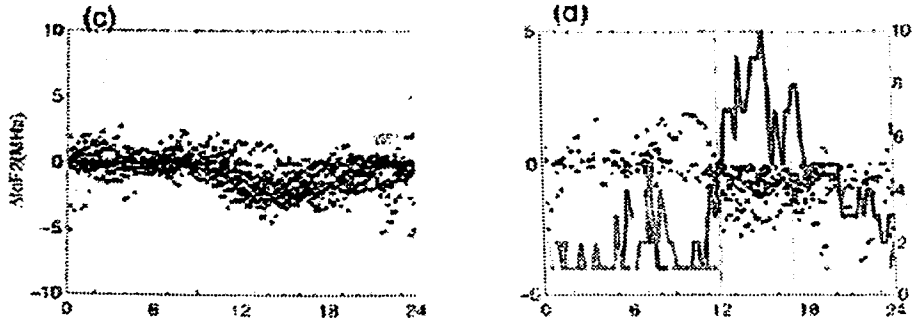
Sebagaimana diketahui gempa bumi merupakan salah satu fenomena alam yang dapat terjadi sewaktu-waktu dan peristiwa gempa bumi berlangsung secara alami yang sifatnya lokal dan terjadi karena adanya pelepasan energi yang terakumulasi akibat adanya perpindahan materi dalam skala-besarnya di dalam bumi atau pergeseran elastik di daerah patahan pada suatu waktu dan tempat yang tertentu, yang dampaknya sering menimbulkan kerugian yang sangat besar, baik berupa harta benda maupun jiwa manusia. Oleh Karena kejadian gempa bumi tidak dapat dicegah, maka usaha yang dapat dilakukan hanyalah sebatas mengevakuasi penduduk yang berada di lokasi terjadinya gempa. Upaya lain yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan prediksi atau peramalan terjadinya gempa bumi. Sampai dengan sekarang ini, sudah ada beberapa teori dan model yang dikembangkan untuk memprediksi terjadinya gempa bumi tektonik, diantaranya berdasarkan fenomena-fenomena elektromagnetik (Hayakawa et al., 1994, 1999), atmosfer (Kim et al., 1999) dan ionosfer (Pulinets, 1998). Dalam penelitian ini, akan ditinjau prekursor gempa bumi tektonik berdasarkan fenomena ionosfer yang bertujuan untuk menentukan prekursor gempa bumi berdasarkan variabilitas ionosfer yang dapat memberikan informasi pra gempa bumi, yang sangat dibutuhkan untuk meminimalisir dampak dari gempa bumi tersebut.

2. DATA DAN METODE

Untuk keperluan penentuan prekursor gempa bumi tektonik berdasarkan fenomena ionosfer dibutuhkan data pengamatan parameter ionosfer, yaitu frekuensi kritis lapisan F ionosfer, foF2 dalam kurun waktu 3 tahun dan data foF2 sebelum dan sesudah terjadinya gempa bumi yang berkekuatan lebih besar dari 5 skala Richter. Selanjutnya dengan menggunakan perhitungan secara statistik (Chen et al., 1999), yaitu dengan menyeleksi harga foF2 yang terganggu akibat gempa (Gambar 2.1.a) dan menentukan 15 hari median berjalan foF2 (Gambar 2.1.b) serta menghitung deviasi-nya terhadap 15 hari median berjalan dalam satu bulan, yang mana pada bulan tersebut terjadi gempa (Gambar 2.1.c). Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan kuartil atas (upper quartile), kuartil bawah (lower quartile) dan daerah antar quartile (inter quartile range) serta batas atas (upper boundary) dan batas bawah (lower boundary) dari foF2 (Gambar 2.1.d), sehingga dapat ditentukan anomali atas (upper anomaly) dan anomali bawah (lower anomaly) serta prekursor gempa bumi selama kurun waktu tersebut. Dari hasil analisis foF2 yang dilakukan oleh Liu et al. (2000) pada kejadian gempa tanggal 21 September berkekuatan 7,7 skala Richter yang terjadi di kota Chi-Chi, Taiwan, diperoleh 3 prekursor, yaitu 1, 2, dan 5 hari sebelum terjadinya gempa bumi.



Gambar 2.1. (a) foF2 dalam keadaan terganggu (b) Median foF2 (15 hari median berjalan) di atas Sumedang dari tahun 1997-1999.



Gambar 2.1. (c) foF2 – Median 15 harian sebelum Gempa Bumi (d) foF2 > UB dan foF2 < LB, dengan UB = X + IQR dan LB = X – IQR. X adalah median 15 harian foF2, IQR adalah Inter Quartile Range.

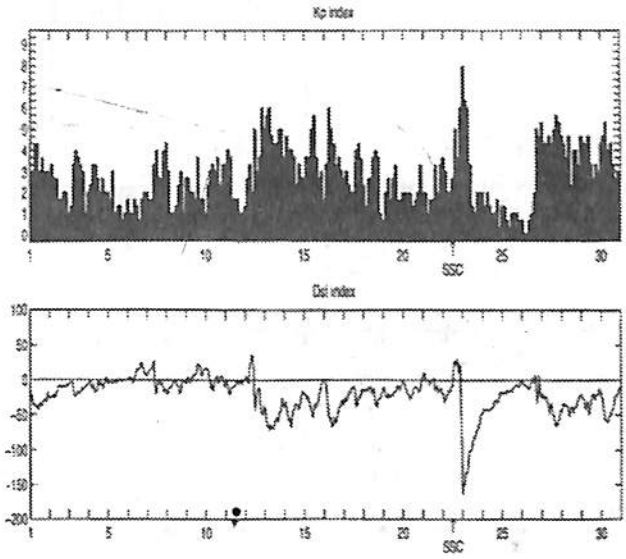
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan pengolahan data ionosfer (foF2) dari Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Tanjung Sari, Sumedang mulai tahun 1997–1999. Dengan menggunakan metode perhitungan statistik (Chen et al., 1999, 2000) dapat ditentukan anomali dan waktu untuk prekursor gempa bumi yang berkekuatan lebih besar dari 5 skala Richter ($M > 5$) selama periode 1997 – 1999. Berdasarkan data gempa bumi yang terjadi di Jawa Barat selama tahun 1997 – 1999 (Tabel 3.1) dan data aktivitas medan magnet bumi yang dinyatakan oleh indeks Kp dan Dst (gambar 3.1), telah dicoba untuk menentukan anomali dan prekursor gempa bumi yang terjadi pada tanggal 21 September 1998, yaitu H-4, H-3, dan H-1 seperti yang terlihat pada gambar 3.2 dan 3.3. Dari hasil perhitungan selama tahun 1997–1999, pada umumnya dapat ditentukan 1 prekursor untuk setiap gempa yang terjadi, kecuali untuk gempa yang berskala besar ($M > 6$) terdapat 2 atau 3 prekursor, seperti terlihat pada tabel 3.2. Hasil tersebut mempunyai akurasi yang belum begitu tinggi mengingat data foF2 selama periode 1997–1999 hanya tersedia beberapa bulan saja. Untuk dapat meningkatkan akurasinya diperlukan data yang lebih lengkap dengan periode lebih dari 5 tahun.

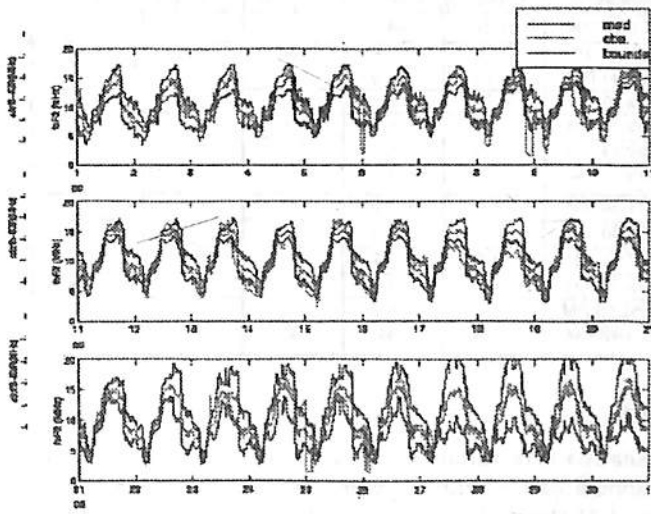
Tabel 3.1. Kejadian Gempa Bumi di Daerah DKI dan Jawa Barat

| Tanggal | Waktu Lokal | Uman | Bujur | Kedalaman | Magnitudo | MMI | Lokasi |
|-----------|-------------|-------|-------|-----------|-----------|--------|-------------|
| 17-Mar-97 | 3:05:47 PM | -7.47 | 104.8 | 33 | 6 | IV-V | DKI Jakarta |
| 25-Mar-97 | 12:55:31 PM | -8.3 | 107.6 | 100 | 5.5 | II-III | Jawa Barat |
| 29-Sep-97 | 8:21:09 PM | -6.73 | 108.9 | 12 | 5.7 | II-III | Jawa Barat |
| 15-Oct-97 | 1:03:30 PM | -6.75 | 108.9 | 20 | 5 | II-IV | Jawa Barat |
| 17-Oct-97 | 8:16:50 AM | -6.85 | 108.9 | 11 | 3.8 | II-III | Jawa Barat |
| 13-Nov-97 | 9:55:38 AM | -7.53 | 108.7 | 74 | 5.2 | II-III | Jawa Barat |
| 15-Nov-97 | 6:29:07 AM | -7.79 | 108.3 | 87 | 4.9 | I-II | Jawa Barat |
| 29-Jan-98 | 5:52:53 AM | -6.76 | 106.9 | 21 | 5.5 | I-II | Jawa Barat |
| 17-Aug-98 | 7:43:33 PM | -8.3 | 108.6 | 80 | 6 | II-III | Jawa Barat |
| 21-Sep-98 | 4:21:38 AM | -8.3 | 106.5 | 70 | 6.3 | I-III | Jawa Barat |
| 17-Oct-98 | 6:04:00 PM | -6.37 | 108.6 | 250 | 5.8 | II-III | DKI Jakarta |
| 26-May-99 | 7:37:51 AM | -6.7 | 108.2 | 148 | 6.1 | I-III | DKI Jakarta |
| 09-Jul-99 | 6:18:38 AM | -7.89 | 107.5 | 33 | 5.4 | II-III | Jawa Barat |
| 13-Jul-99 | 10:52:45 PM | -8.2 | 108.3 | 100 | 6.1 | II-III | Jawa Barat |
| 14-Aug-99 | 7:16:42 AM | -6.65 | 104 | 80 | 6 | II-III | DKI Jakarta |

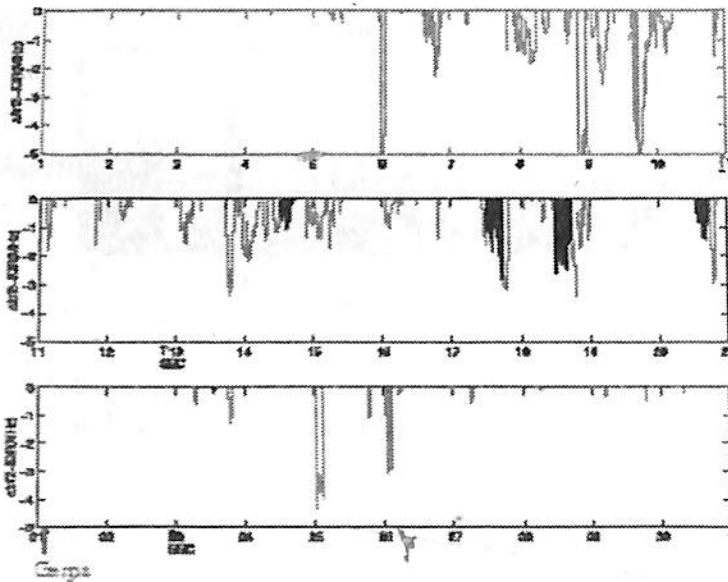
PENENTUAN PREKURSOR GEMPA BUMI BERDASARKAN VARIABILITAS IONOSFER



Gambar 3.1. Indeks Kp dan Dst bulan September 1998.



Gambar 3.2. foF2 pengamatan, median, batas atas dan batas bawah foF2 pada bulan September 1998.



Gambar 3.3. Anomali dan Prekursor Gempa Bumi tanggal 21 September 1998.

Tabel 3.2. Prekursor Gempa Bumi ($M \geq 5$) di daerah DKI Jakarta dan Jawa Barat

| Tanggal | Waktu Lokal | Lintang | Bujur | Kedalaman | Magnitudo | MMI | Prekursor |
|-----------|-------------|---------|-------|-----------|-----------|--------|---------------|
| 17-Mar-97 | 3:05:47 PM | -7.47 | 104.8 | 33 | 6 | IV-V | H-3 |
| 25-Mar-97 | 12:55:31 PM | -8.3 | 107.6 | 100 | 5.5 | II-III | H-1 |
| 29-Sep-97 | 8:21:09 PM | -6.73 | 106.9 | 12 | 5.7 | II-III | H-4 |
| 15-Oct-97 | 1:03:30 PM | -6.75 | 106.9 | 20 | 5 | II-IV | H-3 |
| 13-Nov-97 | 9:55:38 AM | -7.53 | 106.7 | 74 | 5.2 | II-III | H-1 |
| 29-Jan-98 | 5:52:53 AM | -6.76 | 106.9 | 21 | 5.5 | I-II | H-3 |
| 17-Aug-98 | 7:43:33 PM | -8.3 | 106.6 | 80 | 6 | II-III | H-1 |
| 21-Sep-98 | 4:21:38 AM | -8.3 | 106.5 | 70 | 6.3 | I-III | H-4, H-3, H-1 |
| 17-Oct-98 | 6:04:00 PM | -6.37 | 106.6 | 200 | 5.6 | II-III | H-1 |
| 21-May-99 | 7:37:51 AM | -6.7 | 106.2 | 148 | 6.1 | I-II | H-3 |
| 09-Jul-99 | 6:18:38 AM | -7.89 | 107.5 | 33 | 5.4 | II-III | H-2 |
| 13-Jul-99 | 10:52:45 PM | -8.2 | 106.3 | 100 | 6.1 | II-III | H-5, H-1 |
| 14-Aug-99 | 7:16:42 AM | -6.65 | 104 | 80 | 6 | II-III | H-2 |

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis data variabilitas ionosfer di SPD Tanjungsari, Sumedang dapat ditentukannya anomali dan prekursor gempa bumi berkekuatan 6.1 skala Richter yang terjadi pada tanggal 21 September yang mana telah diperoleh 3 prekursor, yaitu 1, 3, dan 4 hari sebelum terjadinya gempa bumi. Sedangkan dari hasil perhitungan data variabilitas ionosfer selama tahun 1997–1999, pada umumnya dapat ditentukan 1 prekursor untuk setiap gempa yang terjadi, kecuali untuk gempa yang berskala besar ($M > 6$) terdapat 2 atau 3 prekursor.

DAFTAR PUSTAKA

- Balan, N., G. J. Bailey, M. A. Abdu, K. I. Oyama, P. G. Richards, J. MacDougall, and I. S. Batista, 1997, *Equatorial plasma fountain and its effects over three locations : Evidence for an additional layer, the F₃ layer*, J. Geophys. Res., 102, 2047 – 2056.
- Chen, Y. I., J. Y. Chūo, J. Y. Liu, S. A. Pulinets, 1999, *A statistical study of ionos-pheric precursors of strong earthquake at Taiwan area*, XXIVth General Ass., URSI, 745.
- Chen, Y. I., S. A. Pulinets , Y. B. Tsai, Y. J. Chuo, 2000, *Seismo-ionospheric signatures prior to M>6.0 Taiwan earthquakes*, Geophysical Research Letters, 27, 19, 3113-3116.
- Hayakawa, M., and Y. Fujinawa, 1994, *Electromagnetic phenomena related to earth-quake prediction*, Terra Sci. Pub. Co., Tokyo.
- Hayakawa, M., 1999, *Atmospheric and ionospheric electromagnetic phenomena asso-ciated with earthquakes*, Terra Sci. Pub. Co., Tokyo.
- Kim V. P. and V. V. Hegai, 1999, *A possible presage of strong earthquakes in the night-time mid-latitude F2 region ionosphere*, *Atmospheric and ionospheric electromagnet-ic phenomena associated with earthquakes*, Terra Sci. Pub. Co., Tokyo, 619-627.
- Pulinets, S. A., 1998, *Seismic activity as a source of ionospheric variability*, Adv. Space Res., 22, 903-906.